

СЕТЬ РТСС НА КАМЧАТКЕ. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ.

Ящук В.В., Дроздин Д.В., Головщикова И.А., Лянник Ю.А., Пудов
А.Л., Шакирова А.А., Яблочкина К. А., Арбугаева О.В.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. П-Камчатский
e-mail: yvv@emsd.ru

Сеть радиотелеметрических сейсмических станций (РТСС) создана для оперативного контроля сейсмичности всей территории Камчатской области и Северных Курил, оперативного контроля сейсмической активности действующих вулканов и изучения развития сейсмических процессов в реальном масштабе времени. Основные достоинства сети станций РТСС – это возможность длительной работы в автономном режиме в экстремальных условиях, высокая надежность, дешевизна аппаратуры, возможность доступа к данным всех сейсмометрических каналов всех станций в режиме реального времени, высокая точность привязки всех станций РТСС к единой шкале времени.

Данные с полевых станций поступают на Приемные центры в режиме реального времени, что позволяет решать в оперативном режиме следующие задачи:

- оперативный автоматизированный контроль сейсмичности региона с определением гипоцентров, энергетических характеристик и рассылкой SMS сообщений;
- оперативный автоматизированный контроль сейсмической активности действующих вулканов;
- оценка развития афтершоковых процессов сильных землетрясений;
- автоматизированная служба срочных донесений и служба предупреждения о цунами.

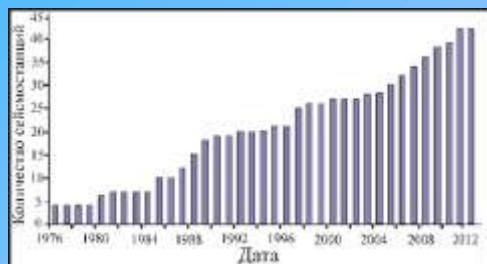


График количества станций РТСС с 1976 года



Приемные центры «Петропавловск», «Ключи» и «Козыревск»



Широкополосная цифровая станция «Тумрок» (TUMD)



Передающий пункт «Семкорок» (Станция SMK)



Широкополосная цифровая станция «Авача» (AVH)



Радиоретранслятор на вулкане Корякский после циклона, высота 1820 м

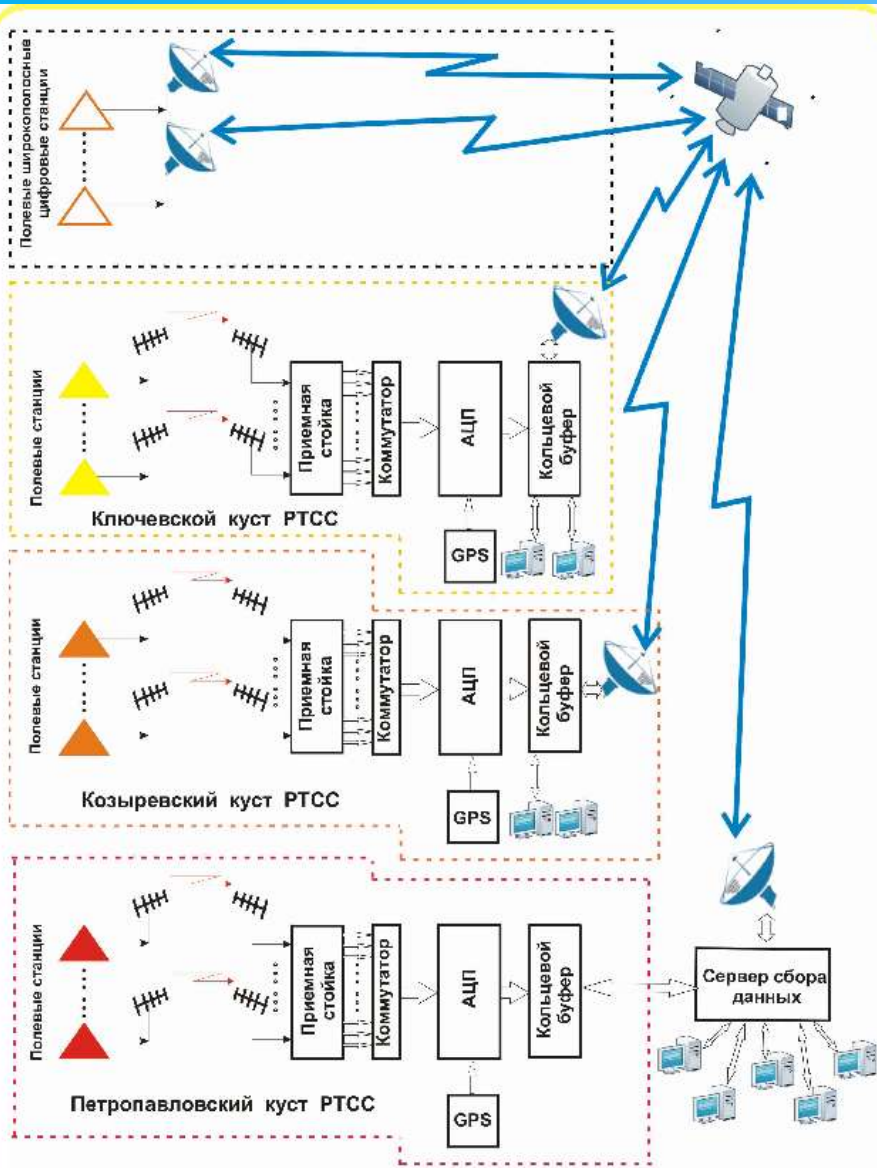


Схема организации сети сбора и обработки данных

На 1 сентября 2013 г. сеть РТСС Камчатки включает в себя 3 куста станций: Петропавловский (20 станций), Козыревский (10 станций), Ключевской (9 станций). Деление на кусты обусловлено географическим расположением Приемных центров, на которых целесообразно вести регистрацию сейсмометрической информации соответствующих станций. Дополнительно ведется визуальная запись некоторых каналов регистраторами видимой записи. Накопление данных ведется на жестких дисках компьютеров АЦП с дальнейшей архивацией на серверах ГС РАН и дисках DVD.

Приемные центры РТСС в п. Ключи и п. Козыревск с помощью спутниковых каналов включены в локальную вычислительную сеть КФ ГС РАН. Данные всех станций РТСС доступны операторам Приемных центров в режиме реального времени. Основные достоинства сети РТС - это возможность длительной работы станций в автономном режиме, высокая надежность и дешевизна аппаратуры, высокая точность привязки всех станций РТС к единой шкале времени.

В рамках Федеральной программы по дальнейшему развитию Службы предупреждения цунами (СПЦ) в составе сети РТСС установлено 8 полевых цифровых широкополосных сейсмических станций. Новые широкополосные цифровые станции, приближенные к очаговым зонам сильных землетрясений, входят в сейсмическую подсистему СПЦ и обеспечивают снижение числа ложных тревог цунами, а также уменьшение времени задержки на оповещение населения о возможности цунами по сейсмологическим данным.

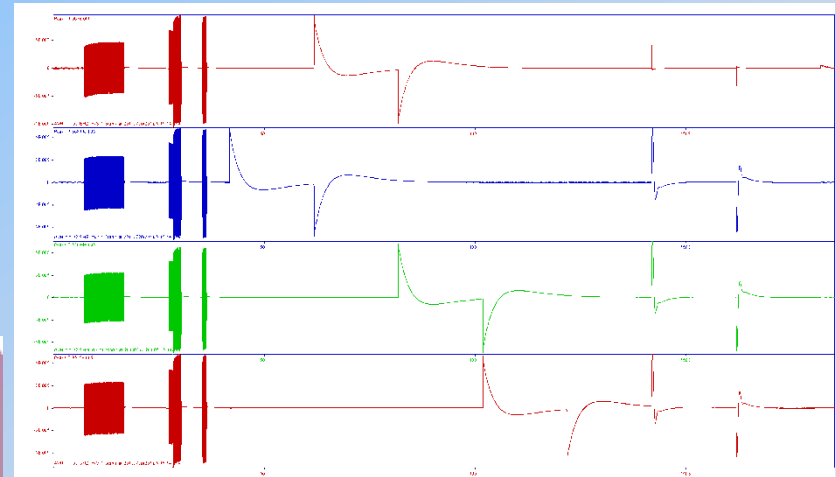
С 2011 г. в рамках Федеральной целевой программы "Создание первой очереди системы комплексного мониторинга состояния вулканов Дальневосточного региона с разработкой и внедрением технологий автоматизированной оценки их активности с учетом передачи оперативной информации в Национальный центр" начата установка специализированных пунктов наблюдений за вулканами (ПНВ). К настоящему моменту в составе сети РТСС созданы два специализированных стационарных пункта ПНВ-С системы комплексного мониторинга вулканической деятельности (СКМВ) в п. Ключи и п. Козыревск и установлены три автономных ПНВ-А в районе в. Безымянный (KIR, BZG) и в. Кизимен (TUMD).



В составе сети РТСС имеются 8 видеосистем для визуального контроля активности влк. Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Толбачик, Корякский, Авачинский, Горелый и Кизимен.

На фотографиях слева приведены фрагменты видеозаписи пеплового выброса на влк. Ключевской и обвал вершинной экструзии на влк. Кизимен.

Основным методом контроля работы сейсмометрических каналов служит анализ сигналов автоматических импульсных калибраторов станций. Калибровка каналов РТСС производится ежедневно в автоматическом режиме. Передаточные функции каналов представлены в доступном по локальной сети архиве в форме полюсов, нулей и коэффициентов. Переопределение этих параметров выполняется раз в месяц. В расчетах используются средние значения механических постоянных.



Калибровка на сейсмостанции AVH

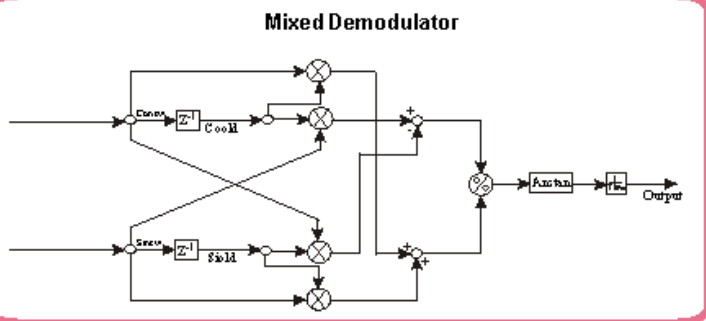
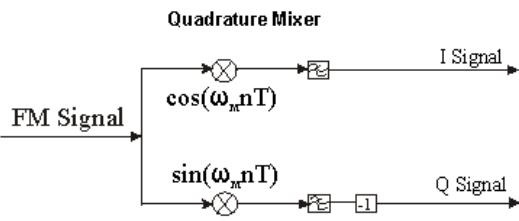
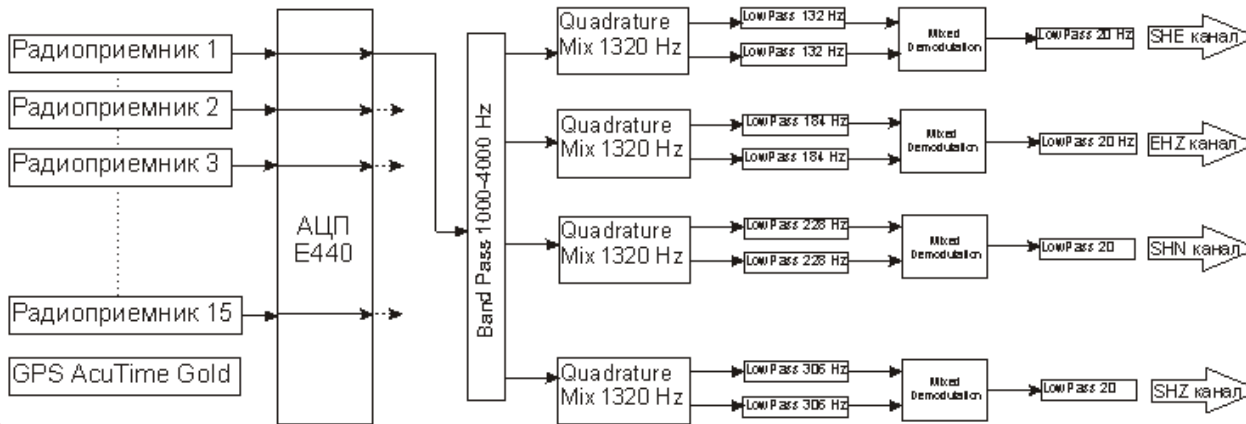


Программно - аппаратный комплекс «TELEDIG», разработанный в отделе РТСС, предназначен для полной замены аналоговой низкочастотной части приемного центра ТЭСИ-2.

Комплекс обеспечивает возможность работы с полевыми станциями аналоговой радиотелеметрии любого типа и состава, и осуществляет фильтрацию, демодуляцию, согласование и накопление сейсмических данных.

С целью замены устаревшей аппаратуры приемного центра сети РТСС разработан **аппаратно-программный комплекс TELEDIG** на базе универсального модуля Lcard E14-440 для цифровой фильтрации, демодуляции и накопления сейсмических данных.

Блок-схема цифровой демодуляции каналов



Описание алгоритма и фильтров.

Исходные данные: цифровые отсчеты АЦП преобразования FM сигнала на базе Lcard E-440 15 каналов с частотой дискретизации 25 кГц, синхронизированные с GPS по PPS поступающему на 16 канал АЦП и привязанных ко времени по TSIP протоколу.

Алгоритм демодуляции:
Stage 1. Предварительная фильтрация BandPass 1000-4000 Гц IIR Butterworth filter 6-порядка.

Stage 2. Quadrature Mixer на 4x несущих $F_m[4]= (1320, 1840, 2280, 3060 \text{ Гц})$.

Stage 3. LowPass IIR Butterworth Filter 6-порядка квадратурных составляющих 10% от несущей (132, 184, 228, 306 Гц).

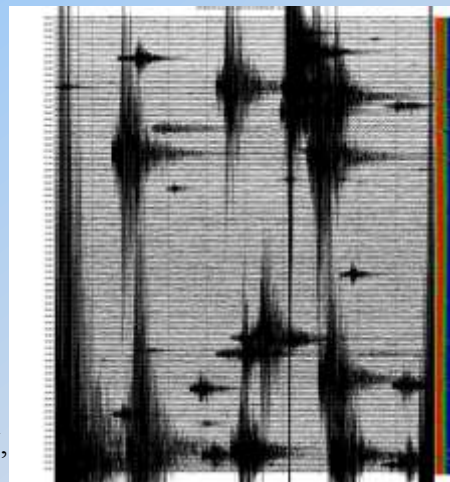
Stage 4. Демодулятор Mixed Demodulator.

Stage 5. LowPass IIR Butterworth Filter 40Hz 6 порядка и 20Hz 3-порядка.

Stage 6. Разряжение сигнала в 250 раз - окончательная SPS=100Гц.

Stage 7. Демодулированные значения переводятся в блоки MINISEED размером 512 байт и поступают в кольцевые буфера на жестком диске доступ к которым осуществляется по сокетам TCP/IP.

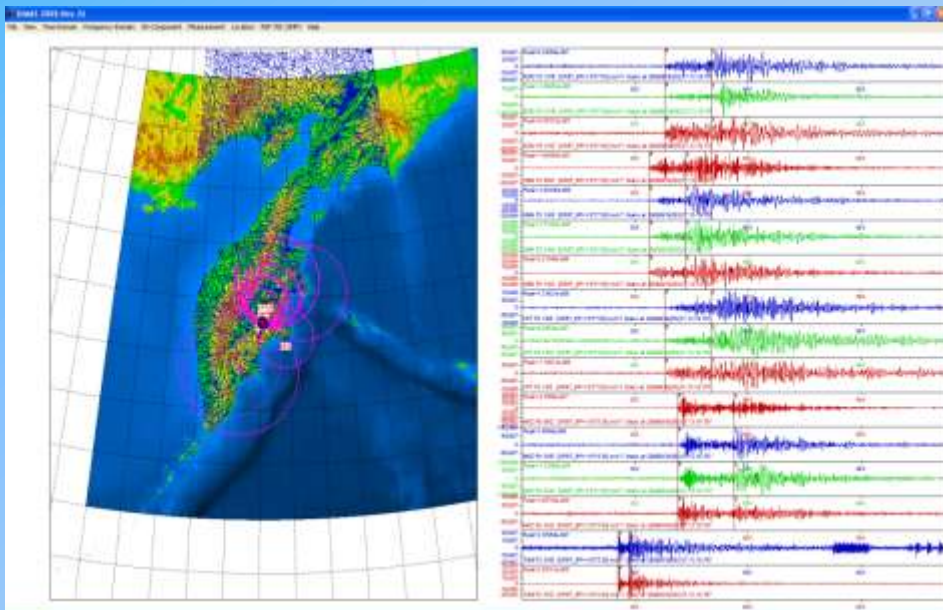
Справа приведен пример суточной сван-диаграммы за 18 мая 2013 г. канала BHZ цифровой широкополосной станции SPN, оборудованной сейсмометром CMG-6TD.



37 из 39 полевых станций РТСС работают автономно в экстремальных условиях с питанием от гальванических или солнечных батарей. Комплект из 20 батарей БАКЕН общим весом около 80 кг обеспечивают работу аппаратуры радиотелеметрической сейсмической станции в течение года. Аппаратура радиоканала включает в себя радиопередатчики малой мощности (100-400 мВт) диапазона 160 мГц. Высокочувствительные радиоприемники и узконаправленные антенны позволяют работать на радиотрассах протяженностью до 240 км (Мыс Козлова - влк. Корякский).

Работу некоторых удаленных станций сети обеспечивают 12 ретрансляторов радиосигналов. Высокогорные ретрансляторы - самое уязвимое место системы. Оледенение и ураганные ветра приводят к разрушению антенно-фидерных устройств.

Станции РТСС оборудованы сейсмометрическими каналами трех типов. На всех станциях установлен трехкомпонентный комплект короткопериодных каналов на базе сейсмометров СМ-3 ($T_s=1.2$ с) для регистрации скорости смещения грунта в полосе частот 0.8-30 Гц (см. рис. ниже). Чувствительность сейсмометрических каналов с цифровой регистрацией на Приемных центрах РТСС составляет $2 \cdot 10^7$ отсчет/м/с. На некоторых станциях имеется высокочувствительный велосиметр вертикальной ориентации с уровнем передачи около 109 отсчет/м/с в полосе 4-30 Гц или заглубленный велосиметр вертикальной ориентации с уровнем передачи около 106 отсчет/м/с в полосе 0.8-30 Гц. На станции "Институт" установлен комплект средне-периодных каналов для определения магнитуды на базе сейсмометров СКД с уровнем смещения 106 отсчет/м в полосе 0.04-5 Гц.



Комплект каналов на базе сейсмометров (слева) и БСК (справа).

Обработка поступающей информации ведется с помощью разработанного в отделе РТСС пакета программ для интерактивной обработки сейсмических сигналов DIMAS, автором которой является Дроздин Д. В. Пакет программ предназначен для детальной обработки и визуального анализа цифровых сейсмических сигналов, поступающих с систем сбора. Вид интерфейса программы представлен на рисунке слева.

Пункты комплексных наблюдений для мониторинга вулканической активности (ПНВ-А) оснащены широкополосными велосиметрами и акселерометрами, высокоскоростными каналами передачи данных и системой электропитания на базе солнечных батарей необходимой мощности.

Прототипом таких пунктов является ПНВ-А ВЗГ, где дополнительно установлены IP-видеокамера, наклономер; измерительный GPS-приемник, микробарограф.

Дополнительно могут быть подключены любые другие устройства, имеющие сетевой интерфейс.

