

**Технические и программные  
средства геофизического  
мониторинга**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ БАНКА СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ  
КАМЧАТСКОГО ФИЛИАЛА ГС РАН  
И ОБМЕН ДАННЫМИ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ**

*Бахтиярова Г.М, Левина В.И.*

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

Необходимым условием успешного геофизического мониторинга является возможность оперативного доступа к данным всех заинтересованных сторон. В КФ ГС РАН в рамках лаборатории сводной обработки ведется банк сейсмологических данных, который включает в себя оперативные и окончательные каталоги землетрясений, бюллетени региональных сейсмических станций и станции «Петропавловск», подробные станционные данные о землетрясениях, данные о макросейсмических проявлениях землетрясений, данные службы срочных донесений, данные о магнитудах и механизмах камчатских землетрясений, а также сейсмологический бюллетень ГС РАН. По данным оперативного каталога, бюллетеней сейсмических станций, оперативного каталога US GS составляется база волновых форм, которая включает в себя записи землетрясений Северо-западной окраины Тихого океана на всех цифровых сейсмических станциях сети КФ ГС РАН.

Станционные данные о временах приходов сейсмических волн передаются в международный центр в Ньюбери, а также в Геофизическую службу РАН в Обнинск, где их используют при составлении каталога землетрясений мира.

В составе банка имеется несколько десятков файлов и баз данных, которые включают в себя информацию о более чем 100000 землетрясений.

Для проведения постоянного геофизического мониторинга заинтересованным лицам выдается ежедневная, еженедельная и ежегодная информация о землетрясениях, происходящих на территории Камчатки, Командорских островов и Северных Курил, а также Корякского автономного округа. Каталог основных параметров землетрясений доступен по сети INTERNET.

## ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ КОМПЛЕКСНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

*Власов Ю.А., Гаврилов В.А., Денисенко В.П., Федористов О.В., Яковлева Ю.Ю.*

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

В последние семь лет Институтом вулканологии и сейсмологии ДВО РАН достаточно активно ведется разработка новых методов геофизического мониторинга напряженно-деформированного состояния геосреды, ориентированных на краткосрочный прогноз землетрясений. В рамках этих работ на нескольких пунктах в районе г.Петропавловска-Камчатского в настоящее время проводятся непрерывные геоакустические измерения с установкой датчиков в скважинах на глубинах более 1000 м, измерения естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ) с использованием подземной электрической антенны, контроль изменений плотности воды в скважине, измерения уровня воды в скважине. Также проводится ряд временных измерений (экспериментов) в рамках других видов геофизических наблюдений.

Для проведения измерений разработан комплекс телеметрической аппаратуры и программных средств. Основу аппаратуры измерительных пунктов составляют микропроцессорные измерительные контроллеры, использование которых позволяет производить предварительную цифровую обработку геофизических данных в реальном масштабе времени, в том числе, осуществлять сжатие данных в целях их дальнейшей передачи по узкополосным каналам связи. Последняя модификация разработанного варианта измерительного контроллера дает возможность проводить измерения по 18 дифференциальным измерительным каналам с использованием 24-разрядного АЦП с частотой дискретизации 32 Гц на канал, а также по 10 служебным каналам. В режиме реального времени производится усреднение данных на минутном интервале, что позволяет уменьшить объем передаваемых данных на несколько порядков (до 170 кБ). Ток потребления измерительного контроллера составляет менее 18 мА при напряжении питания 5÷30 В. Данные измерений сохраняются в энергонезависимой флэш-памяти, объем которой позволяет накапливать данные в течение 12 суток. Передача данных осуществляется по запросу оператора из Центра сбора информации ИВиС ДВО РАН. В качестве каналов связи применяются проводные телефонные линии и канал GSM сотовой связи с реальной скоростью передачи 6-7 кбод. Время передачи суточного объема данных по каналу сотовой связи составляет менее 4 минут. Предусмотрен также режим считывания данных непосредственно на измерительном пункте с помощью переносного компьютера.

## ПОРТАТИВНЫЙ РЕГИСТРАТОР ВОДОРОДА ДЛЯ ПЛОЩАДНОЙ СЪЁМКИ И МОНИТОРИНГА

*Воропаев В.Ф.<sup>1</sup>, Кузьмин Ю.Д.<sup>1</sup>, Лунатов В.М.<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> ГЕОХИ, Москва

Водород играет важную роль в химических процессах земной коры. Благодаря своей подвижности он быстро достигает поверхности Земли и является источником оперативной информации о процессах, происходящих в её глубинных недрах. Он быстрее других газов проходит через породы, хотя и первым улетучивается из газовой смеси.

Величина концентрации водорода зависит как от места отбора пробы (шурф, скважина, шахта и пр.), геологических условий места наблюдения, так и от тектонической активности региона. Последнее предполагает изменение концентрации водорода в воздухе во времени – в течение часов, суток, месяцев и т.д.

В связи с этим представляет интерес, как проведение съёмки на местности для поиска естественных выходов водорода и картирования неоднородностей геологической среды, так и мониторинг концентрации водорода в выбранной точке.

Аппаратура для проведения таких работ должна иметь высокую чувствительность по водороду (0.3 – 0.5 ppm), быть автономной, компактной и экономичной, регистрировать координаты точки наблюдения и основные климатические параметры газовой пробы: влажность, атмосферное давление, температуру.

В КФ ГС РАН совместно с ГЕОХИ разработан опытный образец регистратора "Маршрут", предназначенного для водородной съёмки на местности.

В основе работы датчика водорода, применённого в регистраторе, лежит механизм конверсии молекулярного водорода в протоны на каталитической поверхности датчика с последующим переносом их через протонопроводящую мембрану в виде ионного (протонного) тока. На противоположной стороне мембраны протоны обратно конвертируются в молекулярный водород на другой каталитической поверхности. Разность концентрации водорода между двумя каталитическими поверхностями приводит к возникновению градиента протонов в мембране и соответственно ионного тока, который регистрируется на последовательно включенной нагрузке.

Для определения координат и точного времени используется подключаемый внешний прибор GPS (типа HiCom 204E), связанный с регистратором по интерфейсу RS-232.

Газовый поток создаётся микронасосами, снабжёнными автоматическими регуляторами оборотов.

Накопление данных производится в подключаемой внешней энергонезависимой (EEPROM) памяти ёмкостью 192 кБ.

Питание регистратора обеспечивается от внешней аккумуляторной батареи (9В, 6.6 Ач) или другого источника питания с напряжением от 7 до 12 В.

В комплект регистратора также входит блок чтения данных с сетевым источником питания.

Регистратор имеет восемь режимов работы позволяющих вести съёмку пешеходную или с транспортного средства, выполнять длительные наблюдения в выбранной точке, производить калибровку датчиков, проверять записанные результаты измерений и т. д.

## СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СЕЙСМИЧЕСКОГО МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ, ИЗЫСКАНИЯХ ПОД СТРОИТЕЛЬСТВО И СЕЙСМИЧЕСКОМ УСИЛЕНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КАМЧАТКИ

*Делемень И.Ф., Аносов Г.И., Константинова Т.Г.*

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

Представлены результаты многолетних сейсмогеологических исследований авторов, выполненных при проведении сейсмического микрорайонирования, изысканиях под строительство и сейсмическом усилении зданий и сооружений на территории Петропавловск-Елизовской агломерации, других населённых пунктов Камчатки. Работы по уточнению сейсмогеологических условий и сейсмическому микрорайонированию (СМР), включают комплексные инженерно-геологические, инструментальные геофизические и сейсмологические исследования и математическое моделирование методом расчёта синтетических сейсмограмм в соответствии с нормативными рекомендациями и с учетом карты ОСР-97. При расчётах используются параметры сценарных землетрясений (по А.А. Гусеву и Л.С. Шумилиной), типичных для основных зон ВОЗ юго-восточной части Камчатского региона. Установлено, что наибольшую опасность для участков, расположенных в северной части г. Петропавловск-Камчатский на средних грунтах, представляют сценарные землетрясения Fz9, PЕТ и Vul. По данным СМР выбираемые под строительство площадки в большинстве случаев в сейсмическом отношении являются неоднородными. Расчётные спектральные характеристики микросейсмических колебаний и синтетических акселерограмм показывают, что за счёт изменения литологического состава пород на участке, рельефа поверхности и глубины залегания зеркала подземных вод в пределах территории одной площадки расчетная балльность может изменяться в пределах до 0.5 баллов как в сторону уменьшения, так и в сторону ее увеличения относительно средней балльности по участку. Примечательно, что границы таких изменений достаточно резкие и соответствуют фациальным границам или ярко выраженным элементам рельефа. Исследования на достаточно большом количестве площадок (более 20) позволили также сделать вывод, что приращения сейсмической интенсивности по методу сейсмических жесткостей на площадке при снятии верхних 4-х метров приповерхностного низкоскоростного слоя могут составить -0.08...-0.35 балла относительно средних грунтовых условий эталонной точки IX (участок 10) в г. Петропавловске-Камчатском.

Особое внимание по полученным результатам СМР следует обратить на приуроченность относительно худших в сейсмическом плане грунтов к линейным зонам, приуроченным к захороненным распадкам. Неполная выемка таких отложений приводит к развитию неоднородных деформаций зданий, которые могут превышать критические значения, предусмотренные СНИПами. Оценка возможных сотрясений свидетельствует о возможности развития в таких частях площадок нелинейных реакций грунтов на сотрясения от землетрясений при превышении ими магнитудного порога 6.5 баллов. Эти последствия могут привести к резкому (в 6-10 раз) увеличению вертикальной компоненты и зарождению крутильных колебаний значительной амплитуды (особенно при значительном превышении длины здания над его шириной).

Обращено внимание на то, что до последнего времени при строительстве на Камчатке недостаточно учитываются вторичные природные сейсмические опасности и неблагоприятные условия. Наибольшую опасность представляют обвалы и оползневые явления, особенно в прибрежных зонах полуострова и в горных районах. В пределах вулканических территорий существует опасность крупных секторных обрушений вулканических построек.

Разжижению при землетрясениях подвержены в основном пылеватые пески и супеси лагунного происхождения.

Определённую опасность представляет также образование сейсмогенных рвов. Следует иметь в виду, что нередко при палеосейсмологических реконструкциях сейсмогенные рвы могут быть ошибочно приняты за сейсмогенные разрывы.

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

**ИНТЕРАКТИВНАЯ ПРОГРАММА  
ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ “DIMAS”**

*Дрознин Д.В.*

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

Программа DIMAS предназначена для визуализации и детального цифрового анализа сигналов в операционных системах Windows и Windows NT. Программа имеет простое функциональное меню, и ориентирована на стандартные форматы данных SEED, SEG-Y, DATAMARK, REFTEK, GSR, ASCII и т.п.

В настоящее время в КФ ГС РАН с помощью программы производится оперативная и окончательная обработка землетрясений. Ежедневно в оперативном режиме определяются параметры всех землетрясений, которые зарегистрированы, по меньшей мере, пятью станциями в течение минувших суток (время UTC).

## **МЕТОД СТОЯЧИХ ВОЛН В СЕЙСМИЧЕСКОМ МИКРОРАЙОНИРОВАНИИ, В ИЗУЧЕНИИ БЛОЧНЫХ СРЕД И В ИСПЫТАНИИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ**

**Еманов А.Ф.<sup>1,2</sup>, Бах А.А.<sup>1</sup>, Красников А.А.<sup>1</sup>, Черных Е.Н.<sup>3</sup>, Еманов А.А.<sup>1,2</sup>, Лескова Е.В.<sup>1,2</sup>,  
Филина А.Г.<sup>1</sup>, Янкайтис В.В.<sup>1</sup>, Ворона У.Ю.<sup>1</sup>, Коркишко Т.М.<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*

<sup>3</sup> *Институт земной коры СО РАН, Иркутск*

Когерентные волны в сейсмологии - довольно распространённое явление. Когерентность наблюдается при наличии интерференции волн, чего в сейсмических волновых полях достаточно. При этом мы при изучении сейсмических волновых полей наблюдаем когерентность разного типа: когерентность в пространстве, когерентность во времени, когерентность по элементам избыточной по информативности системы наблюдений, когерентность по лучу и т.п. Свойство когерентности волны даёт возможность отфильтровать её от волн, не обладающих этим свойством.

Наиболее известна в сейсмологии когерентность во времени. При этом, говоря о когерентности, необходимо указывать, между чем и чем когерентность во времени мы наблюдаем. В данном докладе мы будем использовать когерентность во времени между записями колебаний разных точек пространства.

Решение волнового уравнения для замкнутых объёмов распадается на два слагаемых: одно описывает бегущие волны, а второе – стоячие волны. Доказана теорема, согласно которой решение по стоячим волнам не зависит от начальных условий. В данном случае это означает, что особенности формирующихся стоячих волн не зависят от источника колебаний. Как следствие из этой теоремы следует, что для стоячей волны отношение амплитуд в двух точках пространства и разность фаз в этих точках не зависит от времени. Иначе говоря, стоячие волны, зарегистрированные в разных точках пространства, когерентны во времени.

Свойство когерентности стоячих волн во времени позволило применить к обработке волновых полей метод восстановления когерентных составляющих с целью получения из разновременных наблюдений с опорной точкой одновременных записей стоячих волн на детальной системе наблюдений в исследуемом объекте. В рамках данного метода для каждой стоячей волны строится карта амплитуд, карта фаз и карты точности построенных карт. Построение карт осуществляется автоматически компьютером и зависит от экспериментального материала и особенностей методики наблюдений.

Применение метода стоячих волн для изучения резонансных свойств верхней части разреза по записям микросейсм позволило исследовать целую серию стоячих волн с шириной резонанса около 0.1 Гц и построить карты усиления колебаний на этих частотах, а так же карты точности этих карт. Точность изучения характеристик стоячих волн в значительной степени зависит от длительности регистрации в каждой из точек. Установлено, что стоячие волны, выделенные по материалам регистрации 10 и более часов, не зависят от начала отчёта времени. Точность изучения стоячих волн 5-20% достигается при длительности регистрации около суток. Для г. Осинники (Кузбасс) построен набор карт усиления колебаний на фиксированных частотах. Дано сравнение с картой сейсмического микрорайонирования, построенного при исследованиях стандартным методом коллективом ВостСибТИСИЗА. Если взять для каждой точки карты максимальный коэффициент усиления независимо от частоты, то построенная карта максимальных коэффициентов усиления колебаний сопоставима с картой микросейсмического районирования, построенного стандартным методом. Карты отличаются степенью детальности. Применение метода стоячих волн к изучению зданий позволяет получать высокоточные данные по серии резонансов зданий при временах регистрации 10-20 минут. Совместное применение метода стоячих волн для сейсмического микрорайонирования и испытания зданий даёт возможность объективней оценивать сейсмическую опасность городов.

Стоячие волны, формирующиеся в блочных средах, по картам когерентности позволяют определять границы блоков. В иерархически устроенных средах мы видим общие стоячие волны для серии мелких блоков, объединённых в крупные и локальные стоячие волны для каждого из мелких блоков. Отмеченные особенности дают основание думать о перспективности метода стоячих волн для изучения блочной структуры горных систем по системе сейсмологических станций, дополненных сетью временных станций.

## НАУЧНО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ МЕТРОЛОГИИ СЕЙСМОМЕТРИИ

*Захарченко Н.З.*

*Геофизическая служба РАН, Обнинск Калужской обл.  
[zakharchenko@gsras.ru](mailto:zakharchenko@gsras.ru)*

Вопросы метрологической аттестации и поверки сейсмических датчиков являются одними из трудноразрешимых в течение последних десятилетий. Было создано несколько поколений испытательного оборудования, но его параметры постоянно оказываются ниже требуемых для современных датчиков. Существующие в области метрологии сейсмометрии законодательные акты фактически не соответствуют современному уровню развития сейсмометрии ни в методическом, ни в техническом аспектах.

Геофизика как наука об измерениях объектов естественной (геологической) среды отличается от физики, изучающей объекты, доступные только количественным измерениям, тем, что включает в себя не только количественные измерения, но и сравнительные, и классификационные. Это связано с тем, что при геофизических измерениях часто может отсутствовать основной атрибут количественных измерений – модель погрешности.

В соответствии с буквой закона о Единстве измерений под измерением физической величины понимают совокупность операций по применению технического средства, хранящего единицу физической величины, обеспечивающих нахождение соотношения (в явном или неявном виде) измеряемой величины с ее единицей, и получение значения этой величины. Причем по окончании измерения необходимо получить не только значение физической величины, но и оценить точность результата измерения.

Существуют мнения специалистов, что, следуя определениям и сути Закона о единстве измерений, измерения в области сейсмометрии нельзя назвать измерениями (точнее количественными измерениями) по следующим причинам:

- не создан физико-математический аппарат, описывающий измерения в области параметров поля упругих колебаний, а соответственно отсутствует основной атрибут количественных измерений – модель погрешности
- базисные параметры поля упругих колебаний - это аргументы волнового уравнения, которое является главным инструментом изучения этого поля. Это величина смещения колеблющихся в волне частиц, а также скорость и ускорение их смещения, а также величина механического напряжения в упругой волне.

Строго говоря, на сегодняшний день ни одна из этих субстанций не имеет своего эталона, и, соответственно, измерена быть не может. Созданный государственный эталон может воспроизводить одновременно только одну составляющую вектора движения.

Сложившаяся во многих отраслях в конце 80-х и в 90-х годах ситуация отставания метрологического обеспечения от уровня развития техники была одним из толчков появления Федерального Закона о техническом регулировании (27 декабря 2002 года N 184-ФЗ), одним из принципов которого является “соответствие технического регулирования уровню развития национальной экономики, развития материально-технической базы, а также уровню научно-технического развития”.

Важным моментом является то, что периодическая калибровка датчиков в метрологических центрах с использованием испытательного оборудования невозможна. Демонтаж широкополосных датчиков и повторная их установка являются сложными длительными и трудоемкими процедурами, требующими высококвалифицированных специалистов. В международной практике такие процедуры также не используются. Существуют разные методы косвенной калибровки, но для их широкого использования должны быть разработаны, утверждены и узаконены методические указания (ведомственный стандарт) на калибровку сейсмических датчиков.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АППАРАТУРЫ ДЛЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Мишаткин В.Н.*

*Геофизическая служба РАН, Обнинск Калужской обл., vmish@gstras.ru*

В сейсмометрии всегда существовали и продолжают существовать проблемы, связанные с ограниченными возможностями аппаратуры для регистрации сейсмических сигналов. Относительная длина сейсмических волн изменяется, в зависимости от их скорости распространения, от нескольких метров до более чем 10000 км. Диапазон амплитуд, которые должны быть зарегистрированы, - от нанометра (нм) до дециметров (дм).

Развитие аппаратуры для сейсмических наблюдений всегда было направлено, в первую очередь, на расширение частотного и увеличение динамического диапазона каналов регистрации. Современные датчики и регистраторы еще не позволяют регистрировать весь диапазон сигналов одним каналом регистрации. На настоящем этапе является важным регистрировать сигналы со столь большой полосой пропускания, с такими высокими линейностью, разрешением и динамическим диапазоном, насколько это возможно, и сохранять первичную информацию с наименьшими искажениями.

Достижения 10-15 последних лет в разработке современных форс-балансных сейсмических датчиков, в соединении с 24-х разрядным кодированием сигналов, позволяют регистрировать сейсмические волны в очень широкой полосе частот с чрезвычайно высоким разрешением и с намного большим динамическим диапазоном, чем был возможен в дни аналоговой сейсмологии. Современные компьютерные аппаратные средства и разностороннее программное обеспечение анализа чрезвычайно облегчают задачу всестороннего и точного анализа сейсмограммы. Это позволяет рутинно определять параметры, которые несколько десятилетий назад были далеко за пределами возможностей анализа сейсмограмм. Прецизионное хранение времени и его чтение на записях стало несоизмеримо меньшей проблемой, чем это было во время до создания и внедрения в сейсмометрии GPS (Глобальной Навигационной Системы). Распространение в глобальном масштабе высокоскоростных линий связи устранило любые технические барьеры широкому, близкому к реальному времени обмену данными, в том числе о волновых формах.

В настоящее время отсутствуют реальные предпосылки для развития сейсмической аппаратуры в главном направлении, и новые разработки направлены, прежде всего, на расширение возможностей и удобство применения сейсмической аппаратуры. Создается широкая гамма скважинных датчиков, улучшаются характеристики донных приборов. Расширяются возможности регистрирующей техники.

Рассматриваются вопросы применения и эксплуатационные особенности различных моделей современных датчиков, регистраторов в различных системах сбора сейсмических данных. В сейсмических областях с высоким риском регистрация сильных движений играет важную роль, два набора датчиков должны быть установлены с тем, чтобы система никогда не ограничивала регистрируемые амплитуды. Хотя есть существенные различия сетей для сильных и слабых движений, сегодня оба типа датчиков часто объединяются в единую систему. Регистраторы данных с шестью каналами (три каналами слабых и тремя каналами сильных движений) являются эффективным и современным решением. Они способны покрыть весь динамический диапазон сейсмических сигналов.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА ДОЛГОВРЕМЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ШУМОВ НА СТАНЦИИ «НАЧИКИ» (КАМЧАТКА)

*Синицын В.И.<sup>1</sup>, Волович О.Г.<sup>1</sup>, Салтыков В.А.<sup>1,2</sup>, Кугаенко Ю.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, [sin@emsd.ru](mailto:sin@emsd.ru)

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

Детальные исследования сейсмической эмиссии требуют специально спланированных долговременных наблюдений в районах с низким уровнем индустриальной активности. В 1987 г. были начаты работы по организации регистрации высокочастотных сейсмических шумов (ВСШ) на Камчатке [1, 2]. Под ВСШ понимаются сейсмические осцилляции в частотном диапазоне первых десятков Гц с амплитудами около  $10^{-9}$ - $10^{-12}$  м.

Первый пункт наблюдений был создан в центральной части Камчатки, на юге Ганальского хребта. Резонансный пьезодинамический сейсмометр помещен на сеймопостамент на коренных породах в термостатированном обвалованном бункере на склоне крупного интрузивного массива диоритов миоценового возраста. В соответствии с наименованием ближайшего населенного пункта эта станция регистрации ВСШ получила название «Начики». Какое-либо промышленное производство в этом районе отсутствует, инфраструктура не оказывает заметного влияния на регистрируемое поле микросейсмического излучения. Это дает возможность регистрации сейсмических шумов естественного происхождения. С 1992 г. станция «Начики» переведена из опытной эксплуатации в состояние непрерывной режимной регистрации, а в 1995 г. – с аналоговой на цифровую запись огибающей ВСШ. В январе 2007 г. имеющийся ряд непрерывных данных этой станции превысил 15 лет.

Станция "Начики" является старейшей в системе регистрации ВСШ. На ней продолжают отработываться методика и все технические решения производства наблюдений ВСШ.

В настоящее время ведутся работы по переводу комплекса регистрации на современные технические средства, позволяющие вести запись оригинальной волновой формы сигнала. С октября 2006 года на станции "Начики" параллельно с цифровой регистрацией огибающей сигнала ВСШ аппаратурой "КРОТ" производится экспериментальная запись оригинального сигнала ВСШ с помощью регистратора GSR-24. Разработан программный комплекс, позволяющий существенно расширить возможность дальнейшего анализа данных и улучшить метрологический контроль за качеством регистрируемой информации.

В докладе проведено сравнение характеристик аппаратуры, использовавшейся на станции «Начики» в различные периоды ее работы. Приведены примеры записей. Описано программное обеспечение нового комплекса регистрации. Представлены примеры обработки огибающей сигнала и волновой формы, демонстрирующие согласованность получаемых результатов.

Исследования ВСШ на Камчатке поддерживаются Российским фондом фундаментальных исследований, грант 05-05-64276.

### Список литературы

1. Салтыков В.А., Кугаенко Ю.А., Синицын В.И., Чебров В.Н. 20 лет исследованию сейсмических шумов на Камчатке: от экспериментальных наблюдений к прогнозу землетрясений и моделированию // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2007. №1. Выпуск 9. С. 37-50.
2. Салтыков В.А., Чебров В.Н., Синицын В.И., Кугаенко Ю.А., Касахара М. Организация наблюдений сейсмических шумов вблизи сейсмофокальной зоны Курило-Камчатской островной дуги // Вулканология и сейсмология. 2006. №3. С. 43-53.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА СЕТИ СТАЦИОНАРНЫХ ЦИФРОВЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ КАМЧАТКИ

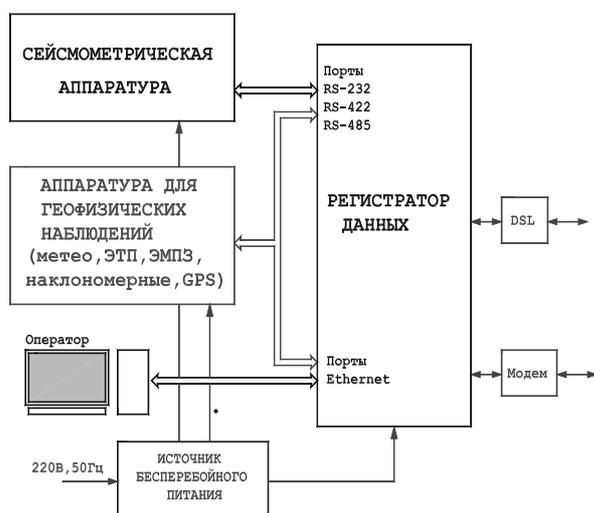
*Чебров В.Н., Воропаев В.Ф., Дроздин Д.В., Сергеев В.А., Шевченко Ю.В.*

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

К концу 1990-х годов оборудование стационарных сейсмических станций на Камчатке морально и физически устарело, назрела необходимость его срочной замены.

При разработке стратегии модернизации сейсмических станций учитывалось развитие различных геофизических наблюдений, проводимых Камчатским филиалом ГС РАН. Признано экономически целесообразным предусмотреть на каждой сейсмостанции возможность регистрации как сейсмологических, так и других геофизических данных. Одновременно, каждая сейсмостанция должна быть включена в сеть обмена информацией для возможности оперативного доступа к данным.

Эти требования определили структуру создаваемой стационарной цифровой сейсмической станции (СЦСС) и технологию системы обработки и передачи данных. На рисунке показана обобщенная структурная схема СЦСС. Все сейсмические и геофизические наблюдения включаются в общую сеть сбора, хранения, передачи и обработки информации через стандартные интерфейсы RS 232/422/485 или Ethernet.



Сеть передачи данных строится на базе использования сетевого протокола TCP/IP.

По соображениям технического и экономического характера сейсмические каналы выполнены на базе сейсмометров СМЗ-ОС ( $T_c = 50c$ ) и модуля АЦП типа Е-24 (L-card) с дополнением его модулем GPS, схемами калибровки сейсмометров и синхронизации данных, а также обеспечением передачи данных между аппаратурой, располагаемой в сейсмокамере, и сейсмостанцией, на удаление до нескольких сотен метров.

Динамический диапазон сейсмических каналов СЦСС составляет 110 дБ при 100 отсчётах в секунду.

Регистратор построен на базе малопотребляющей промышленной компьютерной платформы 5.25" для встраиваемых

приложений на базе процессора с пассивным охлаждением, имеющий расширенный диапазон температуры эксплуатации. В своем составе регистратор содержит CPU VIA C3, SDRAM PC-133 64Mb, двухканальный контроллер IDE, интегрированный видео контроллер, 2 USB порта, 2 – Ethernet, 3 – RS232, 1 - RS232/422/485. Дисковая память – CompactFlash с возможностью подключения дополнительного CompactFlash диска. Подключение оборудования сейсмических каналов к регистратору осуществляется через порты RS-232.

Для расширения динамического диапазона регистрируемых сейсмических сигналов с целью обеспечения неискаженной записи сильных землетрясений в стандартный комплект цифровой сейсмической станции включается комплект оборудования в составе акселерометра CMG-5 (Guralp, 0-100 Гц) с 24-х разрядным регистратором GSR-24 (GeoSig). Регистратор GSR-24 программируется на автономную работу в ждущем режиме для записи сильных сейсмических событий и непрерывную передачу полного потока данных на микрокомпьютер СЦСС через порт RS-232.

В качестве других геофизических наблюдений на первом этапе подключаются GPS приемники.

Разработано программное обеспечение, позволяющее обрабатывать данные регистрации как в режиме удалённого доступа, так и при подключении компьютера оператора непосредственно к регистратору.

К настоящему времени новой аппаратурой оснащено 6 стационарных сейсмостанций на Камчатке.

## ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА "ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАМЧАТКИ", ДОСТУПНАЯ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ

*Чебров В.Н.<sup>1</sup>, Григорюк А.П.<sup>2</sup>, Бахтиярова Г.М.<sup>1</sup>, Сергеев В.А.<sup>1</sup>,  
Пантюхин Е.В.<sup>1</sup>, Брагинская Л.П.<sup>1</sup>, Кратов С.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, [evg@emsd.ru](mailto:evg@emsd.ru)

<sup>2</sup> Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск

Основная цель проекта состоит в создании информационно-вычислительной системы (ИВС), состоящей из трех компонент:

- структурированного файлового архива волновых форм землетрясений, полученных за 1996 – 2006 гг. и получаемых в ходе сейсмического мониторинга Камчатки в режиме реального времени с помощью сети цифровых сейсмических станций, проводимого Камчатским филиалом Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН);
- базы данных, хранящей каталоги землетрясений, вспомогательную справочную информацию о сети сейсмических станций и параметрах сейсмометрических каналов;
- Web-приложения, выполняющего следующие функции: поиск файлов по различным критериям (более 10 критериев); отображение трасс (содержимого файлов) в Web-браузере клиента; загрузку выбранных файлов на компьютер пользователя; предоставление единого доступа к информации зарегистрированным пользователям. Предусмотрена интеграция в создаваемую систему ГИС-функций (построение карт распределения параметров, характеризующих сейсмическую и вулканическую активность Камчатки).

Проект направлен на обеспечение информационной поддержки при решении широкого круга задач сейсмологии: исследования физики сейсмического процесса, изучение очагов слабых и сильных землетрясений; развитие методов обработки и интерпретации сейсмологических данных с использованием новых информационных технологий.

ИВС реализована в рамках архитектуры клиент-сервер с доступом через интернет. Роль клиента выполняет веб-браузер с поддержкой JavaScript на компьютере пользователя. На веб-сервере КФ ГС РАН будет размещена база данных землетрясений, файловый архив волновых форм и веб-приложение, обеспечивающее работу информационной системы. База данных управляется СУБД MySQL, в ее таблицы заносится информация из каталогов землетрясений Камчатки, а в архив волновых форм помещаются соответствующие файлы в формате SEED. Для повышения быстродействия при разработке модулей используется библиотека обработки сигналов Intel IPP.

В качестве ГИС-сервера в системе используется картографический сервис Google, доступный из сценариев JavaScript/Ajax через интерфейс Google Maps API. Сервис позволяет на карты и спутниковые снимки, загружаемые с сервера Google наносить собственные маркеры, контуры, интерактивные подсказки и передавать полученное изображение в Web-браузер пользователя.

В настоящее время ИВС находится в стадии разработки и отладки, ее прототип размещен в интернете по адресу <http://org.sssc.ru/kg/>. С помощью веб-формы, расположенной на главной странице, пользователи могут формировать запросы к базе данных по следующим параметрам: координаты прямоугольного или кругового района выборки, интервал времени наступления события, энергетический класс события (интервал значений), глубина эпицентра (интервал значений), тип события.

В результате выполнения запроса пользователю выдается список событий, удовлетворяющих заданным параметрам поиска. Одновременно возможен просмотр интерактивной карты и/или спутникового снимка с обозначенными на них эпицентрами. С помощью веб-формы, находящейся на странице с результатами поиска, пользователь может осуществить дополнительную селекцию событий, а также выбрать сейсмостанции и каналы для просмотра соответствующих волновых форм. Кроме непосредственного просмотра будет предусмотрена возможность интерактивного анализа данных с отображением результатов в цифровой и графической формах.

Работа ведется при финансовой поддержке РФФИ – грант 07-07-00106.

## МАКЕТ ОПОРНОЙ (БАЗОВОЙ) СЕЙСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «ПЕТРОПАВЛОВСК» ДЛЯ СЛУЖБЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О ЦУНАМИ

*Чебров В.Н., Дроздин Д.В., Сергеев В.А., Сеницын В.И., Шевченко Ю.В.*

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

Основу системы сейсмологических наблюдений для службы предупреждения о цунами (СПЦ) составляют сейсмические станции, созданные специально для решения задач обнаружения землетрясений, оценки их цунамигенности и выработки решения о возможности цунами. Сеть сейсмологических наблюдений для СПЦ должна включать в себя: специализированные региональные (вспомогательные) цифровые сейсмические станции; специализированные опорные (базовые) цифровые широкополосные сейсмические станции (ОШЦСС), группы станций.

К специализированным сейсмическим станциям СПЦ предъявляются повышенные требования по непрерывности работы (горячее резервирование, дублирование основных узлов оборудования), по качеству и достоверности исходных сейсмических данных и результатов их обработки (качество и надежность датчиков сейсмических сигналов и их адекватная установка), по квалификации персонала, по устойчивости к сильным сейсмическим воздействиям.

Специализированные сейсмические станции для СПЦ должны быть оснащены: широкополосными датчиками сейсмических сигналов; оборудованием, методами, алгоритмами и программным обеспечением цифровой регистрации и обработки сейсмических данных в автоматическом и автоматизированном режиме; оконечными устройствами системы связи для передачи исходных сейсмических данных и результатов их обработки в региональные информационно-обрабатывающие центры; оконечными устройствами локальной системы оповещения населения о цунами; системой бесперебойного энергопитания.

Рассмотрены характерные особенности базовых (опорных) сейсмических станций по назначению, комплекту оборудования, выполняемым функциям, режиму работы.

Сформулированы основные требования к техническим и программным средствам ОШЦСС.

Проведен сравнительный анализ датчиков и регистраторов сейсмических сигналов по техническим параметрам и стоимости их поставки вместе с установкой.

В 2006 г. проведены работы по выбору мест размещения оборудования центрального и выносных пунктов макета опорной сейсмической станции «Петропавловск», создаваемого на базе опытного образца ОШЦСС. Оборудование центрального пункта инсталлировано в здании Института вулканологии и сейсмологии (в непосредственной близости площадки строительства межрегионального центра сбора, обработки и передачи мониторинговой и прогнозной информации о сейсмических событиях Дальнего Востока и цунами). Оборудование выносных пунктов макета станции «Петропавловск» установлено в п. Николаевка, в районе Завойко, в здании научно-исследовательского геотехнологического центра ДВО РАН и в г. Вилючинске. Все выносные пункты подключены по каналам технологической связи на сервер сбора данных.

Проведена проработка и реализация алгоритмов и ПО сбора данных с выносных пунктов регистрации сейсмических сигналов, контроля сейсмических данных, первичного анализа сейсмических данных.

В системе сбора и организации данных используется ОС FreeBSD, как более устойчивая система с классическим TCP/IP стеком. FreeBSD имеет весь набор необходимых для решения наших задач сетевых служб. При включении выносного пункта (регистратора) в TCP/IP сети, как это предусматривается в макете сейсмической станции «Петропавловск», для организации закрытых каналов используются VPN протоколы. Алгоритмы и ПО сбора и организации данных, разработанные в КФ ГС РАН, включают в себя процедуры приема, сжатия, хранения и передачи данных по сетевым протоколам TCP/IP в непрерывном режиме или по запросу на удаленные компьютеры пользователей.

Проведены пуско-наладочные работы технических и программных средств макета опорной сейсмической станции «Петропавловск». Сделана предварительная оценка уровня сейсмических шумов на пунктах установки оборудования. Получены первые результаты регистрации сейсмических сигналов на пунктах макета станции «Петропавловск».

## ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ КАЛИБРОВКИ ДЛЯ КАНАЛОВ КАМЧАТСКИХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

*Шевченко Ю.В.*

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

Излагается методика и опыт использования импульсной калибровки короткопериодных каналов радиотелеметрических сейсмических станций и широкополосных каналов стационарных цифровых сейсмометрических станций на базе велосиметра СМЗ с обратной связью.

Для калибровки используется сигнал в форме ступеньки ускорения. На практике это реализуется подачей в калибровочную обмотку сейсмометра достаточно длинного импульса тока. Передаточная функция канала известна в форме дробно рационального выражения, используя которое можно найти математическую модель отклика канала на калибровочную ступеньку. Параметры модели, соответствующие конкретному отклику, оцениваются методом оптимизирующего поиска для нелинейных функций.

На основе полученных оценок создаётся архив в форме значений нулей, полюсов и соответствующих коэффициентов передаточной функции. На основе этих данных рассчитывается передаточные функции каналов, которые используются при обработке сейсмических записей.

## О ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СМЕЩЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ GPS НАБЛЮДЕНИЙ

*Шестаков Н.В.*

*Дальневосточный государственный университет, Владивосток  
nikon@phys.dvgu.ru,*

Методы GPS/ГЛОНАСС позиционирования широко используются для определения горизонтальных и вертикальных смещений земной поверхности, обусловленных геодинамическими процессами, техногенными деформациями и другими причинами. Как показывает более чем 15 летний опыт применения GPS/ГЛОНАСС технологий в геодинамике, многолетние круглосуточные спутниковые наблюдения обеспечивают точность определения горизонтальных смещений и их среднегодовых скоростей на уровне первых миллиметров, а в ряде случаев и лучше. Точность определения вертикальных смещений в 3-5 раз хуже. В нашей стране большинство геодинамических GPS/ГЛОНАСС измерений выполняются 1-2 раза в год циклами продолжительностью 1-3 суток, что обусловлено трудностями организации непрерывных измерений, недостаточной оснащенностью спутниковой аппаратурой и другими причинами. Очевидно, что оценка точности и достоверности определения горизонтальных смещений земной поверхности в таком режиме чрезвычайно важны для правильной интерпретации результатов геодинамических наблюдений.

Нами построена установка, позволяющая смещать антенну GPS/ГЛОНАСС приемника в горизонтальной плоскости в фиксированном направлении. Точность фиксации смещения составляет 0.5 мм. В каждом положении антенны приемник накапливает данные в течение 3 и более суток с интервалом записи 30 сек. и маской возвышения 5°. Полученные данные спутниковых измерений независимо анализируются относительно базовых станций, расположенных в нескольких метрах, в 30, 90 и 640 км при помощи научного пакета программ BERNESE 4.2 и инженерного пакета Trimble Geomatics Office. На основе анализа результатов сравнения смещений GPS антенны, рассчитанных по данным спутниковых измерений и известных тестовых смещений, делаются выводы о точности и надежности получения малых горизонтальных перемещений, а также о чувствительности используемых программных пакетов и методов обработки GPS измерений к таким смещениям.