

**Работы
МОЛОДЫХ
исследователей**

ОСОБЕННОСТИ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ОКРАИНЫ ТИХОГО ОКЕАНА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 12 ТЫС. ЛЕТ

Акманова Д.Р.

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

В связи с проблемой прогноза вулканических извержений важной задачей является определение закономерностей их распределения в пространстве и во времени. Обзор опубликованных данных, число которых весьма незначительно, показывает, что миграция вулканической активности отмечена как в пределах отдельно взятых вулканических центров ($V=3\div 22000$ км/млн. лет), так и пределах вулканических дуг ($V=100\div 900$ км/год). Выявленные значения скоростей миграции лежат в больших пределах: $10^{-5}\div 10^3$ км/год.

Исследование распределения извержений в пространстве и во времени проводилось с использованием данных «однородного» по активности временного интервала 250 до н. э. – 2005 гг., в течение которого извергалось $N=427$ вулканов. Суммарное число их извержений составило 4881. В качестве пространственной координаты вулкана L (извержения) использовалось расстояние вдоль линии, примерно совпадающей с осями глубоководных желобов, общей протяженностью 454000.

В качестве «энергетической» характеристики извержений, аналогичной магнитуде землетрясений M , была использована классификация извержений (Simkin, Siebert, 1993), основанная на количестве (объеме) извергнутого материала: $1 (\approx 10^3 \text{ м}^3) \leq W \leq W_{\max} = 7 (\approx 10^{10} - 10^{11} \text{ м}^3)$. Исследование пространственно-временного распределения тихоокеанских извержений проводилось в плоскости с осями «расстояние вдоль дуги L – время t ».

В результате для извержений с объемами изверженных пород (по классификации Simkin, Siebert) $W \geq 6$ ($N=23$) выявлена следующая закономерность: все извержения на плоскости с осями $L-t$ группируются в пределах семи узких зон, вытянутых вдоль отрезков линий, имеющих близкие «наклоны» и отстоящие друг от друга на одинаковые отрезки времени.

Таким образом, показано, что достаточно сильные извержения вулканов в пределах окраины Тихого океана имеют тенденцию мигрировать «по часовой стрелке», т. е. в направлении от Новой Зеландии через Алеутские острова к южной Америке, со скоростью около 100 км/год.

Полученные данные о скоростях миграции позволяют предположить, что волны миграции сейсмической и вулканической активности являются проявлениями более общего геодинамического планетарного процесса, проявляющегося в различных геофизических полях.

СТАНЦИЯ КАМЕНСКОЕ КАК КОМПЛЕКСНЫЙ ПУНКТ GPS И СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Бахтияров В.Ф., Сероветников С.С.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский

Станция Каменское, самый северный пункт Камчатской GPS и сейсмологической сети, работает с 1996 г. Здесь установлены двухчастотный GPS приемник Ashtech и сейсмостанция на базе датчиков STS-1. Станция работает как единое целое, что позволяет осуществлять дистанционный контроль аппаратуры и получать текущую информацию.

Приводятся результаты работы станции. Обсуждаются проблемы обслуживания и механизм контроля и передачи информации по телефону.

О МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОГЕОСЕЙСМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ ИСТОЧНИКОВ И СКВАЖИН

Воропаев П.В.

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

В результате режимных наблюдений на самоизливающихся скважинах и источниках в сейсмоактивных районах обнаружены предшествующие и сопутствующие землетрясениям изменения дебитов, температуры, химического и газового состава подземных вод. Среди таких изменений можно выделить два типа гидрогеосейсмических аномалий: 1 - связанные с изменением порового давления и разгрузки подземных вод (гидрогеодинамические) и 2 – связанные с изменением физико-химических показателей подземных вод: минерализации и концентраций растворенных минеральных и газовых компонентов химического состава воды (гидрогеохимические), а также температуры воды.

Для объяснения аномалий химического состава подземных вод при сейсмических воздействиях привлекаются следующие механизмы: 1) увеличения растворимости минерального скелета подземными водами при повышении флюидного давления, следствием которого является рост концентраций химических элементов, 2) поступления в водоносный горизонт флюидов при разрушении пор, 3) смешения вод ранее изолированных водоносных горизонтов и подтока глубинных флюидов.

В работе используются данные многолетних наблюдений Камчатского филиала Геофизической службы РАН на Пиначевских источниках, Камчатка. Выполнена схематизация гидрогеологических условий в водоносной системе, питающей источники. Представлена математическая модель, основанная на механизме смешения вод ранее изолированных горизонтов и подтока глубинных флюидов в невозмущенных условиях и при сейсмическом воздействии. Выполнено моделирование шести ярко выраженных постсейсмических гидрогеохимических аномалий в режиме Пиначевского источника 1. Хорошее соответствие результатов моделирования фактическим данным подтверждает правомерность применения данного механизма для объяснения возникающих гидрогеохимических аномалий.

На основе изучения особенностей косейсмического отклика дебита источника 1 оценены зависимости амплитуды увеличения дебита источника от параметров землетрясений (магнитуда M , гипоцентрального расстояния R). С помощью данной зависимости удалось определить группу землетрясений с сопоставимыми характеристиками, не вызвавшими увеличение дебита источника, а также разделить землетрясения, вызвавшие изменение дебита источника, на три типа: с «нормальным», с «повышенным» и с «пониженным» откликом дебита источника. Выявлено группирование во времени событий с относительно слабой косейсмической реакцией дебита источника на стадиях подготовки сильных ($M \geq 6.8$) камчатских землетрясений.

ГРЯЗЕВОЙ ВУЛКАНИЗМ О. САХАЛИН И ЕГО СВЯЗЬ С ЕСТЕСТВЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТЬЮ В РЕГИОНЕ

Ершов В.В.^{1,2}

¹ *Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, ershov@imgg.ru*

² *Сахалинский государственный университет, Южно-Сахалинск*

Сахалин – это единственный регион в России на Дальнем Востоке, где известны наземные грязевые вулканы. Наиболее крупным и известным из них является Южно-Сахалинский грязевой вулкан, расположенный в зоне Центрально-Сахалинского взбросо-надвига.

Как правило, при изучении грязевого вулканизма основное внимание уделяется стадиям бурных извержений, и практически полностью игнорируются промежуточные между ними грифонные стадии. Между тем, бурные извержения являются достаточно редкими событиями, которых недостаточно для понимания общих особенностей грязевулканических процессов и их связи с другими природными процессами и явлениями.

Ранними исследованиями установлен ряд фактов, позволяющих говорить о возможной связи деятельности грязевых вулканов о. Сахалин с естественной сейсмичностью в регионе. Однако они имеют единичный и отрывочный характер. Между тем, полноценные и обоснованные выводы могут быть сделаны только при наличии больших и непрерывных массивов данных, полученных к тому же в условиях разной сейсмической активности в регионе.

В период с 20 июня по 3 сентября 2005 г. и с 21 июля по 1 октября 2006 г. нами был организован мониторинг грифоновой деятельности Южно-Сахалинского грязевого вулкана, включавший в себя непрерывные наблюдения за динамикой элементного состава изливаемой водогрязевой смеси (анализируемые элементы – Al, Fe, Ca, Mn и Ba), температуры водогрязевой смеси и дебита газа в грифонах. Целями работы были анализ изменчивости указанных параметров и поиск пространственно-временных корреляций между ними и сейсмическими событиями в регионе.

Измерения летом 2005 г. проведены в условиях относительно низкой сейсмической активности в регионе, тогда как измерения летом 2006 г. получены в условиях сейсмической активизации – Горнозаводского землетрясения 17(18) августа 2006 г. с $M_S=5.6$ в юго-западной части о. Сахалин.

По результатам наблюдений показано, что температура водогрязевой смеси в грифонах имеет статистически значимые линейные связи с температурой воздуха, температурой поверхности грязевого поля (параметр характеризует тепловую инерцию грифона) и временем. Для ряда грифонов выборочный множественный коэффициент детерминации на указанные факторы достигает 0.95. На графиках остатков, полученных после удаления функции регрессии (вычисленной методом наименьших квадратов), видно, что для измерений 2006 г. для ряда грифонов имеются достаточно сильные экстремумы (в течение нескольких дней после Горнозаводского землетрясения), которые отсутствуют для измерений 2005 г.

Дебит газа по измерениям 2005 г. характеризуется наличием слабой периодической составляющей. На уровне значимости 0.05 выделены две гармоники с периодами 74 и 37 суток, вклад которых в общую дисперсию временного ряда составляет соответственно 13.4 и 29.3 %. Для измерений 2006 г. наблюдаются резкое увеличение дебита газа в 2-5 раз после Горнозаводского землетрясения и его последующее постепенное снижение до исходного уровня.

Для измерений 2005 г. выделены даты статистически значимых изменений элементного состава. В трех из четырех случаев они совпадают с датами групп слабых сейсмических событий, гипоцентры которых локализованы в достаточно небольшой области, попадающей предположительно на главный сместитель Центрально-Сахалинского разлома. Для измерений 2006 г. временные ряды элементного состава имеют локальные экстремумы в окрестностях даты, соответствующей Горнозаводскому землетрясению. Дисперсия выборки для каждого из элементов в 2-5 раз больше аналогичного показателя для лета 2005 г., что свидетельствует о существенно большей изменчивости элементного состава.

Полученные данные позволяют говорить о наличии связи между грязевым вулканизмом и естественной сейсмичностью в регионе, которая проявляется, прежде всего, в отклике вулкана на сейсмические события.

ЭЛЕКТРОННАЯ БАЗА ЭТАЛОНОВ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ И СОПУТСТВУЮЩИХ ИМ ВУЛКАНИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ ДЛЯ ВУЛКАНА КАРЫМСКИЙ

Кожевникова Т.Ю.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, sva02@emsd.ru

Вулкан Карымский, один из самых активных вулканов на Камчатке, находится в центральной части Восточного вулканического пояса. Координаты вершины: 54° 03' с. ш., 159° 26' в. д. Абсолютная высота вулкана - 1536 м, диаметр кратера - около 250 м.

С 1996 г. по настоящее время вулкан находится в стадии постоянного извержения с периодами покоя и бурной вулканической активности. Пепловые облака от его деятельности представляют реальную опасность для рейсов самолетов местных и международных авиалиний. Создание электронной базы эталонов сейсмических сигналов и сопутствующих им сейсмических событий позволит определять состояние вулкана даже при отсутствии визуальных наблюдений и тем самым снизить опасность авиационных полетов от пепловых облаков.

База создана как Web страница в формате htm. Она содержит информацию о пепловых выбросах, лавинах, газовых продувках и парогазовой деятельности вулкана в виде таблиц, сейсмограмм, рисунков и видеороликов.

За период с 1999 по 2007 гг. были исследованы сейсмические сигналы телеметрической станции «KRY», расположенной на юго-восточном склоне в 1.5 км от кратера, сопровождавшие различные стадии извержения вулкана. В результате сопоставления записей сейсмических сигналов и визуальных наблюдений, а также данных спутниковых снимков, было определено, что все проявления вулканической активности сопровождаются сейсмическими событиями.

В результате спектрально-временного анализа всех подтвержденных визуально событий было установлено, что пепловые выбросы обычно начинаются с сигнала с частотой 1-1.5 Гц, который впоследствии увеличивается до 2.5-4.0 Гц. Для пепловых выбросов со звуком или обломочных лавин частота последующего сигнала достигает 5.5 Гц. Парогазовые выбросы и газовые продувки обычно сопровождаются сигналами с частотами 1.0-1.5 Гц без последующего увеличения. С помощью данного метода возникает возможность корректной интерпретации сейсмических записей. Также установлена корреляция суммы амплитуд огибающей сейсмического сигнала и высоты соответствующего пеплового выброса. В результате проведенных исследований была найдена линейная зависимость между высотой выбросов в метрах и суммой значений огибающей в условных единицах.

О МИГРАЦИИ ТИХООКЕАНСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ОБЛАСТИ МАГНИТУД $M > 8$

Осипова Н.А.

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

Многочисленными исследованиями доказано, что миграция очагов землетрясений является одним из основных свойств сейсмического процесса. Полученные значения скоростей миграций землетрясений лежат в больших пределах: 10^{-2} см/с $\leq V \leq 1$ км/с. Анализ данных о миграции тихоокеанских землетрясений показывает: между энергией волны (магнитудой мигрирующих землетрясений) и значением её скорости существует прямопропорциональная зависимость, что указывает на нелинейную, солитонную природу таких волн. При этом значения скоростей миграции эпицентров землетрясений в области магнитуд $M \approx 8.0$ составляют 250 ± 30 км/год ≈ 1 см/сек.

В работе анализировались данные о тихоокеанских землетрясениях с $M > 8.0$, произошедших в 1361-2005 гг. Были определены скорости миграции очагов землетрясений с $M \geq 8.4 \div 8.5$, значения которых лежат в пределах $100 \div 3000$ км/год. Полученные данные находятся в хорошем соответствии с ранее опубликованными результатами.

РАЗЛИЧИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРА γ ДЛЯ ГРУППИРОВАННЫХ И НЕЗАВИСИМЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Коновалова А.А.¹, Салтыков В.А.^{1,2}

¹ Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский

² Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский

Работа направлена на подтверждение теоретического положения о том, что величина наклона графика повторяемости γ для группированных событий отличается от значений для независимых. Выясняется необходимость удаления афтершоковых последовательностей из каталога землетрясений перед расчетом γ путем сравнения значений наклонов и их погрешностей определения S_γ , посчитанных для афтершоков и фона, а также оценки влияния афтершоков на окончательные результаты при использовании неочищенного каталога.

В работе использовался уточненный региональный каталог землетрясений Камчатского филиала Геофизической Службы РАН (<http://www.emsd.iks.ru>).

График повторяемости строился кумулятивным способом. Расчет γ проведен по методу наибольшего правдоподобия. При этом применялась формула (Аки, 1965) с поправкой на использование энергетического класса K вместо магнитуды M :

$$\gamma = \log_{10} e \cdot \frac{1}{\sum_i^N \frac{K_i}{N} - K_0}$$

где N – число всех сейсмических событий в выбранной для расчета области пространства-времени-энергии, K_i – энергетический класс землетрясения, K_0 – минимальный энергетический класс, соответствующий нижнему уровню надежной регистрации землетрясений.

В данной работе расчеты проводились при нескольких порогах (минимальных значениях) числа используемых землетрясений $N \geq 100, 50$ и 25 , то есть был зафиксирован максимальный уровень относительной ошибки определения γ – $0.1, 0.14$ и 0.2 , соответственно.

В пространстве область афтершоков оценивалась как 2σ -эллипс рассеяния их эпицентров согласно двумерному Гауссовскому распределению.

Далее для каждой пространственной зоны афтершоков в виде эллипса производилась выборка независимых событий, эпицентры которых попали в эту область за время детальных сейсмологических наблюдений. Для каждого из выделенных эллипсов рассчитывались γ афтершоковой последовательности и γ независимых событий по приведенным выше формулам.

Для сравнения величин наклонов графика повторяемости афтершоков и фона использован параметр Z – разность $\Delta\gamma = (\gamma_{aft} - \gamma_{all})$, нормированная на ошибку ее определения:

$$Z = \frac{(\gamma_{aft} - \gamma_{all})}{\sqrt{S_{\gamma_{aft}}^2 + S_{\gamma_{all}}^2}}$$

Проведен статистический анализ распределения параметра Z . За нулевую гипотезу H_0 принята гипотеза о равенстве наклонов графика повторяемости афтершоковых последовательностей γ_{aft} и фоновых событий γ_{all} : $\gamma_{aft} = \gamma_{all}$. Для проверки нулевой гипотезы использовался критерий Колмогорова-Смирнова. Во всех трех случаях ($N \geq 100, 50$ и 25) эмпирические функции распределения Z не совпадают с теоретическими. Полученный уровень значимости $\alpha = 0.15$. Отсюда можно сделать вывод о статистически значимом различии наклона графика повторяемости группированных и независимых землетрясений и, следовательно, обоснована необходимость удаления группированных событий из каталога.

Средневзвешенная ошибка $\Delta\gamma$ для расчетов наклона при неочищенном каталоге, составляет $0.075, 0.035$ и 0.029 для $N \geq 100, 50$ и 25 соответственно, т. е. величина $\Delta\gamma$ монотонно убывает при уменьшении порогового числа афтершоков N . Таким образом, длинные афтершоковые последовательности вносят большие искажения при расчете γ , чем короткие, хотя число последних существенно больше.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИЕМНОЙ СТАНЦИИ МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ ГРОЗ НА КАМЧАТКЕ И ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ ВСТУПЛЕНИИ ВО ВСЕМИРНУЮ СЕТЬ СТАНЦИЙ

Мельников А.Н., Санников Д.В., Чернева Н.В., Дружин Г.И., Пухов В.М.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Паратунка, Камчатский край

Всемирная сеть месторасположения гроз (WWLLN) состоит приблизительно из 25 (планируется 50) рабочих приемных станций гроз по всему миру. Каждая из этих станций посылает в центральный обрабатывающий компьютер точное время прибытия импульса грозового разряда («атмосферика») на станцию. С помощью этой информации со всех станций и точного месторасположения станции можно определить расположение грозовых разрядов по Земле. Одну из таких станций планируется установить на Камчатке, где будет определяться местоположение гроз в Дальневосточном регионе с точностью до нескольких километров.

АНАЛИЗ ВОЗМУЩЕНИЙ ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИХ СЕЙСМИЧЕСКИМ СОБЫТИЯМ, С ПРОСТРАНСТВЕННО РАЗНЕСЕННЫХ СТАНЦИЙ НАБЛЮДЕНИЯ

Купцов А.В., Ларионов И.А., Мищенко М.А., Марапулец Ю.В., Шадрин А.В.

Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Паратунка, Камчатский край, micle@ikir.kamchatka.ru

Представлены результаты анализа возмущений высокочастотной геоакустической эмиссии, полученных в период с 1.10.2002 г. по 31.12.2006 г. с разнесенных на 20 км пунктов наблюдения.

С 2001 г. на измерительных пунктах ИКИР ДВО РАН «Микижа» и «Карымшина» производится одновременная регистрация сигналов геоакустической эмиссии в диапазоне частот 0.1 Гц – 10 КГц. Синхронизация времени осуществляется посредством GPS-приемников.

Измерительные системы идентичны и состоят из четырех совмещенных пьезокерамических направленных гидрофонов, ориентированных по сторонам света (кроме запада) и вертикально вниз. Условия мест установки систем различаются как по геометрическим размерам водоемов, так и по орографии местности, что оказывает влияние на формы принимаемых сигналов. Одна система размещена на дне озера Микижа в равнинной местности, вторая – в искусственном водоеме размерностью 2×2×2 м в низине, окруженной с трех сторон сопками с высотами более 1000 м.

При анализе использовались метеорологические данные с метеостанций ИКИР, а также данные по сейсмической обстановке, предоставляемые Камчатским филиалом ГС РАН. Для выявления и анализа геоакустических аномалий использовались современные методы численного анализа с использованием нейронных сетей.

В результате проделанной работы сопоставлены каталоги сигналов геоакустической эмиссии на измерительных пунктах наблюдения «Микижа» и «Карымшина» в период с 1.10.2002 по 31.12.2006 гг. и проведена их первичная статистическая обработка. Установлено, что многие сейсмические события предварялись в суточном временном интервале аномальным увеличением уровня геоакустической эмиссии в виде резкого продолжительного (несколько часов) повышения амплитуды в высокочастотной области.

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВУЛКАНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЛЕВАЯ ШКОЛА

Мельников Д.В., Маневич А.Г.

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

Проблема подготовки молодых учёных является очень значимой для российской науки. Это касается всех областей знаний, в том числе и вулканологии. Существует общемировая практика проведения полевых школ для молодых специалистов с привлечением известных учёных в качестве лекторов и преподавателей. Такие полевые школы имеют наибольшую положительную отдачу в вопросе подготовки специалистов, т. к. занятия происходят на конкретных природных объектах, изучаются реальные процессы и явления. В этом отношении Камчатка, с её огнедышащими вулканами, является уникальной и представляет собой своеобразную «лабораторию под открытым небом». В результате совместной деятельности Камчатского государственного университета им. Витуса Беринга, Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и Университета Аляски Фэрбенкс (США), начиная с 2003 г., на Камчатке проходят регулярные молодёжные полевые школы по вулканологии.

Работа школы построена по принципу проведения геологических экскурсий, которые сопровождаются лекциями и экспериментальными работами. Полевые экскурсии проводятся в районе Мутновского и Горелого вулканов. В ходе этих занятий участники лагеря получают теоретические и практические представления о геологической истории района, основных стадиях формирования Мутновского и Горелого вулканов, о Мутновском геотермальном районе, общих физико-химических аспектах вулканологии. В различные годы основные геологические маршруты и лекции проводили ведущие сотрудники Камчатского научного центра ДВО РАН и Сибирского отделения РАН. Большая роль в организации полевой школы и проведении теоретических лекций по вулканологии и петрографии принадлежит профессору Университета Аляски (г. Фэрбенкс, США) Джону Айкельбергеру. Участниками полевой школы являются российские и зарубежные студенты и аспиранты. Всего за пять лет в работе полевой школы приняли участие около 150 молодых учёных. География участников достаточно широкая: Россия – Петропавловск-Камчатский, Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Южно-Сахалинск; США – представители из практически всех ведущих университетов и колледжей страны. В школе также принимали участие студенты из Германии, Канады, Австралии и Японии.

Каждый участник полевой школы имеет возможность представить презентацию своих научных проектов. Это является очень важным моментом, так как все участники могут познакомиться с научными интересами друг друга, найти общие темы, обсудить новые данные и методы исследований. Следует также упомянуть о том, что полевая школа на Камчатке тесно связана с подобной школой, проводимой профессором Джоном Айкельбергером на Аляске в национальном парке Катмай. Ежегодно несколько российских студентов, прошедших отбор во время школы на Камчатке, получают возможность посетить вулканологическую школу на Аляске.

ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММ РАСЧЕТА ГИПОЦЕНТРОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ (DIMAS, ARC, НММ) НА ТОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КАМЧАТСКОЙ СЕТИ РАДИОТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

Назарова З.А.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, sva04@emsd.ru

Одной из приоритетных задач Камчатского филиала Геофизической службы является выбор одной программы расчета гипоцентров для создания окончательного каталога при оперативной обработке. С этой целью было проведено тестирование программ DIMAS (автор Дроздин Д.В.), ARC (автор Гусев А.А.), НММ (автор Ландер А.В.) в условиях камчатской радиотелеметрической сети станций.

При проведении тестирования на первом этапе была решена прямая задача, определены времена вступлений Р и S волн на станции существующей сети. В этом эксперименте, как заложено в программах определения гипоцентров, радиотелеметрические станции располагались на уровне моря. Были равномерно заданы положения 12 эпицентров. Далее, проецируя события на глубины, которые изменялись с шагом 20 км, в диапазоне глубин от 0 до 220 км, были получены положения 144 гипоцентров. Для заданных событий вычислялись эпицентральные расстояния до сейсмических станций в рамках плоской (декартовой системе координат) модели. Затем по эпицентральному расстоянию и заданным глубинам определялись времена вступлений Р и S волн с использованием годографов, рассчитанных по скоростной одномерной модели А.П. Кузина (Кузин, 1974). Каждый годограф был аппроксимирован полиномом шестой степени. Время вступления вычислялось подстановкой эпицентрального расстояния в полученный полином с точностью до 0.2 с. Рассчитанные времена вступлений Р и S волн и зафиксированные гипоцентры в количестве 144 в дальнейшем считались тестовыми данными. Тестирование программ проводилось для локальной модели в диапазоне глубин от 0 до 220 км и расстояний от 0 до 520 км.

Сравнение проводилось для решений полученных тремя программами при использовании исходных файлов с одинаковыми тестовыми данными. Точность решений определялась по отклонению результата от заданного в тесте гипоцентра. В итоге тестирования программа DIMAS дала наименьшие отклонения рассчитанных гипоцентров от заданных в модели для большинства событий.

Для определения программы, наиболее устойчивой к возможным ошибкам при снятии времен вступлений в тестовые данные (времена вступлений) были внесены ошибки по случайному закону: 1) незначительные ошибки: $\Delta t_p = (-0.3 - 0.3 \text{ с})$, $\Delta t_s = (-0.5 - 0.5 \text{ с})$, и 2) грубые ошибки $\Delta t_p = (-1 - 1 \text{ с})$, $\Delta t_s = (-3 - 3 \text{ с})$. Данная проверка показала, что программа DIMAS наиболее устойчива к возможным ошибкам при снятии времен вступлений.

СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Пантюхин Е.А.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский

Геофизические наблюдения (электротеллурические, гидрогеодинамические, гидрогеохимические, гидрометеорологические, геомагнитные и др.) проводятся на Камчатке в течение нескольких десятилетий. В этих работах в разные годы принимали участие Институт вулканологии, Институт вулканической геологии и геохимии ДВО РАН, Камчатский центр мониторинга сейсмической и вулканической активности, Камчатский филиал Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН) и другие организации.

С 1997 года КФ ГС РАН обеспечивает функционирование трех пунктов измерения теллурических потенциалов (Шипунский, Верхняя Паратунка, Тундровый), расположенных на расстоянии от 13 до 100 км от г. Петропавловска-Камчатского. Наблюдательные системы на этих пунктах представляют измерительные линии длиной от 20 до 100 м, ориентированные в различных направлениях. Передача данных регистрации разности теллурических потенциалов осуществляется в оперативном режиме средствами геофизической радиотелеметрической системы, разработанной в КФ ГС РАН.

Дополнительная информация, необходимая для оперативного анализа вариаций геофизических параметров, включает ежедневные данные гидрометеорологических наблюдений (осадки, температура воздуха, атмосферное давление) на метеостанции Пионерская Камчатского управления по мониторингу и контролю окружающей среды и данные Оперативного каталога землетрясений Камчатки КФ ГС РАН.

В результате протяженных во времени экспериментов по регистрации разнообразных геофизических, геохимических, деформометрических и других параметров формируются временные ряды, которые служат для изучения их изменений во времени. Временной ряд представляет собой последовательность числовых значений, каждому из которых соответствует некоторое значение времени. Обычно временные ряды отсортированы по возрастанию во времени, т. е. каждому последующему числовому значению ряда соответствует большее значение времени, чем предыдущему значению.

В зависимости от распределения значений ряда во времени выделяют два типа временных рядов:

- равномерно распределенные временные ряды, для которых интервал между любыми двумя соседними значениями ряда является постоянной величиной;
- неравномерно распределенные временные ряды, для которых временной интервал между соседними значениями ряда может меняться.

В связи с тем, что для оперативного анализа используются данные из различных источников, потребовалась создание системы сбора и централизованного хранения данных геофизических наблюдений. Для этих целей была разработана и создана в лаборатории Геофизических исследований КФ ГС РАН информационная система «Полигон» (Копылова, Латыпов, Пантюхин, 2003). В рамках ИС «Полигон» реализована возможность одновременной работы с обоими типами временных рядов. Характер распределения временного ряда определяет набор операций, которые можно применять к временному ряду или совокупности рядов. Разработанная и созданная ИС «Полигон» позволила существенно увеличить скорость и эффективность обработки и анализа текущих данных геофизических наблюдений. Помимо увеличения скорости оперативной обработки текущих данных, использование ИС «Полигон» позволяет эффективно работать с ранее накопленными данными, содержащимися в централизованной БД геофизических наблюдений.

МЕТОДИКА РЕГИСТРАЦИИ РАДОНА (^{222}Rn) НА ПЕТРОПАВЛОВСК - КАМЧАТСКОМ ГЕОДИНАМИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ

Паровик Р.И.¹, Фирстов П.П.²

¹ *Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
Паратунка, Камчатский край, roman84@mail.ru*

² *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский*

В данной работе рассмотрен ряд методик по регистрации и выявлению аномалий в динамике поведения объемной активности подпочвенного радона (OA Rn) перед землетрясениями на Камчатском геодинамическом полигоне. Исследована как методика непосредственной регистрации OA Rn на разных глубинах относительно поверхности земли, так и методика регистрации плотности потока OA Rn на дневной поверхности (ППР). Наряду с имеющейся эмпирической формулой для ППР (формула Яковлевой), предложен алгоритм расчета ППР радона, который представляет собой решение соответствующей обратной задачи массопереноса радона. Данный алгоритм был реализован в программе РЭКСЭМ для обработки экспериментальных данных. Алгоритм прошел апробацию на сети станций мониторинга OA Rn на Камчатке.

В качестве экспериментальных данных был взят временной ряд данных концентрации радона за период 20 июля - 29 августа 2006 г. на станции «Институт» (ИНС), которая располагается рядом со зданием Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. Регистрация OA Rn осуществлялась в подпочвенном воздухе на глубине один метр от пола подземного бункера (зона аэрации), а также с поверхности пола. Подземный бункер имеет размеры $2 \times 2 \times 2 \text{ м}^3$. Над ним на поверхности земли установлен металлический контейнер. Подземный бункер через контейнер и систему труб вентилируется за счет естественной конвекции воздуха.

В ходе анализа экспериментальных данных на выявление аномалий в динамике OA Rn перед сейсмическим событием выяснилось, что регистрацию целесообразно производить в закрытом контейнере. Здесь значения аномалии составили 172% от фона. Также можно выделить альтернативу-регистрацию не самой OA Rn , а ее ППР. В этом случае по формуле Яковлевой аномалии составили 162% от фона, а по предложенному нами алгоритму - 167% от фона. Если проводить регистрацию OA Rn в зоне аэрации и на земной поверхности, то рост аномалий составит всего 115% и 130% от фона соответственно.

Эта аномалия предвещает усиление сейсмичности у берегов полуострова Камчатка. По оперативным данным Камчатского филиала Геофизической службы РАН после двухмесячного сейсмического затишья 17 и 20 июля у берегов Камчатки произошли землетрясения с локальной магнитудой 5.9 и 5.8 соответственно. Очаги этих землетрясений располагались на севере (55.54° с. ш.) и на юге (49.6° с. ш.) полуострова Камчатка на удалении более 350 км от пункта регистрации. В районе южной Камчатки (51.19° с. ш.) 24 августа на удалении 190 км от пункта ПРТ произошло самое сильное землетрясение с $M_L=6.2$, а 1-2 сентября прошла серия землетрясений на юге Кроноцкого и в Авачинском заливах. Эпицентр самого сильного толчка с магнитудой $M=5.6$ располагался в 110 км от пункта регистрации.

Оживление сейсмичности на всей протяженности северного фланга Курило-Камчатской островной дуги дает основание предполагать увеличение скорости движения Тихоокеанской плиты, что могло привести к перестройке регионального поля напряжений. Поэтому аномалию, четко выраженную в ППР можно объяснить увеличением конвективной составляющей в массопереносе Rn в рыхлых отложениях.

ПОИСК ВЛИЯНИЯ ЛИТОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ИОНОСФЕРНЫЙ СЛОЙ F_2 МЕТОДАМИ НЕПРЕРЫВНОГО И ДИСКРЕТНОГО ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Богданов В.В., Павлов А.В.

*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
Паратунка, Камчатский край, mds@yandex.ru*

В данной работе проводился поиск проявлений литосферных процессов на ионосферных высотах в слое F_2 , которые могли бы быть отнесены к возможным прогностическим признакам сильных землетрясений п-ова Камчатка. Как показали исследования влияния процессов в литосфере сейсмоактивных районов на формирование предвестников на ионосферных высотах, одним из чувствительных параметров является критическая частота f_oF_2 . Однако регистрация надежного прогностического признака сейсмического события в вариациях ионосферных параметров сталкивается с серьезными трудностями, которые заключаются в том, что они проявляются на фоне возмущений, инициированных солнечной и литосферной активностью.

Для выявления аномальных эффектов в сигнале критической частоты f_oF_2 п-ва Камчатка накануне сильных землетрясений ($K \geq 12.5$) за 2000, 2001 и 2002 гг., из исследуемого сигнала вычитался сигнал f_oF_2 Магадана за аналогичные периоды. К найденной разнице были применены методы непрерывного и дискретного вейвлет-преобразования. Конструкция вейвлет-разложения дает возможность детально исследовать структуру нестационарных сигналов и выявить как локальные высокочастотные, так и глобальные крупномасштабные составляющие сигнала, что облегчает анализ и изучение скрытых различными шумовыми факторами закономерностей, содержащихся в сигнале. В качестве базисных функций в процессе разложения использовались ортогональные вейвлеты Добеши 3-го порядка. Данные базисные функции имеют компактный носитель, что позволяет получать при обработке разрывных функций результаты с наименьшей погрешностью, и хорошо согласуются с формой сигнала. Непрерывное вейвлет-преобразование было вычислено до 1024 масштабного уровня. Дискретное вейвлет-преобразование производилось до 4-го уровня разложения. Полученные результаты вейвлет-преобразования для сигналов критической частоты f_oF_2 за указанные временные периоды были сопоставлены с данными сейсмического каталога п-ова Камчатка.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗОН ГЕОАКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Пережогин А.С., Шевцов Б.М., Сагитова Р.Н., Водинчар Г.М.

*Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Паратунка,
Камчатский край*

При проведении геоакустических наблюдений на станциях Карымшина и Микижа регистрируются предвестники землетрясений в килогерцовом диапазоне частот за сотни километров от эпицентров. Интенсивность геоакустической эмиссии возрастает за несколько часов до сейсмического события, что связано с изменением напряженно-деформированного состояния среды. Фоновый уровень акустических сигналов соответствует относительной приливной деформации 10^{-8} . В период подготовки землетрясения усиливается отклик геоакустических сигналов на изменение деформаций горных пород.

В настоящей работе рассмотрена модель зон геоакустической эмиссии. На основе математической модели простой сосредоточенной силы в упругом полупространстве выполнены расчеты полей напряжений и деформаций для землетрясений. Показано пространственное распределение зон геоакустической эмиссии, соответствующих различными уровнями сдвиговых деформаций. Уровень сдвиговых деформаций горных пород превышает приливные на расстоянии первых сотен километров для сейсмических событий $K > 12$, что объясняет наличие предвестника в геоакустической эмиссии на большом удалении от эпицентра.

В рамках рассматриваемой модели проведен расчет поля векторов смещений. Найдено отклонение векторов смещения от радиус-векторов точек пространства. В предположении, что максимум акустического излучения совпадает с вектором смещения, удалось получить согласование модельных расчетов с наблюдаемым отклонением пеленга акустического сигнала от направления на источник деформаций.

Породы в районе станций наблюдений являются осадочными. Анизотропия геоакустических эмиссии во многом определяется механизмами генерации акустических сигналов в осадочных породах. В работе предложены возможные механизмы генерации, определяющие направление акустического излучения в результате упругопластических деформаций осадочных пород.

РОЛЬ ПЛАНЕТ И ПЛАНЕТНЫХ ГРУПП В АКТИВНОСТИ СОЛНЦА

Пономарева О.В.^{1,2}

¹ *Камчатский государственный университет им. В. Беринга, Петропавловск-Камчатский*

² *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
ponomareva_ov@list.ru*

Принято считать, что за солнечную активность со средним периодом 11 лет «ответственен» Юпитер. В настоящем исследовании доказывается, что Юпитер (в составе планет-гигантов) отвечает лишь за так называемую «долгопериодную» активность Солнца. За «короткопериодную» активность с $T_s = 11.083$ лет ответственны планеты земной группы.

В настоящем исследовании Солнечная активность была «разложена» на две составляющие: **W**-активность (число пятен), и **B**-активность – активность Солнца, обусловленная его движением относительно барицентра Солнечной системы (т. н. барицентрическая активность).

В исследовании был применён метод инвариантного моделирования – метод «математического портретирования» процессов. Определены периоды активности Солнца различной продолжительности, ранее определявшиеся исследователями эмпирически, например, т. н. цикл Глайсберга имеет точное значение ($T_s = 83.027$ лет) и др.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУР ТЕРМАЛЬНЫХ АНОМАЛИЙ НА
АКТИВНЫХ ВУЛКАНАХ КАМЧАТКИ В 2006-2007 ГГ. С ЦЕЛЬЮ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРЕДВЕСТНИКОВ ИХ ИЗВЕРЖЕНИЙ ПО ДАННЫМ
СЕНСОРА AVHRR СПУТНИКОВ NOAA 16 и NOAA 17**

Соболевская О.В., Сеньюков С.Л.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, sva06@emsd.ru

На территории полуострова Камчатка располагается 29 действующих вулканов. Камчатский филиал Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН) проводит мониторинг активности действующих вулканов с целью оценки вулканической опасности. Одним из методов наблюдений является спутниковый мониторинг термальных аномалий и пепловых выбросов на основе обработки и интерпретации данных датчика AVHRR спутников NOAA 16 и 17.

Прием данных осуществляет Камчатский центр связи и мониторинга. Начиная с сентября 2002 г., обработка данных сенсора AVHRR осуществляется ежедневно в лаборатории исследований сейсмической и вулканической активности КФ ГС РАН с помощью программы ReadHRPT, и результаты публикуются в Интернете (<http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm>) (Сеньюков, 2004; Сеньюков и др., 2006). Благодаря помощи Института космических исследований (программа переформатирования L1f-L1b) и Аляскинской вулканологической обсерватории (программа ENVI 4.0) в октябре 2006 г. были начаты измерения температур термальных аномалий.

Для термальных аномалий определяются количество пикселей, их ориентация относительно вершин вулканов и максимальная температура. Параметры аномалий замеряются на вулканах и пирокластических потоках, а температурный фон – на прилегающей к вулкану поверхности. Для вулканов Шивелуч, Ключевской, Безымянный и Карымский температура аномалии определяется относительно температуры лавового потока из Второго конуса Северного прорыва в районе вулкана Плоский Толбачик. За точку отсчета принята температура этого потока, так как она сохраняется приблизительно постоянной в течение длительного периода времени (извержение закончилось в 1976 г.).

В результате исследований было установлено, что перед извержениями вулканов Шивелуч, Ключевской и Безымянный наблюдается появление термальной аномалии и рост ее температуры (или только рост) в период времени от одной до нескольких недель перед извержением. На вулкане Карымский термальная аномалия наблюдается только в периоды извержений.

Полученная информация сопоставляется с сейсмическими, визуальными и видео данными, что позволяет более надежно проследить процесс подготовки вулкана к извержению. Результаты наблюдений за температурой термальных аномалий используются в качестве дополнительного параметра к данным сейсмического мониторинга для прогноза извержений вулканов Камчатки.

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРЕНИЙ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ДИАПАЗОНЕ 0-20 КГЦ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ
НА ИСЗ «ДЕМЕТЕР» (ФРАНЦИЯ) НАКАНУНЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
В КОРЯКИИ 20.04.2006.**

Богданов В.В., Шумилова А.Л.

*Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Паратунка,
Камчатский край, als41@mail.ru*

В докладе приводятся и обсуждаются результаты вейвлет-обработки ОНЧ-излучений электромагнитного поля в интервале 0-20 кГц, зарегистрированных в верхней атмосфере вблизи сейсмического события в Корякии (20.04.2006 г. 23:24:55 UT, $\varphi = 61.06$ $\lambda = 167.58$, $h = 3.5$ км, $K = 15$). Использовались данные, снятые микроспутниковой платформой ДЕМЕТЕР, в рамках экспериментов ICE и IMSC, одной из задач которых является глобальный поиск и мониторинг электромагнитных сигналов над зонами землетрясения и определение природы этих сигналов. Данные со спутника представляли собой спектры частот электрического и магнитного поля с частотным разрешением 19.53 Гц и усредненные каждые 2.048 с. Рассматривались полуорбиты, чьи траектории проходили вблизи эпицентра в течение 7 дней до и после землетрясения, а также полуорбиты, взятые случайным образом в сейсмически спокойное время. Необходимые блоки данных были представлены в виде непрерывного вейвлет-преобразования с оценкой вейвлет-коэффициентов. Далее был выполнен расчет суммы вейвлет-коэффициентов по всем масштабным уровням, которая характеризует распределение энергии исследуемого сигнала по частоте. В результате разложения было замечено, что в сейсмически спокойное время наибольшая энергия сигнала приходится на средний диапазон ОНЧ электрического и магнитного поля (приблизительно 8000-15000 Гц), а в течение 7 дней до события максимум энергии электрического поля смещается в сторону меньших частот.

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭЛЕКТРОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Юшко В.А.

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский,
vikayushko@rambler.ru*

В течение нескольких десятилетий на Камчатке проводится мониторинг электротеллурического поля (ЭТП) с целью обнаружения предвестников землетрясений. В основе многолетнего эксперимента лежит предположение о том, что процессы подготовки землетрясений находят отклик в вариациях ЭТП. Камчатским филиалом Геофизической службы РАН проводится регистрация разности электротеллурических потенциалов на измерительных линиях трех пунктов с использованием радиотелеметрической системы, в том числе на пункте Верхняя Паратунка (ВП).

Известно, что комплексное воздействие внешних и внутренних факторов-помех на вариации ЭТП проявляется в широком диапазоне частот. Это существенно затрудняет выделение аномальных сигналов, связанных с сейсмичностью. Поэтому интерпретация экспериментальных данных регистрации ЭТП должна выполняться с учетом влияния факторов-помех.

Целью данной работы являлось исследование вариаций разности электротеллурических потенциалов на трех измерительных линиях пункта ВП для выделения сигналов синхронизации в их совместном поведении (как возможных предвестников сильных землетрясений) с учетом сезонного фактора и геомагнитной активности. Обработка данных проводилась с использованием методов фрактального анализа и канонических когерентностей (Любушин, Максютова, 2007; Любушин, Соболев, 2006).

В работе использовались часовые временные ряды наблюдений за вариациями разностей электротеллурических потенциалов на измерительных линиях 1, 3, 4 длиной 70-100 м, за период с 1.10.1996 г. по 23.06.2001 г. В качестве внешнего фактора влияния на изменения ЭТП рассматривались вариации среднесуточного К-индекса геомагнитной активности Земли предоставленные Институтом космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН. В качестве внутреннего фактора, вызывающего сезонные изменения ЭТП, использовались данные о вариациях температуры воздуха, полученные с метеостанции «Пионерская» Камчатского гидрометеоцентра.

Выполнен анализ фрактальных свойств трех временных рядов разностей электротеллурических потенциалов, включающий оценку спектров сингулярности в скользящем временном окне заданной длины и их характеристических параметров: α^* - обобщенного показателя Херста, α_{\max} и α_{\min} – минимального и максимального значения показателя Гельдера-Липшица, $\Delta\alpha$ – разности между величинами α_{\max} и α_{\min} , $F(\alpha^*)$ – фрактальной размерности носителя меры. Диагностика скрытых сигналов синхронизации в изменении шумовых компонент ЭТП выполнялась путем построения частотно-временных диаграмм эволюции покомпонентных канонических когерентностей 3-хмерного временного ряда вариаций обобщенных показателей Херста. Выполнено их сопоставление с эволюцией логарифма спектра мощности вариаций среднесуточного К-индекса геомагнитной активности в частотно-временной области и сезонными изменениями температуры воздуха.

Обнаружено, что выявленные сигналы синхронизации в изменениях 3-хмерного ряда обобщенных показателей Херста по времени соответствуют повышенной возмущенности геомагнитного поля Земли и весенне-летним периодам с положительными температурами воздуха. Отдельные сигналы синхронизации по времени соответствуют периодам подготовки и реализации наиболее сильных ($M \geq 6.3$) землетрясений на гипоцентральных расстояниях до 150 км от пункта ВП.