

**Организация наблюдений и  
мониторинг опасных  
эндогенных процессов  
в Дальневосточном регионе**

## **ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ GPS ИЗМЕРЕНИЙ НА ВУЛКАНЕ БЕЗЫМЯННЫЙ**

***Бахтияров В.Ф.***

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский  
vila@emsd.ru*

В 2006 году совместными усилиями Геофизического института Аляскинского университета, Институтом вулканологии и сейсмологии, Камчатским филиалом Геофизической службы была заложена GPS сеть в районе вулкана Безымянный. Станции устанавливались для работы в непрерывном режиме. В начале 2007 года получены первые результаты наблюдений и проведена предварительная обработка.

Обсуждается опыт установки станций и их обслуживание. Приводятся временные ряды работы пунктов в течение нескольких месяцев.

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОДВОДНЫХ ВУЛКАНОВ ПАРАМУШИРСКОЙ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ГРУППЫ КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВНОЙ ДУГИ

*Блох Ю.И.<sup>1</sup>, Бондаренко В.И.<sup>2</sup>, Рашидов В.А.<sup>3</sup>, Романова И.М.<sup>3</sup>, Трусев А.А.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Российский государственный геологоразведочный университет им. Орджоникидзе, Москва*

<sup>2</sup> *Костромской Государственный Университет им. Н.А. Некрасова, Кострома*

<sup>3</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

<sup>4</sup> *ЗАО ГНПП «Аэрогеофизика», Москва*

Парамуширская группа подводных вулканов является самой северной группой подводных вулканов Курильской островной дуги. Здесь выделены 7 подводных вулканов, пять из которых были открыты в рейсах НИС «Вулканолог». Геофизический мониторинг вулканов этой группы проводится в течение четверти века.

**Плосковершинный подводный вулкан Григорьева** вместе с вулканом Алайд (о. Атласова) составляет единый вулканический массив. Вершина вулкана Григорьева срезана абразией и снивелирована до уровня 120-140 м. На западе и юго-западе вершины отмечены скальные выступы, поднимающиеся до глубин 50-55 м. На юго-западном склоне постройки на глубинах 230-750 м также отмечен ряд скальных выступов юго-западного простирания с относительной высотой 30-60 м. Вулканическая постройка сложена, в основном, плотными вулканическими породами, и к ней приурочена интенсивная аномалия магнитного поля  $\Delta T_a$  с амплитудой более 1400 нТл. Расчеты, выполненные с помощью программ пакета СИГМА-3D, показали, что эффективная намагниченность отмеченных скальных выступов сопоставима с эффективной намагниченностью самой постройки вулкана. Это, вероятнее всего, указывает на их лавовую природу, а отмеченные неоднородности рельефа являются экструзивными куполами или лавовыми конусами, развитыми вдоль радиальной трещины северо-восточного простирания.

Проведенные на полигоне от вулканического массива Алайд до банки Лебеда исследования показали, что подводный вулкан Григорьева расположен в непосредственной близости к линейной зоне, сложенной породами с повышенной намагниченностью, возникшей, может быть, почти одновременно с образованием вулканической постройки.

**Подводный вулкан 1.3** расположен в Четвертом Курильском проливе, приблизительно в 25 км к югу от мыса Капустного на о. Парамушир. К вулканической постройке приурочена высокоградиентная знакопеременная аномалия магнитного поля  $\Delta T_a$  с амплитудой около 500 нТл, свидетельствующая о лавовой природе слагающих пород. Вероятнее всего, вулкан 1.3 сформировался до голоценового повышения уровня моря.

**Острове́ршинный подводный вулкан 1.4** расположен далеко в тылу Курильской островной дуги. Вершина осложнена рядом пиков, а основание вулкана почти замкнутым кольцом опоясывается отрицательными формами рельефа. К вулканической постройке приурочена положительная аномалия магнитного поля  $\Delta T_a$  интенсивностью до 500 нТл, с локальным максимумом до 700 нТл вблизи привершинной части. Расчеты, выполненные с помощью программ пакета СИГМА-3D, показали, что последние по времени излияния лав происходили на северо-западном склоне на глубинах 1100-1200, где расположен активный вулканический центр.

В пределах **погребенной подводной вулканической зоны** у западного подножия о. Парамушир исследованы вулканы **1.2, 1.5, 1.6, 1.7**. Все вулканические постройки, приуроченные к долгоживущей зоне глубинных разломов на границе структур прогиба Атласова и Парамуширского островного блока, активной, по крайней мере, с неогена. Постройки слабо выражены в современном рельефе дна, но четко выделяются по данным сейсмоакустического профилирования и к ним приурочены локальные аномалии магнитного поля  $\Delta T_a$  с амплитудой до 400 нТл. Здесь же отмечена зона грязевого вулканизма, а также выходы свободных газов в водную толщу, фиксирующихся в виде гидроакустических аномалий на записях эхолотов. Предполагаются две вспышки магматической активности в пределах погребенной вулканической зоны: более ранняя, неогеновая.

Проведенные в течение четверти века исследования показали существенное отличие Парамуширской группы подводных вулканов от остальных подводных вулканов Курильской островной дуги. Значительную роль в этих исследованиях играет комплексный геофизический мониторинг.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 05-05-65102) и ДВО РАН (проект 06-3-А-08-326).

## МЕХАНИЗМЫ ОТКЛИКА УРОВНЯ ВОДЫ В СКВАЖИНАХ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

*Болдина С.В., Копылова Г.Н.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский  
[boldina@emsd.ru](mailto:boldina@emsd.ru)*

По данным синхронных наблюдений за изменениями уровня воды и атмосферного давления в скважинах ЮЗ-5 (глубина 800 м, открытый интервал 310-800 м, наблюдения проводятся КФ ГС РАН) и 1309 (глубина 250 м, открытый интервал 223-250 м, наблюдения проводятся ОАО «Камчатгеология») обнаружены различные типы вариаций уровня, вызванные землетрясениями. Такие вариации вызываются различными механизмами сейсмического воздействия на гидродинамический режим скважин (Копылова, 2006) и нуждаются в объяснении гидрогеодинамических процессов, происходящих в системе скважина-резервуар. Для этого необходимо: 1 - оценить упругие и фильтрационные свойства водовмещающих пород для условий статически изолированного отклика уровня воды (с использованием теории пороупругости и данных опробования скважины); 2 - оценить степень инерционности водообмена между скважиной и вскрытым резервуаром подземных вод; 3 - количественно оценить деформометрические свойства системы скважина-резервуар. В качестве деформометрических свойств системы скважина-резервуар рассматриваются частотный диапазон проявления недренированного статически изолированного отклика уровня воды на вариации порового давления и величина его приливной чувствительности.

Для скважин ЮЗ-5 и 1309 оценены упругие и фильтрационные свойства водовмещающих пород и построены теоретические зависимости изменения уровня воды при гармонических вариациях порового давления в широком диапазоне периодов с учетом эффектов водообмена между скважиной и резервуаром подземных вод. На периодах, соответствующих диапазону действия барометрических, приливных и медленных сеймотектонических вариаций напряженно-деформированного состояния среды, искажение отклика уровня воды на изменения порового давления в этих скважинах не ожидается. Это позволяет использовать оцененные величины приливной чувствительности уровня воды  $A_s$  для обеих скважин в качестве нормирующего коэффициента для оценки сеймотектонической деформации в диапазоне периодов проявлений статически изолированного отклика уровня воды.

Проанализированы особенности гидрогеодинамических процессов при развитии четырех типов вариаций уровня, возникающих при различных механизмах сейсмического воздействия:

- бухтообразное понижение уровня воды в скважине ЮЗ-5 в течение трех недель обусловлено падением порового давления при развитии деформации расширения водовмещающих пород на стадии подготовки Кроноцкого землетрясения 5.12.1997 г.,  $M=7.8$ ;

- косейсмические скачки во время местных землетрясений фиксируют повышение или понижение порового давления в резервуаре вследствие упругой деформации водовмещающих пород при образовании сейсмического разрыва в очаге землетрясения;

- длительное понижение уровня воды в скважине ЮЗ-5 после Кроноцкого землетрясения и в скважине 1309 после Олюторского землетрясения 20.04.2006 г.,  $M=7.6$  обусловлено падением порового давления в радиусах чувствительности скважин вследствие локального повышения проницаемости водовмещающих пород при вибровоздействии сейсмических волн;

- низкочастотные поверхностные сейсмические волны от сильных удаленных землетрясений вызывают вынужденные и свободные колебания уровня воды в скважине за счет кратковременного повышения проницаемости водовмещающих пород, увеличения водопроницаемости вскрытого резервуара и резонансного усиления вариаций порового давления в системе скважина-резервуар.

## ЦИРКУЛЯРНОПОЛЯРИЗОВАННЫЕ (СПИНОВЫЕ) ВОЛНЫ В ЛИТОСФЕРЕ

*Викулин А.В.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский  
[vik@kscnet.ru](mailto:vik@kscnet.ru)*

Существование тектонических волн не вызывает уже сомнений, проблематичной является их природа (Быков, 2005). В работе (Викулин, 2002) предложен механизм уединенных волн поворотной деформации – как результат вращения планеты. Как видим, имеются серьезные предпосылки темы, вынесенной в название статьи.

В работе собраны данные о вращательных движениях «твердой» Земли: «быстрых», связанных с движениями в очагах землетрясений, и «медленных», наблюдаемых для геологических структур. Эти, на первый взгляд разные по своей природе движения, оказывается возможным «сшить» в рамках волновой ротационной модели, опирающейся на представления о «собственном» моменте «элементарных» образований геологической (Пейве, 1961) и геофизической (Садовский, 1979) сред. Но для этого необходимо пересмотреть основы классической механики сплошных сред и в рамках новой механики построить прогноз землетрясений.

Существование в земной коре сейсмических волн крутильной поляризации вытекает из следующих данных.

- Часто при землетрясениях во многих регионах мира наблюдаются: повороты памятников, повороты отдельных частей зданий друг относительно друга, отколы угловых частей зданий, большие деформации стен и перекрытий от кручения.

- Имеют место повороты протяженных (L) блоков земной коры, в пределах которых располагались очаги сильных землетрясений. Например: землетрясение в Канто 1.09.1923, Япония, M=8.2, L ≈ 200 км; сильнейшие землетрясения в центральной части Алеутских островов, L ≈ 200-400 км; Эквадора, L ≈ 100-300 км; разлома Сан Андреас, L ≈ 50-100 км и др.

- Из очагов достаточно сильных землетрясений визуально отмечено распространение вдоль поверхности Земли видимых «горбов» или «земляных волн», по сути - гравитационных сейсмических волн: Япония, 1923, M=8.2; Камчатка, 1959, M=7.6; Чили, 1960, M=8.3; Мехико, 1985, M=8. Теория таких крутильных гравитационных волн в земной коре построена С. Ломниц (1970, 1990, 2006).

- При землетрясении Chi-Chi, 1999, M=6.9, Тайвань, инструментально были зарегистрированы крутильные колебания (Huang, 2001). Количественные измерения вращательных движений грунтов при землетрясениях начали выполняться в 1990-х гг. (Nigborn, 1994; Takeo, 1998). Имеет место развитие инструментальных наблюдений за крутильными колебаниями и в России (Халчанский, 1998).

Приведенные экспериментальные и теоретические данные, на взгляд автора, убедительно показывают следующее. Дальнейшее изучение физики сейсмического процесса (не только отдельно взятого очага землетрясения, но и их совокупностей, рассматриваемых в реальном геофизическом пространстве и во времени) и, как следствие, построение прогноза землетрясений не возможно без создания сети, способной регистрировать циркулярнополяризованные (спиновые) сейсмотектонические волны и определять их параметры. Накопление и осмысление данных, получаемых такой наблюдательной сетью, создаст хороший фундамент для интерпретации с физических позиций вращательных эффектов в сейсмических, тектонических, геологических и геодинамических процессах, протекающих как на Земле, так и на других планетах (Тверитинова, Викулин, 2005).

# ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ГЕОСРЕДЫ НА ОСНОВЕ СИНХРОННЫХ СКВАЖИННЫХ ГЕОАКУСТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

*Гаврилов В.А.<sup>1</sup>, Богомолов Б.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, [vgavr@kscnet.ru](mailto:vgavr@kscnet.ru)*

<sup>2</sup> *Научная станция РАН, Бишкек.*

Синхронные скважинные геоакустические и электромагнитные измерения, проводимые на базе скважины Г-1 в районе г. Петропавловска-Камчатского, позволили получить два базовых результата, положенных в основу нового метода мониторинга напряженно-деформированного состояния геосреды [1, 2].

Первый результат – выявленный эффект модулирующего воздействия естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ) на интенсивность геоакустической эмиссии (ГАЭ) горных пород в условиях их естественного залегания. Как следует из результатов измерений на пункте Г-1, в интервалах времени, соответствующих спокойной сейсмической обстановке в регионе, степень коррелированности временных рядов ГАЭ и уровня ЕЭМИ очень высока. Коэффициент корреляции  $r$  на таких интервалах имеет значения порядка  $r=0,81 \div 0,99$ .

Суть второго результата заключается в получении данных, показывающих, что геоакустический отклик геосреды на воздействие ЕЭМИ меняется перед достаточно сильными близкими сейсмическими событиями. Характер вариаций уровней ГАЭ и ЕЭМИ на таких интервалах существенно различался, коэффициент корреляции уменьшался до значений  $r=0,001 \div 0,80$ , что может объясняться существенным изменением физических характеристик геосреды на последних стадиях подготовки землетрясений.

В работах [1, 2] обращается внимание на подобие полученных результатов данным лабораторных экспериментов по электромагнитному воздействию на образцы горных пород [3, 4]. Вместе с тем очевидно, что при сравнении результатов натурных измерений и лабораторных экспериментов с образцами горных пород необходимо учитывать ряд существенных различий в условиях и методиках измерений. Это касается, например, существенной разницы (в 2.5 – 3 раза) в величинах сжимающих напряжений. Еще более значительна разница в возможных величинах уровня напряженности электрического поля, воздействующего на горные породы в естественных условиях, и уровня напряженности поля при экспериментах на образцах, которая достигает шести порядков. В докладе приводятся результаты детального сравнения данных натурных геоакустических измерений и экспериментов на образцах горных пород. При этом основное внимание уделяется наиболее спорным вопросам.

## Список литературы

1. Гаврилов В.А., Морозова Ю.В., Сторчеус А.В. Вариации уровня геоакустической эмиссии в глубокой скважине Г-1 (Камчатка) и их связь с сейсмической активностью // Вулканология и сейсмология. 2006. № 1. С. 52-67.
2. Гаврилов В.А. Физические причины суточных вариаций уровня геоакустической эмиссии // ДАН. 2007. Т.414. №3. С. 389-392.
3. Закупин А.С., Аладьев А.В., Богомолов Л.М., Боровский Б.В. и др. Влияние внешнего электромагнитного поля на активность акустической эмиссии нагруженных геоматериалов // Геодинамика и геоэкологические проблемы высокогорных регионов/ Под ред. Леонова Ю.Г. и Гольдина С.В. Москва-Бишкек: 2003. С. 304-324.
4. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. М.: Наука, 2003. 270 с.

## СЕЙСМИЧНОСТЬ В РАЙОНЕ ВУЛКАНА КИЗИМЕН 1996-2007 гг.

*Гарбузова В.Т.*

*Камчатский филиал геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский,  
[garb@emsd.ru](mailto:garb@emsd.ru)*

Вулкан Кизимен - координаты вершины:  $55.13^0$  с.ш.,  $160.33^0$  в.д., абсолютная высота 2375м. Это единственный действующий вулкан, расположенный на сочленении грабена Центральной Камчатской депрессии с горстом Восточного хребта. Для этого района Камчатки характерно практически непрерывное развитие вулканизма в плиоцен-нижне-четвертичное время и чрезвычайно интенсивные более поздние нео-тектонические процессы.

Вулкан имеет коническую форму со слабо выраженным кратером в привершинной части. Группа сильных фумарол сосредоточена на северном склоне примерно в 400 м ниже кратера.

Кизимен до настоящего времени остается пока одним из наименее изученных действующих вулканов Камчатки. История его извержений неизвестна. В настоящее время он проявляет лишь фумарольную активность, которая отмечается примерно с 1825 г.

По данным различных авторов, существуют недостоверные сведения о единственном известном извержении в 1927 г. или же 1928 г. В 1927-1929 гг. на Камчатке не было сети сейсмических станций, так что неизвестно, сопровождалось ли извержение какой-либо сейсмичностью. Скорее всего, извержение носило умеренный характер и было чисто взрывным.

После появления на Камчатке сети сейсмических станций в районе вулкана Кизимен изредка регистрируются коровые землетрясения.

С 1996 г. в лаборатории исследований сейсмической и вулканической активности КФ ГС РАН регистрация и обработка землетрясений ведется в режиме близком к реальному времени, и появилась возможность более детально обрабатывать все землетрясения из района вулкана.

В 2003 г. в районе вулкана была открыта телеметрическая сейсмостанция «Тумрок», которая находится примерно в 20 км от вулкана.

С появлением новой сейсмостанции стали регистрироваться все события, начиная со среднего энергетического класса  $K_s = 4.0$ . Регистрируются так же и более слабые события, локализовать которые невозможно, так как они регистрируются единственной станцией.

Большая часть землетрясений из района вулкана относится к I-II типу по классификации П.И. Токарева и происходит на глубинах от 5 до 30 км.

Всего за период 1999-2007 гг из района вулкана Кизимен были зарегистрированы 411 событий. Из них 201 землетрясение было локализовано с энергетическими классами  $K_s$  (ср.)=  $4.0 \div 9.1$ . 210 событий ( $K_s = 2.0 \div 4.0$ ) были зарегистрированы одной сейсмостанцией «Тумрок». Эпицентры и глубины землетрясений распределены по всей площади в радиусе 15 км от вулкана.

Приуроченности землетрясений к определенному центру или разлому не отмечено.

За время наблюдений, какой-либо вулканической активности не зафиксировано, поэтому сейсмичность на вулкане можно считать фоновой.

### Список литературы:

1. Пийп Б.И. Вулкан Кизимен // Бюл. вулканостанции. 1946 г. №13.
2. Токарев П.И. Вулканические землетрясения Камчатки. М.: Наука, 1981.
3. Шанцер А.Е., Кутыев Ф.Ш., Петров В.С. Вулкан Кизимен // Бюл. вулканостанции 1973 г. № 49.

## ДЕЙСТВУЮЩИЕ ВУЛКАНЫ КАМЧАТКИ И СЕВЕРНЫХ КУРИЛ В ЯНВАРЕ-ИЮНЕ 2007 г.

*Гирина О.А., Малик Н.А., Маневич А.Г., Мельников Д.В.,  
Нуждаев А.А., Ушаков С.В., Демянчук Ю.В., Котенко Л.В.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский  
[girina@kscnet.ru](mailto:girina@kscnet.ru)*

В 2007 г. мониторинг вулканов Камчатки и Северных Курил продолжался в рамках проекта KVERT. В течение первой половины 2007 г. в этих районах в стадии извержения находились следующие вулканы: Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Карымский и Чикурачки. Кроме этого, наблюдалась повышенная активность вулканов Мутновский и Эбеко.

**Вулкан Шивелуч.** В январе-июне вулкан постоянно был в состоянии повышенной активности, начавшейся 4 декабря 2006 г. (даты указываются по Гринвичу), происходило его экструзивно-эксплозивное извержение. Все это время цветовой код опасности вулкана для авиации (ЦКОВА) был **оранжевым**. Непрерывное выжимание ювенильного вещества на поверхность земли сопровождалось частыми раскаленными лавинами, пепел от которых поднимался, в основном, до 4.5-5.0 км над уровнем моря (н.у.м.). Кроме этого, изредка происходили мощные эксплозии, при которых пепел достигал 7.0-12.0 км н.у.м., например, 26 января (эруптивная колонна высотой 8.5 км н.у.м.) и 29 марта (12.0 км н.у.м.).

**Вулкан Ключевской.** С декабря 2006 г. активность вулкана начала повышаться, ЦКОВА был **желтый**. 15 февраля началось эксплозивное извержение вулкана стромболианско-вулканского типа, с подъемом пепловых облаков до 5.0-7.0 км н.у.м. В связи в реальной пепловой угрозой, в этот день ЦКОВА был изменен на **оранжевый** и оставался таким до конца июня. В конце марта началась эффузивная деятельность вулкана – излияние лавового потока на З-С-З склон. На контакте потока с толщами льда часто происходили фреатические взрывы, пепел поднимался до 7.5 км н.у.м. В п. Ключи неоднократно были пеплопады. С 16 мая по 1 июня и с 20 июня по 4 июля наблюдалась очень сильная эксплозивная деятельность вулкана с подъемом пепла до 10 км н.у.м., пепловые шлейфы протягивались более 600 км в разных направлениях от вулкана, поэтому в этот период ЦКОВА был **красный**. Извержение закончилось к середине августа.

**Вулкан Безымянный.** С 1 января по 10 мая вулкан находился в состоянии фумарольной активности, ЦКОВА был **желтый**. В связи с резким увеличением температуры и размера термальной аномалии, 10 мая в 22:55 UTC был опубликован KVERT Information Release 16-07 об изменении ЦКОВА на **оранжевый**. Было указано, что пепловые эксплозии высотой до 10 км н.у.м. могут случиться в любое время. Эксплозивное извержение вулканского типа произошло 11 мая с 14:30 до 15:00 UTC. В п. Ключи отложился пепел преимущественно вулкана Безымянный, в котором в качестве примеси наблюдался пепел Ключевского. Яркая термальная аномалия указывала на горячие отложения пирокластического потока. Последовательность событий извержения Безымянного была восстановлена сотрудниками KVERT ИВиС и опубликована в KVERT Information Release 17-07. В связи со снижением активности вулкана, с 17 мая и до конца июня его ЦКОВА был **желтый**.

**Вулкан Карымский.** В январе-июне наблюдался вулканский тип извержения вулкана с выбросом пепла до 4.5 км н.у.м. (21 апреля) по визуальным данным ИВиС и до 6.8 км (11 июня) по сейсмическим данным КФ ГС. Пепловые шлейфы протягивались более 200 км в основном в восточных направлениях от вулкана. В январе-феврале, в первых половинах апреля и июня в районе кратера вулкана отмечалась термальная аномалия. Почти весь период наблюдений ЦКОВА был **оранжевый**.

**Вулкан Чикурачки.** Эксплозивное извержение вулканского типа умеренной силы началось 4 марта и продолжалось до 18 апреля, эруптивная колонна поднималась до 2.8 км н.у.м., пепловые шлейфы протягивались до 270 км в основном в восточных направлениях от вулкана. Весь период извержения ЦКОВА был **оранжевый**, с 27 апреля - **желтый** и с 11 мая – **зеленый**.

На вулкане Мутновский 16 апреля 2007 г. произошел фреатический взрыв с выбросом аэрозольного и пеплового материала. На вулкане Эбеко продолжается интенсивная фумарольная активность. Другие вулканы Камчатки и Северных Курил в январе-июне 2007 г. были спокойны.



## СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СЕЙМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАМЧАТКЕ

*Гордеев Е. И.<sup>1,2</sup>, Федотов С. А.<sup>1</sup>, Чебров В. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, gord@kscnet.ru*  
<sup>2</sup> *Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

Камчатка и Командорские острова относятся к тем регионам, где сейсмичность, вулканическая деятельность и геодинамические процессы достигают наивысшей интенсивности на нашей планете.

В круг основных задач сейсмологических исследований в этом регионе входят: детальное изучение сейсмичности, очагов и механизмов землетрясений, связи землетрясений с геодинамикой и вулканизмом; изучение строения и свойств земной коры и верхней мантии; оценка сейсмической опасности, сейсмическое районирование, прогноз землетрясений; предоставление данных, необходимых для заблаговременной подготовки к разрушительным землетрясениям, и другие.

История наблюдений и исследований землетрясений на Камчатке состоит из нескольких больших этапов: 1737 -1897 годы – период макросейсмических наблюдений; 1897-1961 годы - период инструментальных наблюдений камчатских землетрясений удаленными станциями России (СССР) и мира; 1961 - 2007 гг. - период детальных сейсмологических наблюдений.

В 1961 г. Тихоокеанской сейсмической экспедицией (ТСЭ) ИФЗ АН СССР совместно с Комплексной геолого-геофизической обсерваторией СО АН СССР на Камчатке создается региональная сеть сейсмических станций, которая к 1971 г. состояла уже из 15 станций.

С 1972 года сеть сейсмических станций была передана в Институт вулканологии ДВНЦ АН СССР. С 1-го июля 1979 года непрерывные сейсмологические наблюдения на территории Камчатки и Командорских островов продолжила Опытно - методическая сейсмологическая партия Института вулканологии ДВО РАН. С 1994 г. по настоящее время сейсмологические наблюдения на Камчатке проводятся Камчатским филиалом Геофизической службы РАН (до 2005 г. КОМСП ГС РАН). Число действующих сейсмических станций вместе с пунктами регистрации сильных движений, которые обеспечивают контроль сейсмичности территории Камчатки, в 2007 г. составляет 60. Разномасштабные сети станций с различной разрешающей способностью дают возможность регистрировать как сильнейшие тектонические землетрясения с  $M > 8$ , так и слабые землетрясения, начиная от  $M = 1.0$  и менее, на активных вулканах.

**Основные результаты фундаментальных и прикладных сейсмологических исследований.** С 1961 г. получают полные и точные сведения о сейсмичности Камчатки, в региональном каталоге землетрясений Камчатки за 1961-2007 гг. содержатся данные о более чем 100 000 событиях.

Уже в 60-е годы XX в. были открыты фундаментальные закономерности размещения очагов сильнейших землетрясений в пространстве и на их основе создан метод долгосрочного сейсмического прогноза, был получен важный практический результат о 9-балльном уровне расчетной сейсмичности для г. Петропавловска-Камчатского, построена зависимость балл ( $I$ ) – расстояние ( $r$ ) – магнитуда ( $M$ ).

Были выполнены работы по Камчатке для карты общего сейсмического районирования ОСР-78, ОСР-97. Методика учета протяженности очага землетрясения для расчета сотрясаемости, разработанная на Камчатке, была использована в расчете карт ОСР-97 и мировой карты сейсмической опасности GSHAP. Были проведены многочисленные исследования и получены важнейшие результаты о свойствах верхней мантии и связях сейсмичности с вулканизмом, о свойствах очагов сильных землетрясений и параметрах сейсмических воздействий на территории Камчатки.

Фундаментальные и прикладные результаты сейсмологических исследований в области оценки сейсмической опасности и прогноза сильных землетрясений имеют огромное значение для обеспечения безопасности населения и устойчивого развития региона. Уже в 1986 г. работы по долгосрочному сейсмическому прогнозу по методу академика С. А. Федотова сыграли решающее значение в принятии распоряжения Совета Министров СССР по вопросу сейсмоукрепления зданий в Камчатской области (№2354р от 21.11.1986). На решение проблемы сейсмоукрепления жилых домов и объектов социальной инфраструктуры в Камчатском крае направлено также Поручение Президента Российской Федерации от 05.09.2007 г.

## УНИКАЛЬНО ЛИ ОБРУШЕНИЕ СКЛОНА В ДОЛИНЕ ГЕЙЗЕРОВ 3 ИЮНЯ 2007 ГОДА ?

*Делемень И. Ф.<sup>1</sup>, Еликан О.Д.<sup>1</sup>, Луканова Е.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский  
delemen@kscnet.ru*

<sup>2</sup> *Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга,  
Петропавловск-Камчатский*

Опасные склоновые процессы - обычное явление на современных гидротермальных системах вулканических районов Камчатки. Эта опасность учитывалась, в частности, при проведении инженерно-геологических изысканий под строительство Мутновской и Верхне-Мутновской геотермальных электростанций, прокладку автодороги на рудник Асача, отборе предварительных вариантов выбора трассы газопровода Соболево – Петропавловск-Камчатский, других объектов, расположенных в геотермальных районах, а также при проведении государственной экологической экспертизы проектов строительства ряда горнодобывающих предприятий на Камчатке.

Однако крупное гравитационное обрушение склонов Долины Гейзеров, происшедшее 3 июня 2007 г., поставило ряд вопросов, которые необходимо решить для лучшего понимания природы и механизмов таких обрушений на гидротермальных системах, их роли в развитии гидротермальной разгрузки и рельефа геотермальных районов.

На основании детального анализа событий 3 июня 2007 г. в Долине Гейзеров, образовавшихся при этом отложений и форм рельефа сделан вывод, что сам факт обрушения не является уникальным. В самой Долине имеется несколько хорошо выраженных в рельефе небольших цирков и более крупных амфитеатров обрушения с сохранившимися местами коррелятными им обвально-взрывными отложениями.

Весьма представительным для изучения является хорошо выраженный обвальный цирк и расположенный под ним у подножия кальдерного уступа молодой обвал в западной части кальдеры Узон. Подобные образования наблюдаются также в кальдерах Горелого вулкана, Паужетской, Семячической, Карымской кальдер и других. Ярко выраженные гигантские обвальные цирки и хорошо сохранившиеся у их подножия обвальные тела известны в долинах рек Вилюча (Вилючинская гидротермальная система) и Больше-Банной (Больше-Банная гидротермальная система), у северного подножия Мутновского вулкана, на Паужетской, Мутновской, Камбальной и других гидротермальных системах Камчатки.

Уникальным в обрушении 3 июня 2007 г. в Долине Гейзеров был лишь сложный, многофазный характер обрушения, приведший к образованию крупного амфитеатра обрушения, состоящего из трёх обвальных и обвально-оползневых цирков. Различия в степени обводнённости пород, высоты обрушивающихся склонов и степени консолидированности слагающих их пород на разных стадиях обрушения привели к тому, что лишь на средней стадии обрушения сошла сухая каменная лавина, типичная для таких обрушений. На первой же стадии это был, скорее, оползень-поток, местами имеющий черты грязе-каменного потока, а на конечной стадии – типичный скальный оползень.

Несмотря на нерешённость некоторых вопросов (продолжительность ослабления склона, триггерные механизмы и роль сейсмических событий в обрушении), выявляются некоторые общие особенности для изученных обвально-оползневых структур на гидротермальных системах Камчатки, важнейшими из которых являются гидротермальное ослабление пород склона и наличие сквозных разрывных нарушений.

Работа выполнена по программе и при финансовой поддержке гранта РФФИ № 05-05-64730 и проекта Президиума ДВО РАН 06-III-A-08-334. Авторы признательны также Президенту - Председателю Правления ВТБ-24 М.М. Задорнову за поддержку исследований.

**ТРЕХМЕРНАЯ СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ  
МОДЕЛЬ ПОЛИГОНА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ КФ ГС РАН  
«КАРЫМШИНА – ВЕРХНЯЯ ПАРАТУНКА»**

*Делемень И.Ф., Мельников Д.В.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский  
delemen@kscnet.ru*

Изучение трехмерного (3D) геолого-геоморфологического строения Карымшинского геодинамического полигона представляет особый интерес для понимания вопросов геодинамики и сейсмичности Камчатки, т.к. на его территории расположена обсерватория «Карымшина» Камчатского филиала ГС РАН (КФ ГС РАН), где проводятся непрерывные наблюдения вариаций электромагнитного поля в диапазоне частот 0.01 - 40 Гц, электротеллурических токов в двух взаимно перпендикулярных направлениях (7 каналов), акустической эмиссии в скважине (H=30м), трехкомпонентного сейсмического сигнала в диапазоне частот 0.5 - 30 Гц, а также метеопараметров (давление, температура, ветер, осадки, влажность), мониторинг химического состава газов в скважинах и изучение других параметров.

Построена трехмерная (3D) структурно-геологическая и геоморфологическая модель полигона. Использование данных по геологическим разрезам глубоких (до 1 км) буровых скважин позволило определить высоты залегания основных реперных поверхностей, характеризующих структуру территории. Неравномерность сети буровых скважин потребовала восполнения пустых узлов сети оценочными значениями высот каждой из реперных поверхностей. Для этой цели авторами разработана оригинальная методика восполнения, основанная на совместном использовании принципа конформности современных и палеогеоморфологических поверхностей геологической структуре территории, в сочетании с методами горной геометрии.

Трехмерное геологическое строение территории определяется следующими основными структурными элементами:

- слоистой структурой рыхлых отложений и скальных пород, слагающих днища рек Паратунка и Карымшина, причём по наличию структурных несогласий здесь можно выделить два структурных яруса;
- фациальной зональностью пород в пределах слоёв;
- наличием интрузивных и субвулканических магматических тел, залегающих дискордантно по отношению к слоистой структуре;
- развитием сети линейных дизъюнктивных нарушений;
- высокой привлекательностью радиально-концентрических дизъюнктивных структур типа дизъюнктивных узлов.

Современный рельеф определяется наличием грабенообразных долин рек Паратунка и Карымшина, которые образуют структурный парагенезис типа «ласточкина хвоста», формирующийся обычно при развитии деформаций поперечного изгиба. На участке их тройного сочленения располагается горстообразное поднятие сопки Горячей, в центральной части которой предположительно в плейстоцене произошло внедрение экструзии кислого состава.

Циркуляция термальных вод в пределах изученной территории осуществляется по сети субвертикальных и крутонаклонных разрывных нарушений, причём наиболее предпочтительными для движения восходящих потоков гидротерм являются дизъюнктивы, разделяющие блоки, сложенные породами различной компетентности, а также дизъюнктивные узлы.

В силу того, что территорию слагают породы, весьма сильно различающиеся по своим петрофизическим свойствам, следует ожидать наличия их анизотропии. Скорее всего, в пределах нижнего структурного яруса, сложенного породами миоцен-плиоценового возраста, существуют существенные различия в свойствах интрузивных и вмещающих их пород, а в пределах верхнего структурного этажа – анизотропия определяется геоморфологией долины рек Паратунка – Карымшина. Важную роль играет также наличие крупного конуса выноса на участке размещения сети геофизического мониторинга на полигоне «Карымшина».

Работа выполнена по программе и при финансовой поддержке гранта РФФИ № 05-05-64730 и проекта Президиума ДВО РАН 06-III-A-08-334.

## ДОЛИНА ГЕЙЗЕРОВ ДО И ПОСЛЕ ОПОЛЗНЯ 03.06.2007 ПО МАТЕРИАЛАМ ИНФРАКРАСНОЙ СЪЁМКИ

*Дрознин В.А., Дубровская И.К.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, [dva@kscnet.ru](mailto:dva@kscnet.ru)*

Последовательность событий при гигантском оползне в Долине Гейзеров 03.06.2007 достаточно очевидна: - западный отрог высоты 791 потерял устойчивость, обрушилось  $8 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ ,  
- сошёл грязекаменный поток,  
- запружена река Гейзерная,  
- образовалось подпрудное озеро,  
- произошёл частичный размыв плотины.

Процесс подготовки события был длительным: трещина отрыва отмечается на аэро снимках 1973 г.

Каких либо событий, которые могли бы послужить «спусковым крючком», не отмечено. В предыдущие сутки на тропе с Плато, на уровне трещины отрыва Злотников В.А. ощущал запах сероводорода.

Термальные явления проявились в момент движения каменного потока в виде парового султана в районе плоскости отрыва, там, где позже наблюдалось парение, фумарольный выход и разгрузка термальных вод и в виде парящего блока пород, проехавшего перед кордоном перед откатом части потока, подошедшей непосредственно к кордону. Впоследствии эта горячая порция остановилась, чуть не дотянув до бывшего большого водопада. Остывание этой порции выразилось в кратковременном (менее месяца) повышении температуры и расхода ручья Водопадный.

Инфракрасная съёмка выполнялась Институтом вулканологии с 1978 г., с момента приобретения шведского тепловизора AGA-680. Анализировались также материалы совместного российско-американского проекта 1993 г., во время которого была выполнена тепловая съёмка многоканальной системой TIMS. Несмотря на то, что тепловизор AGA-680 не предназначен для выполнения плановой аэросъёмки больших площадей, с его помощью были обнаружены ранее неизвестные термопроявления. Примечательно, что к тому времени район считался изученным и даже был частично покрыт наземной приповерхностной термосъёмкой. На основании материалов тепловой съёмки район термопроявлений был существенно расширен и предположение о тепловом питании геотермальной системы вулканом Кихпиньч стало не единственным.

В отличие от съёмок вулканов, задача слежения за режимом гидротермальной системы не ставилась, хотя на основании эпизодических залётов были зафиксированы последствия экзогенных процессов. В частности, исчезновение в начале 80-х годов горячего ручья в верховьях р. Гейзерная и Большой фумаролы, наблюдавшейся ещё экспедицией Комарова. Тепловой съёмкой была покрыта площадь не всего бассейна реки Гейзерная, а только узкая полоса вдоль реки, где предполагалась разгрузка высокотемпературных вод. Поэтому термоаномалия, соответствующая плоскости отрыва оползня, читается только по материалам TIMS и комплекса «Зима».

Оползнем были перекрыты все источники по ручью Водопадному. Частично сохранились термопроявления по ручью Теремковому. Характерно, что грязекаменный поток, по крайней мере в этом месте, не эродировал почву, а лишь слегка выровнял поверхность.

По материалам съёмки 12.07.2007 дешифрируются также тепловые аномалии, соответствующие вновь образованным источникам на урезе запрудного озера.

Температура поверхности озера не одинакова и отражает картину конвекционных токов в нём.

Тепловая съёмка 12.07.2007 выполнялась не специально, а параллельно с аэросъёмкой, поэтому из-за малого угла обзора съёмкой покрыта не вся площадь распространения отложений оползня. В частности, нет информации о состоянии западной части бассейна ручья Водопадный и состоянии термальных источников по р.Шумная.

Долина Гейзеров представляет собой глубоко врезаемый каньон. Ранее считалось, что идёт процесс его углубления. По крайней мере имеются свидетельства понижения базиса дренирования. В результате образования плотины базис дренирования резко повысился. Так что происходит с каньоном: он залечивается или увеличивается?

## АЛТАЙСКИЙ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН: РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЧУЙСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ, МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЙ, ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОГО ЭТАПА РАЗВИТИЯ

*Еманов А.Ф.<sup>1,2</sup>, Еманов А.А.<sup>1,2</sup>, Лескова Е.В.<sup>1,2</sup>, Колесников Ю.И.<sup>2</sup>,  
Фатеев А.В.<sup>1,2</sup>, Янкайтис В.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Алтае-Саянский филиал Геофизической службы СО РАН, Новосибирск, emanov@gs.nsc.ru*

<sup>2</sup> *Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, Новосибирск*

Формирование сети станций Алтайского сейсмологического полигона осуществлялось в 2001-2002 годах. Вместо трёх станций в этой зоне к 2003 году была сформирована сеть из 15 стационарных сейсмических станций. Кроме этого в Чуйско-Курайской зоне начиная с 2001 года разворачивались временные станции: часть станций временно-стационарные, устанавливались на период до полугода и станции портативные осуществляли наблюдения на плотных локальных сетях на интервалах порядка 1-2 месяцев и перемещались в соответствии с новыми задачами. После Чуйского землетрясения дополнительные локальные сети размещались на участках наиболее активного афтершокового процесса.

В результате экспериментальных работ на Алтайском сейсмологическом полигоне получены следующие результаты о землетрясениях:

- В период до Чуйского землетрясения сейсмически активен Курайский хребет и Чаган-Узунский блок. Курайская и Чуйская впадины асейсмичны. Малоактивны Северо-Чуйский и Южно-Чуйский хребты. Землетрясения происходят на глубинах от одного до двадцати км. В распределении землетрясений по глубине два максимума на глубинах 14-16 км и 2-4 км.

- Эпицентр Чуйского землетрясения 27.09.2003 (M=7.3) находится на стыке Чаган-Узунского блока с Северо-Чуйским хребтом. Глубина эпицентра 8 км. Механизм очага - правосторонний сдвиг.

- В развитии афтершокового процесса во времени выделены две фазы. Первая фаза формируется после главного толчка до крупного афтершока 1.10.2003. В первой фазе афтершоки локализируются в зоне Чаган-Узунского блока. Во второй фазе формируется линейная зона афтершоков с максимумом выделения сейсмической энергии вдоль границы Северо-Чуйского хребта с Курайской впадиной. Фактически отмечается смещение афтершокового процесса к северо-западу.

- В афтершоковом процессе выделяются четыре пространственных элемента, характеризующихся структурными особенностями и различающиеся по механизмам подвижек.

- По данным сейсмической томографии повышенные скорости обнаружены в Чаган-Узунком блоке и в северо-западной части Курайской впадины. Вдоль границы Северо-Чуйского хребта с Курайской впадиной, где концентрируются афтершоки, выделяется зона контрастных изменений скорости сейсмических волн.

Детальные сейсмологические исследования позволили получить уникальные по точности результаты, но полная обработка экспериментальных данных не проведена до сих пор. Эксперименты, когда в эпицентральной зоне сосредотачивается 70-80 станций, без автоматизации обработки полностью не обрабатываются. Делается попытка сочетать локальные сети станций с мини группами. Автоматизация обработки опирается на сейсмическую мини группу, а класс точности в определении параметров очагов обеспечивается распределённой по полигону локальной сетью.

**АНОМАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ  
В ВЕРХНЕ-МУТНОВСКОМ ДВУХФАЗНОМ ГЕОТЕРМАЛЬНОМ РЕЗЕРВУАРЕ,  
СВЯЗАННЫЕ С СЕЙСМИЧНОСТЬЮ**

*Кириухин А.В., Поляков А.Ю.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

*avk2@kscnet.ru*

Мониторинг давления в скважине 30 (52.551 с.ш., 158.234 в.д.) на Верхне-Мутновском участке, вскрывающей двухфазный 250-270°C трещиноватый геотермальный резервуар, осуществлялся с сентября 1995 г. по сентябрь 2006 г. с использованием системы типа «капиллярная трубка» (Pruett Inc.), установленной на глубине 950 м. В начальный момент давление в скважине 30 на глубине 950 м составляло около 47 бар, на глубинах 600-650 м фиксировался уровень воды.

Суммарное время наблюдений, проводимых вначале с интервалом 5 мин, а с 1998 г с интервалом 2 мин., составило 7.82 года. Перерывы в наблюдениях связаны с транспортными проблемами по доставке персонала.

По данным наблюдений на скв. 30 давление в двухфазном Мутновском геотермальном резервуаре характеризуется в ряде случаев высокой чувствительностью к сейсмическим событиям. За период наблюдений 1995-2006 гг выявлены пять таких аномалий, предшествовавших сейсмическим событиям. По мере выкипания геотермального резервуара в процессе эксплуатации чувствительность усиливалась.

Учитывая установленную чувствительность давления в Мутновском геотермальном резервуаре к землетрясениям, целесообразно продолжить в скважинах геотермального месторождения непрерывные наблюдения за давлением (с частотой записи 1 замер в 1-2 минуты). Для оперативного анализа получаемой информации необходима установка телеметрического оборудования для передачи данных по радиоканалу.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ГЕОХИМИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

*Кузьмин Ю.Д., Воропаева Н.П.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г.Петропавловск-Камчатский,  
kuzy@emsd.iks.ru*

При финансовой поддержке РФФИ в КФ ГС РАН на пункте комплексных наблюдений (ПКН) «Карымшина», расположенном на Верхнее-Паратунской гидротермальной системе, был организован базовый геохимический пункт наблюдений за термодинамическими и геохимическими параметрами гидротермальной системы. На данном пункте ведутся наблюдения за подпочвенным водородом и радоном; растворенным водородом и радоном в потоке термальной воды из напорной скважины К-88; теллурическими потенциалами между скважинами К-88, К-37 и ГК-17; потоком нейтронов в приземном слое атмосферы и метеоданными.

Целью данной работы является выяснение влияния геофизических воздействий на термодинамические и газодинамические параметры гидротермальной системы.

По мере развития и оснащения оборудованием геохимического пункта ПКН «Карымшина» предпринимаются действия по расширению данного вида работ на других гидротермальных системах и геологических средах, расположенных за пределами гидротермальных систем. Это необходимо для выявления реакции и корреляции между гидротермальными системами и геологическими средами на пространственное воздействие разнообразных геофизических полей: метеорологических, гравитационных, электромагнитных, сейсмических и др.

В работе рассмотрен принцип выбора геохимических пунктов наблюдений, коротко дано геологическое описание пунктов наблюдений и приведены ряды наблюдений для пунктов Карымшина, Микижа и подвала в г.Петропавловске-Камчатском. Практически во всех измерениях наблюдаются суточные вариации, что говорит о достаточной чувствительности аппаратуры.

На примере сравнения рядов наблюдения радона на ПКН «Карымшина», полевом пункте «Микижа», расположенных в Паратунско-Асачинской раздвиговой зоне, но в разных гидротермальных системах, и подвала в г. Петропавловск-Камчатский видно, что каждый пункт, с разной геологической обстановкой, имеет характерные ряды наблюдений, которые не коррелируют между собой.

Показан резкий всплеск потока нейтронов перед Олюторским землетрясением. Такое событие было единичным и выводов по одному событию не сделано, т.к. нет ясности в физическом понимании процессов, связанных с изменением величины потока тепловых нейтронов в приземной атмосфере.

Отмечается, что организация стационарных полевых геохимических пунктов наблюдений сложна и трудоемка из-за производства охранных мероприятий, связанных с сохранением регистрирующей аппаратуры, а также в связи с невозможностью договориться с хозяином объекта (скважина, территория) об организации наблюдений, из-за чего приходится отказываться от наиболее оптимальной точки наблюдения.

Исследования по теме «Исследование реакции гидротермальной системы на геофизические воздействия» на Камчатке поддерживаются Российским фондом фундаментальных исследований, гранты 05-05-64837-а и 07-05-00093-а.

## GPS-GLONASS МОНИТОРИНГ СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА КАМЧАТКЕ И КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВАХ

*Левин В.Е.*

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

На Камчатке и Командорских островах создана сеть GPS-GLONASS мониторинга KAMNET, в которую входят как постоянные, так и временные GPS станции. Постоянные GPS станции установлены с шагом примерно в 200 км и совмещены с сеймостанциями КФ ГС РАН (Паужетка, Петропавловск, Ключи, Эссо, Крутоберегово, Беринг) или метеостанциями ГМС (Петропавловск-Маяк, Тигиль). В предполагаемых эпицентральных зонах сильных ( $M > 7.0$ ) землетрясений и районах активных вулканов станции установлены с шагом 10-30 км, для этого используются как постоянные, так и временные GPS станции. По существу GPS-сеть KAMNET, созданная на Камчатке и Командорских островах для изучения современных движений земной коры, представляет собой “многобазовый деформограф”, чувствительность которого может варьировать в пределах  $5 \cdot 10^{-7}$  до  $5 \cdot 10^{-9}$  в зависимости от выбираемой длины базы. Одна из главных задач, решаемых Камчатской региональной сетью KAMNET, - это регистрация движений земной коры, связанных с землетрясениями. Учитывая, что модель сейсмического события имеет протяженный источник деформаций, сеть GPS мониторинга также должна иметь протяженность не менее длины зоны вспарывания (порядка 200 и более км). К настоящему времени сеть KAMNET имеет протяженность 1843 км с юга на север. На юге полуострова постоянная GPS станция расположена на с/с Паужетка, а северная - в селе Каменское. Западная GPS станция расположена на ГМС поселка Тигиль, а самая восточная - на о. Медный. Сеть KAMNET создана для решения целого ряда научных и практических задач.

Продолжительные ряды данных сети KAMNET дают важный цифровой материал по эволюции деформационных характеристик региона (главные деформации, деформации сдвига) и в перспективе будут получены данные для уточнения карт сейсмического районирования.

Среди научных задач:

- определение деформационных предвестников с целью прогноза землетрясений и извержения вулканов;
- изучение механизма очага и релаксационных процессов постсейсмических событий.

Измеренные скорости GPS пунктов позволят составить детальные карты современных движений. Изучение изменений скорости линейной деформации по всей сети даст материал для оценки магнитуды готовящегося землетрясения – по размеру площади, на которой проявляются деформации. Для этого пункты сети GPS (постоянные и временные), организованные в предполагаемой эпицентральной зоне готовящегося землетрясения, должны быть расположены с шагом между пунктами в пределах 15-25 км, что и сделано в районе Авачинского и Камчатского заливов, где по долгосрочному прогнозу С.А. Федотова возрастает вероятность сильного сейсмического события. Анализ величин и направлений векторов пунктов сети KAMNET позволяет достаточно уверенно фиксировать положение трансформных разломов, выявлять блоки земной коры. Особая задача, решаемая сетью KAMNET- это определение границ литосферных плит таких как Северо-Американская, Евразийская, Тихоокеанская и определение скоростей движений Охотоморской и Беринговоморской субплит. Данные измерений сетью KAMNET позволили определить: 1) скорости движений Камчатки и Командорских островов, связанные с коллизией глобальных плит; 2) скорости движения Берингийской субплиты; 3) предваряющие смещения для двух сильных землетрясений – Кроноцкого ( $M=7.8$ ) 5.12.1997 и Олюторского ( $M=7.6$ ) 20.04.2006



**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ  
И ВОЗМОЖНОСТЬ ПРОГНОЗА ОПОЛЗНЯ,  
ПРОИЗОШЕДШЕГО 3 ИЮНЯ 2007 г. В ДОЛИНЕ ГЕЙЗЕРОВ, КАМЧАТКА**

*Леонов В.Л.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,  
lvl@kscnet.ru*

3 июня 2007 г. в Долине Гейзеров на Камчатке произошла природная катастрофа – крупный оползень, сошедший по ручью Водопадному, уничтожил красивейшие места: термальные площадки, ванны, постройки гейзеров, водопады – то, чем в течение многих лет любовались туристы и гости, приезжавшие на Камчатку. Только случайное стечение обстоятельств не привело к гибели людей, не пострадали от оползня и основные постройки – каменная лавина остановилась буквально в 1 м от стены гостиницы.

Можно ли было предвидеть, предсказать такое развитие событий? Были ли предвестники этого? Специалисты по изучению оползней отмечают, что объяснить их одной конкретной причиной удается редко, если вообще это возможно (Варнс, 1981). На подготовку оползней влияют многие факторы – и состав пород, и эрозия, и выветривание, и тектонические движения. Сам оползень может быть связан с незначительным событием, но это событие нельзя рассматривать как единственную причину – оно лишь одно из звеньев в общей цепи событий. В случае с оползнем, произошедшим в Долине Гейзеров, каких-либо аномальных событий в день схода оползня вообще не отмечалось (Пинегина и др., 2007). Какие же причины могли повлиять на его формирование?

Исходя из полученных ранее данных по геологии и гидрогеологии района (Леонов и др., 1991), в качестве основных факторов, способствующих формированию оползня, нами рассматриваются:

- геологическая позиция - приуроченность к борту кальдеры, наличие вложенных в кальдеру и прислоненных к ее борту озерных отложений, залегающих с наклоном в сторону долины реки Гейзерной;
- особенность гидротермальной разгрузки - наличие расположенной восточнее области подъема термальных флюидов, а также латерального потока гидротерм, направленного с северо-востока на юго-запад в сторону р. Гейзерной;
- особенность разреза пород, в которых произошел оползень - наличие водопроницаемых и водоупорных слоев;
- морфология склона - наличие крутых уступов, связанных с подмывом склонов ручьями;
- изменение пород под действием гидротермальной деятельности;
- тектонические трещины;
- возможное региональное искривление земной поверхности, связанное с вулканической деятельностью.

Показано, что подготовка оползня происходила длительное время. В частности, тектоническая трещина, по которой произошел отрыв блока пород, сформировавших оползень, видна на аэрофотоснимках 1973 года, она была нами обследована еще в 1974 г. Тогда трещина выглядела очень свежей, на ней были провальные воронки, свидетельствующие о недавней активизации движений, раскрытии трещины. В последующем края трещины значительно сгладились, воронки были засыпаны.

Была ли возможность, основываясь на имеющихся данных, предсказать схождение оползня? По нашему мнению спрогнозировать точное место возникновения оползня было невозможно. Это связано с тем, что развитие оползневых процессов связано с множеством причин, роль которых не всегда ясна (Хромовских, 1984). Путь, который специалисты указывают для снижения риска – тщательное изучение условий возникновения склоновых смещений, выделение участков с повышенной оползневой опасностью, выбор для строительства и нахождения людей наименее опасных участков.

# СЕЙСМИЧЕСКАЯ АНИЗОТРОПИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСЩЕПЛЕННЫХ S-ВОЛН ОТ МЕСТНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЗОНАХ СУБДУКЦИИ КАМЧАТКИ И ХОККАЙДО

Лулева М.Н.

Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, Хабаровск, [margo@itig.as.khb.ru](mailto:margo@itig.as.khb.ru)

Анализ распределения параметров расщепленных S-волны от местных слабых землетрясений до глубины 200 км в области станции PET IRIS (г. Петропавловск Камчатский) за период 1993-2002 гг. и в области 6 станций вдоль восточного Хоккайдо до глубины 100 км за период 1998-2003 г. свидетельствует о неоднородности распределения анизотропных свойств и изменении напряженно-деформированного состояния среды во времени в области субдуктирующей плиты.

По характеру поведения параметров расщепленных волн в области станции PET выделено 3 временных интервала: 1993-1995 гг., 1996-1998 гг., 1999-2002 гг. Наиболее упорядоченная ориентация азимутов поляризации быстрой S- волны ( $\varphi$ ) на всех глубинах и пониженное напряженное состояние среды наблюдается в 1996-1998 гг.. Выделены области сравнительно устойчивого и неустойчивого поведения параметров расщепленных волн, которые согласуются с повышенными и пониженными скоростями P- и S-волн. К устойчивым областям с доминированием  $\varphi$  вдоль В-ЮВ отнесены центральный блок до глубины 120 км и нижняя зона сейсмофокальной зоны. Неустойчивость в поведении  $\varphi$  отмечается для глубин 60-90 км и в области верхней границы сейсмофокальной зоны. Максимальные значения времени задержки S-волн ( $t_{SS}$ ), области миграции времен задержки локализуются преимущественно вдоль контактов между более жесткими и ослабленными блоками.

Параметры расщепленных S-волн изменяются вдоль Хоккайдо и во времени. Наиболее плотное распределение  $\varphi$  и стабильное во времени наблюдается на равнинах Токачи и Кусиро. Под равниной Кусиро  $\varphi$  ориентированы вдоль 50-70° (СВВ) и согласуются с направлением миграции фронта Курильской дуги вдоль желоба. На равнине Токачи под станцией IWN азимуты доминируют в С-ССВ направлениях и под URH в ЮВ направлениях, которые согласуются с нормальным и параллельным направлениями движения Тихоокеанской плиты, соответственно. Сложное распределение  $\varphi$  за 6-летний период и по годам отмечается в области гор Хидака и п-ове Немуро. Максимальные коэффициенты анизотропии достигают значений 12, 8, 5, 6, 6.5 и 7.8 (%) под станциями вдоль восточного Хоккайдо ERM, MYR, IWN, URH, AKK и NMR, соответственно. Исследование параметров P- и S-волн от кластеров землетрясений, локализованных в верхней области сейсмофокальной зоны, свидетельствует об их изменении во времени, аномальном поведении в период происхождения крупных землетрясений в области Хоккайдо. Наблюдаемые изменения в отношении амплитуд P- и S-волн указывают на изменения типа фокального механизма, жесткости среды в области кластеров землетрясений. Анализ распределения Лодэ-Надаи коэффициентов показывает, что вдоль Хоккайдо характерны сдвиговые деформации ( $|\mu_\sigma| \leq 0.2$ ) и неоднородное распределения зон относительного растяжения и сжатия. Отмечена корреляция областей относительного сжатия с  $\varphi$ , ориентированными нормально к желобу, и областей растяжения с  $\varphi$  вдоль желоба.

Работа выполнена при поддержке Президиума РАН №16 и Президиума ДВО РАН (гранты №06-I-П16-061, №06-III-A-08-346) и РФФИ (грант № 06-05-96009).

# МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО СОДЕРЖАНИЯ SO<sub>2</sub> ПРИ КРУПНЫХ ИЗВЕРЖЕНИЯХ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ ЗА ПЕРИОД 2006-2007 ГГ. ПОСРЕДСТВОМ СПУТНИКОВЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Мельников Д.В., Ушаков С.В.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский  
dvm@kscnet.ru*

Диоксид серы (SO<sub>2</sub>) является одним из основных магматических газов, выделяющихся при извержении вулканов. Кроме того, он может образовываться при сжигании природного топлива на электростанциях и при выплавке металла. Диоксид серы имеет короткий период жизни в воздухе, превращаясь в аэрозоли сульфатов в течение суток близ поверхности земли и в течение месяца в стратосфере. Мониторинг содержания SO<sub>2</sub> в атмосфере позволяет судить об энергии вулканического извержения и его динамике. Мощные эмиссии SO<sub>2</sub> могут приводить к возникновению кислотных дождей и климатическим изменениям. Так, например, в результате извержения вулкана Пинатубо на Филиппинах в 1991 г. в атмосферу было выброшено диоксида серы массой 20 млн. тонн, что оказало мощное влияние на состояние озонового слоя.

В настоящее время для задач глобального спутникового мониторинга SO<sub>2</sub> используется инструмент OMI (Ozone Monitoring Instrument), расположенный на борту спутника AURA (являющийся совместной разработкой Голландского аэрокосмического агентства, Финского метеорологического института и NASA). Данный прибор в 2004 году сменил на околоземной орбите своего предшественника - TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer). OMI обладает более расширенным спектральным и пространственным разрешением. Он способен осуществлять ежедневный глобальный мониторинг состояния атмосферы в диапазоне 270-500 nm длины волны и спектральным разрешением 0.5 nm с пространственным разрешением 13×24 км/1 пиксель. Алгоритм обработки данных даёт информацию о высоких концентрациях SO<sub>2</sub> на трёх высотных уровнях - 2, 5 и 15 км над уровнем моря. Для измерения в атмосфере концентрации SO<sub>2</sub> используются Единицы Добсона (ЕД). Одна единица Добсона равна 0.01 мм толщины сжатого слоя озона при 0 градусов Цельсия или  $2.69 \times 10^{20}$  молекул озона на квадратный метр. Типичное фоновое значение концентрации SO<sub>2</sub> в атмосфере составляет  $\leq 1$  Единицы Добсона. Используя данные OMI SO<sub>2</sub>, становится возможным наблюдать и проводить измерения не только эксплозивных пепловых облаков, но и пассивной вулканической дегазации, следить за движением аэрозольных облаков, прогнозировать интенсивность и характер извержений. В докладе показаны примеры использования данных OMI SO<sub>2</sub> для крупных извержений Камчатки за период 2006-2007 гг.

## **Список литературы**

1. Krotkov, N. A., Carn, S. A., Krueger, A. J., Bhartia, P. K., Yang, K., 2006: Band residual difference algorithm for retrieval of SO<sub>2</sub> from the Aura Ozone Monitoring Instrument (OMI), *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, AURA Special Issue*, 44(5), 1259-1266
2. Carn, S.A., N.A. Krotkov, K. Yang, R.M. Hoff, A.J. Prata, A.J. Krueger, S.C. Loughlin, and P.F. Levelt (2007). Extended observations of volcanic SO<sub>2</sub> and sulfate aerosol in the stratosphere, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 7, 2857-2871
3. Гавриленко Г.М., Мельников Д.В., Зеленский М.Е., Тавиньо Л. Многолетний гидрохимический мониторинг вулкана Мутновский (Камчатка) и фреатическое извержение вулкана в апреле 2007 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. № 1(9). С. 127-132

# ДИНАМИКА ЛЕДОВОГО ПОКРОВА АРКТИКИ И АНТАРКТИКИ, ЕЕ СВЯЗЬ С ПЕРИОДИЧЕСКИМ ДВИЖЕНИЕМ ПОЛЮСА (ПДП) ЗЕМЛИ И СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ

*Пономарева О.В.*

*Камчатский государственный университет имени В. Беринга, Петропавловск-Камчатский  
Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,  
[ponomareva\\_ov@list.ru](mailto:ponomareva_ov@list.ru)*

В работе сделана попытка связать с ПДП, а стало быть, и с сейсмичностью Земли, периоды «оледенения-таяния» Арктики и Антарктики. Проведено сравнение динамики процессов таяния и оледенения Арктики и Антарктики с некоторыми элементами движения Земли (LOD и ПДП).

В результате исследования определены периодические составляющие в динамике льдов Арктики –  $T_N = 1.221$  г. и Антарктики –  $T_S = 1.000$  г.; в динамике сезонных изменений LOD –  $T = 0.582$  г. (с интенсивностью  $S = 0.768$ ) и  $T = 0.404$  г. (с интенсивностью  $S = 1.125$ ), что, во-первых, в точности соответствует периодам оледенения и таяния льдов Антарктиды соответственно; и, во-вторых, период таяния характеризуется большей интенсивностью, нежели период оледенения.

Откуда следует, что:

- динамика ледового покрова Антарктиды оказывает влияние на элементы движения Земли (в данном случае на сезонные изменения LOD с периодами  $T = 0,582$  г. и  $T = 0,404$  г.);
- процесс таяния ледового покрова Антарктиды более динамичен, нежели процесс оледенения (в 1,438 раз), и динамика ледового покрова Антарктики характеризуется периодической составляющей ( $T = 182.625/149.56 = 1.221$  г.), которая точно соответствует т.н. «слабой чандлеровской составляющей» с  $T_{ch2} = 1.22$  г.;
- таяние льдов Антарктики является определяющим на ПДП (коэффициент неравномерности  $K_S = 1.438$ ), динамика же льдов Арктики более равномерна (коэффициент неравномерности  $K_N = 1.01$ ), к тому же вес льда Антарктиды превышает вес всей воды в Северном Ледовитом океане в 1.5 раза.

В случае если более динамичным окажется оледенение Антарктики, нежели таяние, то тогда оледенение Антарктики, но уже с периодом ( $T = 215,46/182,625 = 1,18$  г.), «даст значительный вклад» в т.н. «сильную чандлеровскую составляющую» с  $T_{ch1} = 1,18$  г. В любом случае влияние динамики льдов на ПДП считается доказанным.

**NB.** Скорость вращения Земли бывает наименьшей в апреле и ноябре, а наибольшей – в январе и июле. Асимметрия – апрель-ноябрь объясняется особенностью ледовитости Антарктики: период оледенения – 7 месяцев (215,46 суток), период таяния – 5 месяцев (149,56 суток). Симметрия – январь-июль объясняется равномерной ледовитостью Арктики: оледенение – 182,77 суток, таяние – 183,65 суток. Тот факт, что январский максимум изменения скорости вращения Земли значительно меньше июльского, в свою очередь, объясняется тем, что 90 % льдов сосредоточено в Антарктике.

Остается спорным вопрос о влиянии атмосферных и океанических процессов на т.н. «годовую компоненту» в ПДП. В динамике ледового покрова Антарктиды выявлена высокоинтенсивная «годовая компонента» ( $T = 1,000$  г.). Сравнительный анализ динамики ледового покрова Антарктиды и LOD (в компоненте сезонных изменениях LOD выявлена периодическая составляющая  $T = 0,498$  г. достаточно высокой интенсивности) позволяет сделать вывод о том, что вклад Антарктиды в «годовую компоненту» ПДП весьма и весьма существенен.

Проведен сравнительный анализ динамики ледового покрова полярных областей с сейсмической активностью Земли. Были получены сравнительные характеристики периодов таяния и оледенения и сейсмической активности Земли. Динамика ледового покрова (корреляция процессов таяния льдов Арктики ( $K = 0,436$ ) и оледенения Антарктики ( $K = -0,483$ ) с сейсмической активностью) объясняет, в первом приближении, сезонность в сейсмической активности Земли.

Анализ сейсмической активности выявил «долгопериодные» составляющие с периодом около 30 лет. Можно предположить, что сейсмичность «ответственна за возбуждение» в ПДП т.н. «волн Марковица» (Markowitz wobble), имеющих тот же период.

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕЙСМИЧНОСТИ КАМЧАТКИ НА ОСНОВЕ ДИФФУЗИОННОГО ПОДХОДА

*Сагитова Р.Н., Шевцов Б.М.*

*Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,  
Паратунка, Камчатский край, raya@ikir.kamchatka.ru*

Идея создания динамической модели землетрясений на основе единого статистического подхода, который широко и эффективно используется в различных областях физики, давно обсуждается в литературе, но она еще очень далека от своей реализации. И трудности здесь как в выборе исходных динамических уравнений, которые бы описывали нелинейные процессы разрушения, так и в построении статистической модели их коэффициентов.

Тот факт, что лишь небольшая часть теплового потока Земли преобразуется в акустические колебания, создаваемые землетрясениями, говорит о том, что сейсмические явления можно описывать в диффузионном приближении. Этот подход успешно используется для описания геофизических процессов, в том числе и сейсмических. Однако характер случайных блужданий существенно усложняется на фрактальном множестве, которым является геологическая среда. Представляет интерес рассмотреть последовательность землетрясений как случайные блуждания и определить их характеристики.

Для построения численного алгоритма с целью анализа сейсмичности используется гипотеза статистической связи между событиями в пределах радиусов влияния. В качестве временного радиуса возьмем характерное время ожидания события, которое получается из закона повторяемости, а для определения пространственного масштаба воспользуемся, например, радиусом влияния Добровольского.

Рассматривались события не меньше восьмого класса. Процесс построения цепочек запускался, начиная с каждого события в каталоге. Цепочки событий строились по принципу выбора наиболее энергичного события в пределах радиусов влияния из числа событий, попавших туда. Каждая из таких цепочек может рассматриваться как случайным образом возникающий, блуждающий и исчезающий объект. Представляет интерес исследовать статистические характеристики, как отдельных цепочек, так и их ансамбля.

Для проведения численного эксперимента был использован каталог землетрясений Камчатского филиала ГС РАН.

## ПАРАМЕТРЫ СЕЙСМИЧНОСТИ КАМЧАТКИ В 2005 - 2006 гг.

Салтыков В. А.<sup>1,2</sup>, Кравченко Н. М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, salt@emsd.ru

<sup>2</sup> Камчатский государственный университет им. В. Беринга, Петропавловск-Камчатский

На основе региональных каталогов камчатских землетрясений дана общая характеристика сейсмичности Камчатки в 2005-2006 гг. и построены площадные распределения параметров фоновой сейсмичности. В комплекс рассматриваемых характеристик входят общая выделявшаяся сейсмическая энергия, активность  $A_{10}$ , наклон графика повторяемости  $\gamma$ , параметры методик  $RTL$  и  $\Delta S$ , кластеризация землетрясений и  $Z$ -тест.

Оценки сейсмичности были сделаны для района, ограниченного широтой  $\varphi=50.5^{\circ}N$  и  $56.5^{\circ}N$ , долготой  $\lambda=156.0^{\circ}E$  и  $167.0^{\circ}E$ , глубиной от 0 до 300 км.

Общая выделявшаяся сейсмическая энергия составила  $5.8 \cdot 10^{13}$  Дж в 2005 г. и  $1.8 \cdot 10^{14}$  Дж в 2006 г. при среднегодовом (45 лет) значении  $6.3 \cdot 10^{14}$  Дж и медианном годовом значении  $1.6 \cdot 10^{14}$  Дж. Наклон графика повторяемости  $\gamma$  и активность  $A_{10}$  в 2005-2006 гг. соответствуют в пределах ошибки определения среднееголетним значениям,  $0.496 \pm 0.002$  и  $0.285 \pm 0.001$ , соответственно.

Построены карты относительных значений  $A_{10}$  и нормированной вариации  $\gamma$ , полученных на каталоге за 2005-2006 гг. и многолетнем каталоге. Из анализа карт  $A_{10}$  следует, что в 2005 – 2006 гг. наибольшая относительная сейсмическая активность наблюдалась в северной части региона, в районе острова Беринга, Камчатского залива, Кроноцкого полуострова. В районе Кроноцкого полуострова выделяется также область статистически значимого уменьшения  $\gamma$ .

Аномальное поведение параметров  $RTL$ ,  $\Delta S$  и кластеризация землетрясений могут иметь предвестниковый характер (Соболев, 1999). Отрицательные значения  $RTL$  соответствуют сейсмическому затишью, увеличение площадей сейсмогенных разрывов  $\Delta S$  – форшоковой активизации, появление кластеров может свидетельствовать о стягивании активности к месту будущего макроразрыва.

В 2001-2003 гг. в Камчатском заливе и в южной части сейсмоактивной зоны существовали значительные аномалии сейсмического затишья по параметру  $RTL$ . Минимум значений  $RTL$  достигал -18 и -12 для северной и южной аномалий, соответственно. Каких-либо заметных сейсмических событий в окрестности аномалий к настоящему времени не произошло.

Согласно картам максимальных значений  $\Delta S$  в 2005-2006 гг. в непосредственной близости к аномалиям  $RTL$  2001-2003 гг. происходила сейсмическая активизация. Была отмечена также кластеризация землетрясений. В 2005 г. кластеры землетрясений в основном произошли на юге Камчатки, в полосе широт от  $50^{\circ}N$  до  $53^{\circ}N$ . Эта особенность наблюдается для кластеров с различной энергией и соответствует южной области форшоковой активизации, выделяемой методом  $\Delta S$ . Основная часть кластеров 2006 г. приходится на северную часть камчатской сейсмоактивной зоны, что также хорошо согласуется с выделенной в этой области аномалией  $\Delta S$ .

В 2005-2006 гг. область аномально низких значений  $RTL$  существовала восточнее Кроноцкого полуострова. Аномалия  $RTL$  длилась  $\approx 16$  месяцев (интервал времени, в течение которого параметр  $RTL$  был меньше -3) и завершилась в августе 2006 г.

Методика  $Z$ -тест, так же как и методика  $RTL$ , ориентирована на выявление сейсмических затиший как временных аномалий в сейсмическом режиме отдельных пространственных областей. (Wyss, Habermann, 1988). В 2005-2006 гг. интерес представляли области значительного уменьшения скорости сейсмического потока, выделенные с помощью  $Z$ -теста в южной части сейсмоактивной зоны и восточнее Кроноцкого полуострова. Каждое сейсмическое затишье характеризовалось большими значениями  $Z$  ( $LTA > 7$ ), что обеспечивало высокую статистическую значимость аномалии.

Наблюдающаяся пространственная корреляция поведения  $A_{10}$  и  $\gamma$  с результатами  $RTL$ ,  $\Delta S$  и  $Z$  представляет интерес при разработке комплексной оценки сейсмической обстановки.

**РЕГИСТРАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ШУМОВ  
НА О. ШИКОТАН (МАЛАЯ КУРИЛЬСКАЯ ГРЯДА):  
ВЫЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТОВ ПОДГОТОВКИ ЛОКАЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

*Салтыков В.А.<sup>1,2</sup>, Сеницын В.И.<sup>1</sup>, Кугаенко Ю.А.<sup>1</sup>, Шишкин А.А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, salt@emsd.ru

<sup>2</sup> Камчатский государственный университет им. В. Беринга, Петропавловск-Камчатский

<sup>3</sup> Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск

Исследования и поиск новых предвестниковых явлений в вариациях геофизических полей перед сильными землетрясениями является актуальной задачей для ученых Дальнего Востока России, где сейсмическая активность и опасность возникновения волн цунами достигает наиболее высокого уровня на нашей планете. Курильские острова, в отличие от Камчатки, где наряду с достаточно плотной сетью региональных сейсмических станций развиваются разноплановые исследования геофизических полей, в настоящее время охвачены наблюдательными сетями значительно слабее. В значительной степени это связано с удаленностью и труднодоступностью островных районов.

В этой ситуации организация в 2003-2004 гг. непрерывных долговременных наблюдений за сейсмическим шумом на о. Шикотан, где до катастрофического Шикотанского землетрясения 1994 г. функционировала одна из лучших обсерваторий региона, представляется заметным событием. Регистрация организована на базе законсервированной региональной сейсмической станции «Шикотан», в северо-западной части острова, на окраине поселка Малокурильское. Регистрируется огибающая высокочастотного сейсмического шума (ВСШ), под которым понимаются микросейсмические осцилляции в частотном диапазоне первых десятков Гц и с амплитудами порядка  $10^{-9}$  -  $10^{-12}$  м. Выбор о. Шикотан для организации долговременных наблюдений ВСШ определялся следующими факторами:

- близостью к сейсмофокальной зоне;
- наличием готовой специализированной сейсмометрической штольни;
- отсутствием на острове промышленной инфраструктуры.

В качестве датчика сигналов ВСШ применяется резонансный узкополосный вертикальный сейсмоприемник с чувствительным элементом в виде пьезокерамической пластины. Датчик помещен в герметичный корпус, внутри которого имеется усилитель сигналов ВСШ, необходимый для формирования динамического диапазона регистрации и работы с длинной линией связи, а также электронный калибратор, предназначенный для выработки импульса стабильного тока необходимой длительности. Чувствительность датчика с учетом предварительного усиления - не хуже  $10^9$  В/м. Частота собственных колебаний 30 Гц. Добротность - не менее 100. Регистрация огибающей ВСШ и аналогового сигнала скорости ветра производится с помощью цифрового регистратора японского производства DataMark LS8000SH.

Одна из основных целей исследований - выявление аномального отклика параметров ВСШ на процессы подготовки сильных землетрясений. Для обнаружения предвестника используется методика, разработанная на Камчатке в ходе многолетнего изучения вариаций компонент уровня ВСШ, имеющих периоды основных волн гравитационного потенциала. Оригинальным элементом методики является использование земных приливов в качестве эталонного воздействия, имеющего постоянные во времени характеристики. Предполагается, что в новой точке наблюдений выявленный ранее на Камчатке эффект будет иметь ряд особенностей, требующих дополнительного рассмотрения и учета.

По результатам регистрации ВСШ на о. Шикотан в 01.2005-08.2007 по методике, разработанной ранее для Камчатки, ретроспективно выявлены характерные эффекты подготовки некоторых наиболее сильных локальных (эпицентрально-расстояние до 160 км) землетрясений. Как и ожидалось при планировании установки станции ВСШ «Шикотан», здесь отмечена реакция анализируемого параметра на значительно более близкие к станции землетрясения, чем на Камчатке. Ведется адаптация разработанной ранее методики к особенностям новых материалов регистрации.

Работы по исследованию ВСШ на о. Шикотан поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований, гранты 03-05-79030, 04-05-65210, 07-05-00225.

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВУЛКАНА КЛЮЧЕВСКОЙ ЗА 1999-2007 гг.

*Сенюков С.Л., Нурждина И.Н., Дроздина С.Я.*

*Камчатский филиал Геофизической Службы РАН, Петропавловск-Камчатский, [sva02@emsd.ru](mailto:sva02@emsd.ru)*

Вулкан Ключевской (координаты вершины: 56° 04' с.ш., 160° 38' в.д.) – самый высокий, активный и мощный базальтовый вулкан Курило-Камчатской вулканической области. Абсолютная высота вулкана ~ 4750 м. Диаметр вершинного кратера, венчающего конус - около 700 м. Целью предлагаемой работы является продолжение исследований по пространственно-временному анализу землетрясений этого вулкана, проведенных Горельчик В.И. и Гарбузовой В.Т. для периода времени 1978-1996 гг [1].

В период с 01 января 1999 г по 30 апреля 2007 г были локализованы 37404 землетрясения (из них 34863 с  $K_s \geq 4.0$ ) в радиусе 7 км от вулкана и диапазоне глубин от –5 км до +35 км от уровня моря. Все события были разделены по глубине на 3 слоя: А) от –5 км до +5 км; Б) от +5 км до +20 км; В) от 20 км до 35 км. С помощью встроенных в пакет программ ZMAP [2] процедур были определены представительный класс ( $K_c$ ) и наклон графика повторяемости ( $\gamma$ ) для землетрясений в выделенных слоях по годам и за весь период исследований.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

- 1) представительный класс увеличивается с глубиной от 4.0 для слоя А) до 4.8 для слоя В);
- 2) слой Б) имеет наименьшее ( $\gamma=0.42$  за весь период исследований) и самое стабильное значение  $\gamma$  (изменяется от 0.38 до 0.53), это значение  $\gamma$  практически совпадает со значением  $\gamma=0.43$  для региональных тектонических землетрясений Камчатки;
- 3) в поверхностном слое А)  $\gamma=0.47$  за весь период исследований, и изменялась от 0.43 до 1.14 по годам;
- 4) слой В) имеет самые большие значения  $\gamma$  от 0.64 до 1.78, что превышает значения  $\gamma$  для слоев А) и Б).

Также было проведено исследование изменения центра выделенной сейсмической энергии. Центр выделенной сейсмической энергии (ц.в.с.э.) для выделенных суток определялся как землетрясение с координатами очага равными среднему значению трехмерных координат по землетрясениям, локализованным за эти сутки. А энергия ц.в.с.э. вычислялась как сумма энергий этих землетрясений. Было установлено, что наблюдался подъем ц.в.с.э. перед вершинными извержениями вулкана Ключевской в январе 2005 г. и в январе-феврале 2007 г. примерно за 7-10 дней до начала извержений в центральном кратере. Такой подъем ц.в.с.э. может служить хорошим формальным предвестником для прогноза вершинных извержений вулкана Ключевской.

### Список литературы

1. Горельчик В.И., Гарбузова В.Т. Сейсмичность Ключевского вулкана как отражение его современной магматической деятельности (хроника событий 1987-1996 гг. и особенности связанной с ними сейсмичности). Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский: Наука - для Камчатки, 2001.С.352-372.
2. Weimer, S. A software package to analyze seismicity: ZMAP// Seism.Res.Lett. 2001. 72. P. 373-382



## РАЗВИТИЕ СЕТИ СТАНЦИЙ РЕГИСТРАЦИИ СИЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ

*Синицын В.И., Воропаева Н.П., Попов Е.В., Козлов В.Н.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, sin@emsd.ru*

Сеть сейсмических станций для регистрации наиболее сильных, разрушительных землетрясений на территории Камчатской области начала развиваться в 1962 году с постановки на с/ст "Петропавловск" прибора УАР. С 1964 по 1999 годы сеть ССД активно развивалась и численность станций (ССРЗ, С5С-ИСО-II, АСРЗ, АСЗ, SМАС-Q), установленных на побережье и в г. Петропавловске, достигла 25. Эти приборы в основном предназначены для записей акселерограмм и используют регистрацию сигнала на фотопленку или высокочувствительную фотобумагу. Недостаточность финансирования в конце 90-х – начале 2000-х годов, физическое и моральное старение парка приборов, отсутствие расходных материалов привело к сокращению количества действующих аналоговых станций, которое составляет в настоящее время 5 "городских" и 8 "полевых".

Многочисленные недостатки приборов с фоторегистратией, такие, как малый динамический диапазон, отсутствие привязки к шкале точного времени, невысокая надежность привели в настоящее время к практически полному отсутствию записей ощутимых землетрясений. Поэтому в 2005 году на территории г. Петропавловска и Камчатского края развивается сеть ССД на основе цифровых регистраторов GSR-24 совместного российско-швейцарского производства (НПО "Вулкан", GeoSIG Ltd), оснащенных форс-балансными акселерометрами с большим динамическим диапазоном CMG-5T (Güralp Systems Ltd). Каждая станция оснащена антенной GPS, что обеспечивает привязку внутренней временной шкалы регистратора к времени UTC с точностью не хуже  $10^{-3}$  секунды в любой момент времени, а также непрерывную фиксацию собственных координат. Питание станций осуществляется от сети переменного тока 220В с резервированием от внутреннего аккумулятора. Основной режим регистрации – ждущий, с выявлением наличия события с применением алгоритма STA/LTA и/или по превышению входного сигнала заранее заданного уровня (пороговый триггер). Запись события производится на съемную внутреннюю флэш-карту энергонезависимой памяти. Станции по возможности оснащены телефонными модемами проводной или сотовой связи, что позволяет оперативно управлять параметрами регистрации, оценивать степень заполнения памяти, а также при необходимости скачивать отдельные события в центральный компьютер. В приборах ССД, размещенных на стационарных сейсмических станциях КФ ГС РАН, дополнительно включен режим пакетной передачи данных через СОМ-порт, что позволяет вести непрерывную запись акселерограммы на сервере. Основные технические параметры цифровой ССД:

- Разрядность АЦП 24
- Частота оцифровки, Гц 50, 100, 200
- Динамический диапазон регистрации, дБ, не хуже 120
- Максимальное регистрируемое ускорение, g 1
- Емкость флэш-карты, мб 64 ... 2048
- Автономность регистрации по резервному электропитанию, час 20
- Автономность регистрации по емкости памяти при  $F_r=50$  Гц, сут. 28

Численность цифровых станций ССД в 2007 году достигла девяти, в том числе 3 "городских" и 6 "полевых", а география размещения - от Олюторского района на севере Камчатского края, до о. Уруп (Сахалинская обл.).

Записи станций сильных движений как аналоговых, так и цифровых станций заносятся и хранятся в базе данных, реализованной на основе СУБД MySQL, и включает в себя таблицы - каталог землетрясений (класс  $\geq 9.5$ ), сведения о станциях сильных движений, каталог записей станций сильных движений. Начало данных - 1971 год, окончание - настоящее время. По состоянию на 1 января 2007 года база данных сильных движений содержит информацию о 2301 записях.

Важность задачи регистрации сильнейших землетрясений в таком сейсмоопасном регионе, как Камчатский край, обуславливает необходимость дальнейшего развития сети станций сильных движений на основе современных технологий мирового уровня. Численность станций, установленных в самых разнообразных условиях, должна достигать нескольких десятков и более.

## ПРИМЕНЕНИЕ КАМЧАТСКОЙ РЕГИОНАЛЬНОЙ GPS СЕТИ "КАМNET" ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗНОМАСШТАБНЫХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

*Титков Н.Н., Левин В.Е.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский,  
nik@emsd.ru*

В текущем году исполняется 10 лет работы Камчатской сети GPS наблюдений. Сейчас в режиме постоянных наблюдений работает 18 станций. Территория, охватываемая сетью, находится в области взаимодействия нескольких тектонических плит таких как Североамериканская, Евразийская, Тихоокеанская, а также Охотоморской и Берингийской субплит. Вследствие чего, картина деформаций крайне неоднородна. Хотя плотность сети недостаточна (среднее расстояние между станциями 200 км) для хорошего описания деформаций такого сложного района, но уже позволяет выделить зоны с разными, в плане деформаций, участками. Так юго-восточная часть п-ва Камчатка испытывает нагрузку от субдукции Тихоокеанской плиты. Здесь преобладают нормальные напряжения сжатия возрастающие к югу полуострова. Смещение пункта TIL (п. Тиличики) и распределение выявленных в процессе макросейсмического обследования нарушений земной поверхности от Олюторского землетрясения 20.04.2006 подтверждают существование в Корякии активного Хатырско – Вывенского разлома, расположенного между Североамериканской и Берингийской плитами с преобладающими касательными напряжениями.

Анализ перемещения пунктов сети КАМNET, проведенный относительно ближайших тектонических плит (Североамериканской и Евразийской), показывает, что движение Камчатки близко к движению Североамериканской плиты.

За время наблюдений были зарегистрированы:

- 1) косейсмические смещения от землетрясений, что дает возможность оценить радиус деформированной зоны;
- 2) предваряющие смещения для двух сильных землетрясений – Кроноцкого (M=7.8) 5.12.1997 и Олюторского (M=7.6) 20.04.2006;
- 3) значения скоростей постсейсмических деформаций;
- 4) скорость движения Берингийской субплиты.

## 50 ЛЕТ ДЕТАЛЬНЫХ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВАХ И КАМЧАТКЕ

*Федотов С.А.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

Курильские острова и Камчатка, Курило-Камчатская дуга является наиболее сейсмичным регионом России. Здесь происходит более 80 % всех землетрясений России, включая почти все сильнейшие, находятся все 70 действующих вулканов России (за исключением, возможно Эльбруса). Большие всесторонние сейсмологические исследования на Курильских островах и Камчатке столь же необходимы, как в других наиболее сейсмичных регионах мира, например, в Японии. Однако, до осени 1957 года здесь вели регистрацию только три сейсмические станции.

Еще в 1915 году в Петропавловске-Камчатском Центральной сейсмической комиссией Академии наук была открыта хорошо оснащенная для своего времени сейсмостанция, которая входила в сеть сейсмостанций России, созданную великим сейсмологом Б.Б. Голицыным. К сожалению, сейсмостанция прекратила непрерывную работу в 1918 году. Опорная сейсмическая станция ИФЗ АН СССР была открыта здесь только в 1951 году.

В конце 1946 года сейсмологические наблюдения начались в пос. Ключи на Камчатской вулканологической станции Лаборатории вулканологии АН СССР, которую возглавлял выдающийся ученый академик А.н. Заварицкий. (Сейсмогенная зона Курило-Камчатской дуги названа зоной Вадати-Заварицкого-Беньофа).

В 1952 году открылась сейсмическая станция в г. Курильск на острове Итуруп.

Этих трех станций было совершенно недостаточно. Было необходимо начинать детальные сейсмологические исследования на Курило-Камчатской дуге.

Это произошло в 1957 году, когда на Курильских островах, Камчатке и в прилегающих акваториях стала проводить обширные исследования Тихоокеанская комплексная геолого-геофизическая экспедиция (ТОКГГЭ) ИФЗАН. Они велись по XII разделу Программы Международного геофизического года (МГГ), сейсмология. В ТОКГГЭ был создан сейсмологический отряд, начальник с.А. Федотов.

2 сентября 1957 года С.А. Федотов с сотрудниками отряда высадился на Итурупе для организации сети сейсмических станций с целью изучения сейсмичности и глубинного строения Южных Курильских островов. С этого памятного дня в течение уже полувека ведутся непрерывные детальные сейсмологические исследования на Курильских островах и Камчатке.

В 1959 году сейсмологический отряд стал Тихоокеанской сейсмической экспедицией (ТСЭ) ИФЗАН. В 1957-1965 годах ТСЭ проводила исследования на Южных Курильских островах совместно с СахКНИИ СО АН СССР, а в 1961 году ТСЭ организовала совместно с КГГО СО АН СССР детальные сейсмологические исследования на Камчатке, где они успешно развивались и проводились с того времени ТСЭ ИФЗАН, ИВ ДВНЦ - ИВ ДВО РАН, КОМСП - КФ ГС РАН. В тематику исследований входили изучение сейсмичности, глубинного строения, связей сейсмичности с вулканизмом, сейсмический прогноз и многие другие задачи.

Развитие, итоги и достижения детальных сейсмологических наблюдений на Южных Курильских островах (1957-1965 гг.), на Камчатке в течение 25 и 40 лет (1961-1986 и 1961-2001 гг.) и 25 лет работ КОМСП ГС РАН (1979-2004 гг.) рассмотрены в ряде книг и статей (Федотов, Багдасарова, Кузин, Тараканов, 1969), (Федотов, 1987, 2002), (Гордеев, Чебров и др., 2004) и др.

В течение прошедших 50 лет в исследованиях участвовали многие сотни сотрудников и был выполнен гигантский объем разносторонних фундаментальных научных исследований и научно-прикладных работ. Их важность показывает, например, то, что на основании долгосрочных сейсмических прогнозов в 2006-2007 годах были даны три поручения Президента РФ В.В. Путина от 17.05.2006 г., 02.11.2006 г., 05.09.2007 г. и распоряжение Правительства РФ от 22.09.2007 г. принять меры по обеспечению сейсмотехнической безопасности и сейсмоукреплению в Камчатском крае. Названные события 2007 г. почти совпали по времени с 50-летием начала детальных сейсмологических исследований на Курильских островах и Камчатке.

## КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЦУНАМИ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

*Чебров В.Н.<sup>1</sup>, Гусев А.А.<sup>1,2</sup>, Гусяков В.К.<sup>3</sup>, Поплавский А.А.<sup>4,5</sup>*

<sup>1</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский

<sup>2</sup> Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

<sup>3</sup> Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск

<sup>4</sup> Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск

<sup>5</sup> Сахалинский филиал Геофизической службы РАН, Южно-Сахалинск

Геофизической службой РАН, Камчатским филиалом в 2006 г. в рамках Государственного контракта на выполнение НИОКР разработаны технические предложения по развитию системы сейсмологических наблюдений для целей предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России (СН СПЦ). В работе принимали участие специалисты ведущих институтов РАН (Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Институт физики Земли РАН, Институт океанологии РАН, Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН).

В основу создания всех национальных СПЦ на Тихом океане в основу положен сейсмический метод прогноза. Сейсмологические данные позволяют определить место возникновения и силу землетрясения и на этой основе оценить его цунамигенный потенциал. Использование этих характеристик составляет сущность так называемого магнитудно-географического критерия цунами-опасности. Основы метода в России (СССР) были разработаны в 50-60 годы XX века С.Л. Соловьевым, Г.И. Поповым, Н.В. Шебалиным.

Характерные черты действующей сегодня СПЦ: отсутствие автоматической обработки сейсмических данных и невозможность обработки в реальном масштабе времени по сети станций. Это приводит к низкой надежности и достоверности сигналов тревоги цунами. Число сейсмических станций несущих службу цунами на Дальнем Востоке РФ недопустимо мало. В связи с невозможностью своевременно довести сигнал тревоги цунами, вырабатываемый удаленными сейсмическими станциями, до населения не обеспечивается защита ряда населенных пунктов с высокой опасностью цунами. Датчики и методики, используемые сегодня в системе предупреждения о цунами, во многом принципиально устарели.

Проведен анализ исходных данных и предпосылок развития СН СПЦ в целях повышения оперативности и надежности предупреждения о цунами, рассмотрены основные функции и задачи системы сейсмологических наблюдений в СПЦ.

При разработке концепция развития СН СПЦ рассматривались вопросы: научно-информационного и методического обеспечения развития СН СПЦ; структура СН СПЦ; структура, функции, техническое и программное обеспечение сейсмических станций и региональных информационно-обрабатывающих центров (РИОЦ); система связи СН СПЦ; работа СН СПЦ в режиме оповещения о цунами от землетрясений в ближней и дальней зоне; требования по выходным данным СН СПЦ и задержкам по выдаче сигналов оповещения о цунами; требования к энергообеспечению и пр.

Концептуальная проработка общих технических и методических решений и средств направлена на повышение эффективности оперативного прогноза цунами по сейсмологическим данным и непрерывного сейсмического мониторинга территории Дальнего Востока Российской Федерации и мира.

Реализация разработанной концепции СН СПЦ должна обеспечить:

- повышение защищенности от воздействия цунами населенных пунктов Дальнего Востока России, расположенных на побережьях полуострова Камчатка, Курильских островов, острова Сахалин и на берегах Японского моря;
- уменьшение задержки времени на оповещение населения о возможности цунами по сейсмологическим данным от начала регистрации землетрясения до 3 минут на локальном уровне, 7 минут на региональном уровне, 15 минут на межрегиональном уровне;
- снижение числа ложных тревог цунами.

**ОБ ОРГАНИЗАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКОГО И GPS-МОНИТОРИНГА  
РАЙОНА МУТНОВСКОГО ВУЛКАНА И МУТНОВСКОГО ГЕОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
КОМПЛЕКСА В РАМКАХ ПРОЕКТА НАУЧНОГО БУРЕНИЯ  
MSDP (MUTNOVSKY SCIENTIFIC DRILLING PROJECT)**

*Чебров В.Н., Кугаенко Ю.А., Левин В.Е.*

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский*

В настоящее время для рассмотрения в Международную программу научного бурения (International Continental Scientific Drilling Program, ICDP, <http://www.icdp-online.org>) подан проект MSDP исследования связи магматической системы Муновского вулкана и Мутновского геотермального месторождения с использованием научного бурения. В комплекс предпроектных работ (2008-2011 гг.) включена организация сейсмических и GPS-наблюдений в этом районе, которая может быть выполнена коллективом КФ ГС РАН.

В 1999-2002 гг. на Камчатке у подножья Мутновского вулкана создан Мутновский геотермальный комплекс общей мощностью более 60 МВт, включающий две геотермальные электростанции (ГеоЭС): Мутновскую и Верхне-Мутновскую. Он обеспечивает более 25 % потребности в электроэнергии центрального энергоузла Камчатской области, куда входят города Петропавловск-Камчатский и Елизово. Проблемы, возникающие при промышленной эксплуатации Мутновского месторождения парогидротерм относятся к вопросам обеспечения энергетической безопасности региона. Мутновский геотермальный комплекс находится в непосредственной близости от двух действующих вулканов: Мутновского и Горелого, а по карте общего сейсмического районирования ОСР-97-с относится к 10-балльной зоне для объектов повышенного уровня ответственности. Несмотря на это, в районе Мутновского месторождения отсутствуют системы наблюдений, как за местной сейсмической активностью, так и за современными движениями земной коры. Проблему, возможно, удастся решить в рамках проекта MSDP.

Отсутствие систем геофизических наблюдений в районе Мутновского вулкана и геотермального комплекса привело к потере уникальных данных, связанных с началом разработки месторождения парогидротерм. Остались неопределенны как параметры фоновой локальной сейсмичности этого района, так и фоновые деформационные характеристики среды, невозмущенной промышленной эксплуатацией. Особую ценность имела информация первых лет изъятия теплоносителя из недр. Потеря этих данных и отсутствие системы мониторинга является слабой стороной разрабатываемого проекта MSDP, который направлен на изучение взаимосвязи и взаимовлияния Мутновского вулкана и Мутновской гидротермальной системы, а также поиск путей обеспечения геотермального комплекса теплоносителем в необходимых объемах.

В докладе рассматривается проблема отсутствия геофизического мониторинга в районе Мутновского месторождения высокотемпературных геотермальных вод и Мутновского вулкана, где в настоящее время функционирует комплекс геотермальных электростанций. Приведены предложения о конфигурации локальной сейсмической группы. Представлена планируемая в рамках проекта MSDP сеть GPS-GLONASS-наблюдений.

Проблема контроля и исследования состояния промышленно эксплуатируемых гидротермальных месторождений является новой для российской сейсмологии и геофизики. В организации слежения за разработкой гидротермальных систем должны быть заинтересованы не только ученые, но и, в первую очередь, недропользователи и территориальная администрация. Данные, полученные на Камчатке, указывают на нарушения естественного равновесия среды вследствие эксплуатации гидротермальной системы. Оценка масштабов этих нарушений при отсутствии современных систем наблюдений не представляется возможной. Необходимо использовать имеющийся опыт и в других районах, где планируется или уже ведется разработка гидротермальных систем. В первую очередь это относится к Курильским островам и Северному Кавказу, которые также являются геодинамически активными районами. Результаты таких исследований должны быть использованы при составлении планов эксплуатации геотермальных месторождений.

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА  
И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ,  
УЧРЕЖДЕНИЙ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ И ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ,  
А ТАКЖЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ЕЁ РАЗВИТИЯ**

*Шушлин В.Н.*

*Областное государственное учреждение "Центр обеспечения действий по гражданской обороне  
и чрезвычайным ситуациям в Камчатской области" при управлении делами аппарата  
администрации Камчатской области*

1. Цели и задачи создания территориального Центра мониторинга и прогнозирования ЧС в составе Областного государственного учреждения "Центр обеспечения действий по гражданской обороне и чрезвычайным ситуациям в Камчатской области" при управлении делами аппарата администрации Камчатской области, как информационно-аналитического звена Камчатской территориальной подсистемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (Камчатская система РСЧС), функционирующей с целью своевременного выявления причин возникновения чрезвычайных ситуаций, определения возможных масштабов и характера развития чрезвычайной ситуации и смягчению их социально-экономических последствий.

2. Работа ТЦМП по совершенствованию системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, в том числе учреждений сети наблюдения и лабораторного контроля гражданской обороны, а также разработке и внедрению в установленном порядке показателей риска на территориях и объектах экономики.

3. Основные организации и службы, осуществляющие работу по наблюдению и контролю за состоянием окружающей природной среды.

4. Взаимодействие Главного управления МЧС России по Камчатской области и организаций, заключивших договор о взаимодействии при решении задач в области мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

5. Порядок и сроки предоставления прогнозов возникновения и развития ЧС. Использование прогноза.

6. Основные проблемные вопросы проведения мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций, при переходе к работе на территории вновь образованного Камчатского края.