

ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ АППАРАТУРЫ РАДИОТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ И ЦИФРОВЫХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И КАЧЕСТВА СЕЙСМОМЕТРИЧЕСКИХ КАНАЛОВ

Некрасова М.Ю., Яблочкина К.А., Арбугаева О.В., Конев А.А.

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

Введение

Камчатская сеть радиотелеметрических сейсмических станций (РТСС) создана для оперативного контроля сейсмичности всей территории Камчатского края и Северных Курил, оперативного контроля сейсмической активности действующих вулканов и изучения развития сейсмических процессов.

Информация, полученная на станциях РТС, собирается на трех приемных центрах, расположенных в г. Петропавловск-Камчатский, п. Козыревск и п. Ключи в режиме реального времени. Данные со всех станций сети поступают на приемный центр в г. Петропавловск-Камчатский, где осуществляется сбор, контроль и хранение сейсмологической информации.

Сеть радиотелеметрических сейсмических станций

Сеть станций РТС включает три группы станций: Петропавловская (20 станций), Козыревская (10 станций), Ключевская (9 станций) (рис.1). С 1996 г. все приемные центры РТСС оснащены системами цифровой регистрации на базе ПК. Накопление сейсмологических данных с 1996 года ведется на жестких дисках ПК Приемных центров с дальнейшей архивацией их на серверах ГС РАН

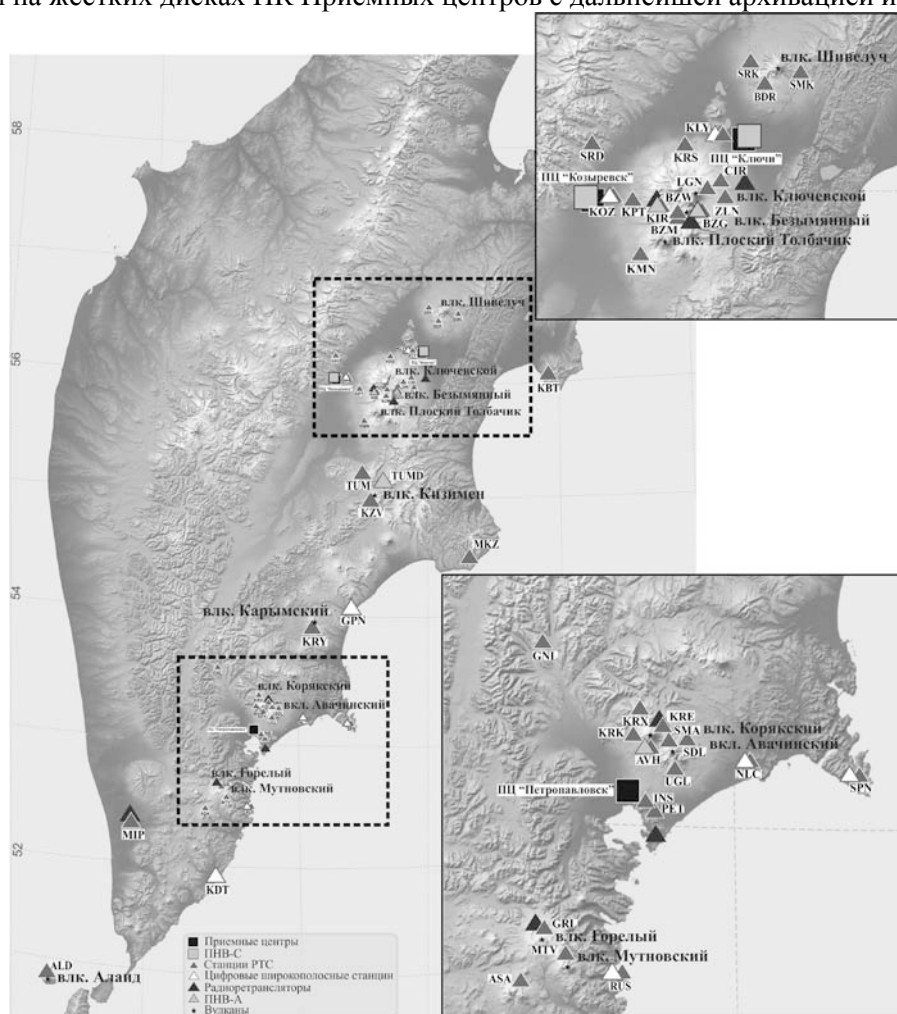


Рис.1. Карта расположения радиотелеметрической и широкополосных сейсмических станций.

и на DVD-дисках. Приемные центры РТСС в п. Ключи и п. Козыревск также подключены к локальной сети КФ ГС РАН с помощью спутниковых каналов. Данные всех станций РТС доступны операторам Приемных центров в режиме реального времени. Основные достоинства сети РТСС - это возможность длительной работы станций в автономном режиме, высокая надежность и дешевизна аппаратуры, высокая точность привязки всех станций РТС к единой шкале времени [3].

В 2015 году сеть РТСС состоит из 39 пунктов с передачей аналоговых сигналов по радиоканалу в УКВ диапазоне (160 МГц). Для передачи сейсмических сигналов по радиоканалу используется ЧМ-ЧМ модуляция. 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 0.8-20 Гц. Аналоговые сейсмические сигналы всех радиотелеметрических станций на приемных центрах после их выделения (демодуляции) подаются на входы системы цифровой регистрации на базе ПК с АЦП производства L-card (<http://lcard.ru>) [3].

В 2010-2011 гг. разработан и опробован аппаратно-программный комплекс TELEDIG на базе универсального модуля Lcard E14-440 для демодуляции ЧМ сигналов с выходов радиоприемных устройств на приемных центрах РТСС методами цифровой обработки (<http://www.dsplib.ru/content/fmdemod/fmdemod.html>). Комплекс предназначен для полной замены аналоговой низкочастотной части приемного центра ТЭСИ-2, обеспечивает возможность работы с полевыми станциями аналоговой радиотелеметрии любого типа и состава и осуществляет фильтрацию, демодуляцию, согласование и накопление сейсмических данных.

В рамках Федеральной программы по дальнейшему развитию Службы предупреждения цунами (СПЦ) в составе сети РТСС установлено 11 полевых цифровых широкополосных сейсмических станций. Это модернизированные пункты РТСС «Русская» (RUS), «Шипунский» (SPN), «Налычево» (NLC), «Авача» (AVH), «Козыревск» (KOZ), «Киришева» (KIR), «Безымянный-Грива» (BZG) и вновь созданные «Тумрок – источники» (TUMD), «Водопадная» (KDT), «Жупаново» (GPN).

Все станции оснащены современными цифровыми сейсмическими датчиками CMG-6TD, CMG-5TD (Guralp, Англия). Передача данных в режиме реального времени с пунктов AVH, NLC, RUS, KIR обеспечивается оборудованием WiFi в диапазоне 5 ГГц; с пунктов SPN, TUMD, BZG, KDT, GPN по спутниковым каналам VSAT. Передача данных с пункта KOZ обеспечивается оборудованием DSL.

Автономный источник питания для цифровых пунктов РТСС реализован на солнечных панелях (фотоэлектрические модули серии MSW предприятия «Солнечный ветер», Краснодар) общей мощностью не менее 500 Вт и герметичных необслуживаемых аккумуляторах CSB MSJ емкостью не менее 200 А·час, имеющих срок службы 20 лет [1]. Эффективность солнечных панелей в очень большой степени зависит от времени года и метеорологических условий в местах их установки. Для обеспечения бесперебойной работы пункта расчетная мощность солнечных панелей должна быть в 10-20 раз больше, чем фактическая потребляемая мощность пункта РТСС.

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). В составе сети РТСС созданы два специализированных стационарных пункта ПНВ-С системы комплексного мониторинга вулканической деятельности (СКМВ) в п. Ключи и п. Козыревск. Также установлены четыре автономных ПНВ-А: пункты KIR и BZG в районе вулкана Безымянный, TUMD в районе вулкана Кизимен и AVH в районе вулкана Авачинский.

В составе сети РТСС имеются 11 видеосистем для визуального контроля активности вулканов Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Толбачик, Корякский, Авачинский, Горелый, Кизимен, Жупановский.

Контроль состояния аппаратуры радиотелеметрических и цифровых широкополосных сейсмических станций и качества сейсмометрических каналов

Основным методом контроля работы сейсмометрических каналов служит анализ записей сигналов автоматических импульсных калибровок станций (рис. 2). Калибровка каналов происходит 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 сотрудниками отдела метрологического обеспечения. В расчетах используются средние значения механических постоянных [2].

Ежедневно дежурными-операторами осуществляется оперативный контроль работоспособности всех сейсмометрических каналов сети, диагностика неисправностей и определение возможных причин их вызвавших.

Для каждого из каналов анализируется импульсная калибровка: определяется динамический диапазон и работоспособность отдельных узлов сейсмостанции (системы питания, сейсмометров, БСК (блок сейсмических каналов), радиоканала и демодулятора) (рис.2, рис.3).

Для каналов цифровых широкополосных сейсмических станций также определяется динамический диапазон. В результате составляются таблицы в формате Excel, в которых представлена информация о рекомендациях по использованию сейсмометрических каналов РТСС и каналов цифровых широкополосных станций. Эти таблицы доступны по локальному адресу df1.emsd.ru/public/klb.

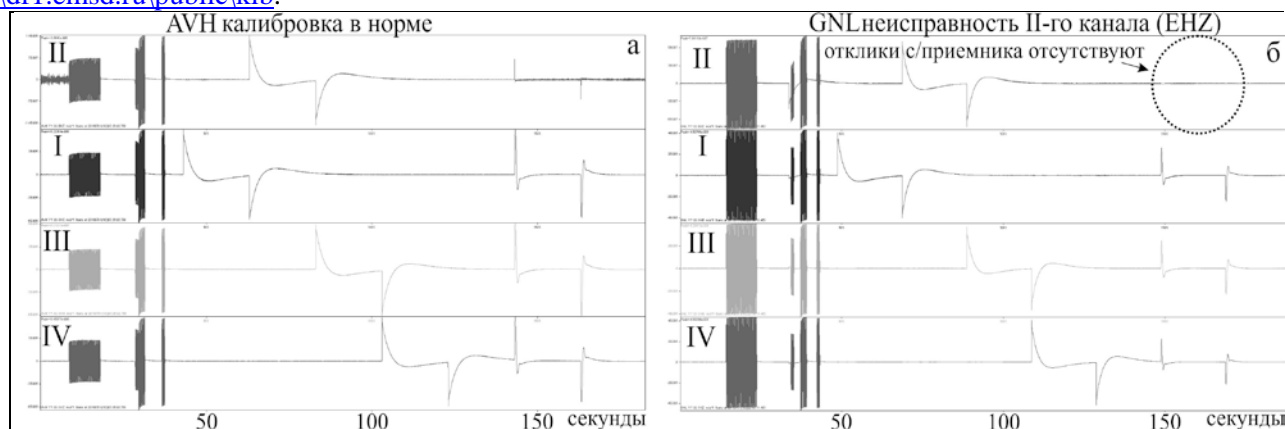


Рис.2. Образцы калибровок по двум станциям РТС: а) AVH; б) GNL. Римскими цифрами обозначены номера каналов (I – SHE, II – EHZ, III – SHN, IV – SHZ), кругом обозначена неисправность.

Ежедневно запрашиваются данные со всех станций РТС за прошедшие сутки (время UTC), далее эти данные преобразуются в видимые суточные сейсмограммы с частотным спектром сигнала (SWAN-диаграммы), по которым определяется работоспособность канала в течение суток, наличие помех и определяется возможная их причина. По результатам анализа калибровок станций и Swan-диаграмм формируется web-таблица неисправностей сейсмических каналов сети РТСС, которая доступна по адресу в Интернете <http://www.emsd.ru/rtss/stations> → состояние сейсмических станций (запрос к базе) (разработчик Конев А.А.) (рис.4).

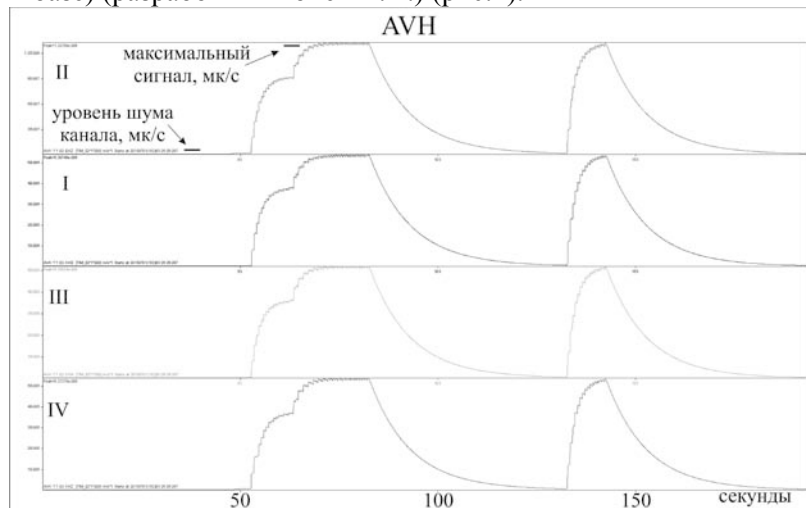


Рис.3. Пример обработки калибровки по сейсмостанции AVH.

date	01	02	03	04	05	06	07	08	09
BDR_EDF									
BDR_SHE	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K
BDR_SHN	S	S	S	S	S	S	S	S	S
BDR_SHZ	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CIR_SHE	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K
CIR_SHN	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CIR_SHZ	S	S	S	S	S	S	S	S	S
KBT_EHZ	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K
KBT_SHE	S	S	S	S	S	S	S	S	S
KBT_SHN	S	S	S	S	S	S	S	S	S
KBT_SHZ	S	S	S	S	S	S	S	S	S
KLY_SHE	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K
KLY_SHN	S	S	S	S	S	S	S	S	S
KLY_SHZ	S	S	S	S	S	S	S	S	S
KRS_SHE	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K
KRS_SHN	S	S	S	S	S	S	S	S	S
KRS_SHZ	S	S	S	S	S	S	S	S	S
LGN_EHZ	S	S	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K
LGN_SHE	S	S	S	S	S	S	S	S	S
LGN_SHN	S	S	S	S	S	S	S	S	S
LGN_SHZ	S	S	S	S	S	S	S	S	S
SMK_EDF									
SMK_SHE	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K
SMK_SHN	S	S	S	S	S	S	S	S	S
SMK_SHZ	S	S	S	S	S	S	S	S	S
SRK_SHE	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K
SRK_SHN	S	S	S	S	S	S	S	S	S
SRK_SHZ	S	S	S	S	S	S	S	S	S
ZLN_SHE	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K	S K
ZLN_SHN	S	S	S	S	S	S	S	S	S
ZLN_SHZ	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Рис.4. Вырезка из таблицы неисправностей сейсмических каналов сети РТС по Ключевской группе станций за 01-09 января 2015 г. Цветами отображена работоспособность каналов: зеленый – канал исправен, желтый – канал работает частично, красный – канал не работает.

зеленый

красный

желтый

Анализ работоспособности цифровых широкополосных сейсмических станций осуществляется аналогично, и также составляется таблица неисправностей сейсмических каналов широкополосных станций, которая доступна по локальному адресу `\\df2.emsd.ru\rts\SWAN\состояние цифровых станций`.

На приемном центре в г. Петропавловск-Камчатский ведется автоматический контроль за поступлением сейсмических данных со всех приемных центров на сервер КФ ГС РАН. В случае прекращения поступления данных с какого-либо приемного центра, также, в автоматическом режиме, происходит оповещение сотрудников отдела РТСС посредством смс-уведомлений через средства сотовой связи.

В течение рабочего дня дежурный-оператор контролирует трафик с радиотелеметрических и цифровых широкополосных сейсмических станций, а также синхронизацию времени с привязкой к GPS.

Кроме того, во время работы на полевых пунктах РТСС при проведении пуско-наладочных работ и при устранении неисправностей, дежурные операторы Приемного центра г. Петропавловск-Камчатский в оперативном режиме осуществляют контроль качества радиоканала и анализ калибровки: оценка нормальной работы всех узлов оборудования полевого пункта, определение динамического диапазона станции.

Базы сейсмических данных РТСС

На сервере КФ ГС РАН ([\\df2.emsd.ru\rts](http://df2.emsd.ru/rts)) в оперативном режиме создаются базы сейсмологических данных и суточных SWAN-диаграмм, которые содержат данные по всем сейсмометрическим каналам сети РТСС и полевым выносным пунктам службы предупреждения цунами (СПЦ). Эти данные доступны, начиная с 1996 г., и позволяют оперативно анализировать видимые записи каждого из каналов всех станций сети. Архив сейсмологических данных формируется на основе сбора и хранения данных, полученных по сети РТСС, и содержит результаты инструментальных наблюдений. Файлы архива сейсмологических данных содержат многоканальные записи в SEED-формате. Архив обзорных суточных SWAN-диаграмм формируется по сейсмическим данным всех сейсмометрических каналов РТСС и полевых выносных пунктов СПЦ. Архив предназначен для быстрой визуальной оценки работоспособности аппаратуры и особенностей сейсмичности. Файлы архива обзорных сейсмограмм содержат многоканальные записи в png-формате. Для этих баз оперативные архивы формируются ежедневно и выкладываются в локальную сеть. Окончательные архивы формируются примерно раз в две недели при поступлении информации на твердом носителе с Приемных центров в п. Козыревск и п. Ключи. Данные окончательного архива

заменяют данные оперативного архива. Доступ к архиву обзорных суточных SWAN-диаграмм также доступен для сотрудников КФ ГС РАН по адресу <http://www.emsd.ru/rtss/stations> → состояние сейсмических станций.

Заключение

Оперативный контроль состояния аппаратуры радиотелеметрических и цифровых широкополосных сейсмических станций и качества сейсмометрических каналов заключается в определении их работоспособности, диагностике неисправностей и определении возможных причин их вызвавших.

Для каждого из каналов РТСС анализируется импульсная калибровка: определяется динамический диапазон и работоспособность отдельных узлов сейсмостанции (системы питания, сейсмометров, БСК, радиоканала и демодулятора).

Результаты формируются в таблицы-Excel и доступны по адресам: [\\df1.emsd.ru\public\klb](http://df1.emsd.ru/public/klb), [\\df2\rts\SWAN\состояние](http://df2\rts\SWAN\состояние) цифровых станций, <http://www.emsd.ru/rtss/stations> → состояние сейсмических станций.

Список литературы

1. Мишаткин В.М., Захарченко Н.З., Чебров В.Н. Технические средства подсистем службы предупреждения о цунами // Сейсмические приборы. 2011. Т. 47. № 1. С. 26-51
2. Сейсмологические и геофизические исследования на Камчатке. К 50-летию детальных сейсмологических наблюдений // Под ред. Гордеева Е.И., Чеброва В.Н. 2012. С. 44-50.
3. Шевченко Ю.В., Гаврилов В.А. Лянник Ю.А. Импульсная калибровка сейсмометрических каналов радиотелеметрической системы // Вулканология и сейсмология. 1987. № 4. С. 98-103.