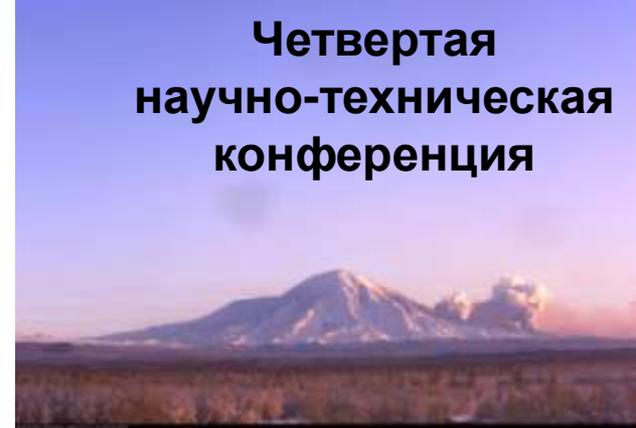




Четвертая
научно-техническая
конференция



РЕГИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Чебров В. Н.

Камчатский филиал Геофизической службы РАН

**Проблемы комплексного геофизического мониторинга
Дальнего Востока России**

**30 сентября - 4 октября 2013 г.
г. Петропавловск-Камчатский**

Природные опасности Камчатки – уникальные возможности для фундаментальных и прикладных исследований.

Состояние системы

Проблемные вопросы

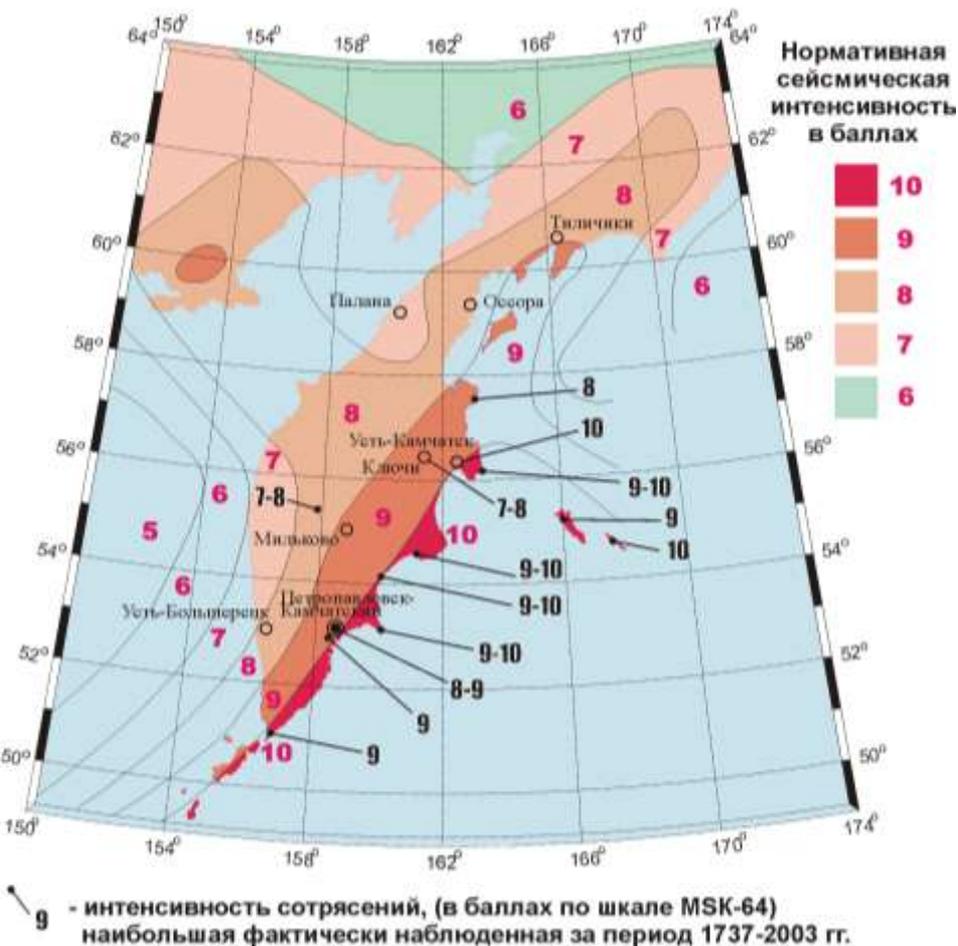
Направления модернизации и развития

Камчатский край относится к регионам России, где наиболее велики риски природных катастроф. Здесь, в области перехода от Азиатского континента к Тихому океану и сочленения Курило-Камчатской и Алеутской островных дуг, происходят сильные землетрясения, которые вызывают сотрясения с интенсивностью 9 и более баллов (по шкале MSK-64) и огромные волны цунами, находится 30 действующих вулканов, в числе которых такие вулканы-гиганты, как вулканы Ключевской и Шивелуч.

Свидетельство этому и последние события: извержение вулканов Безымянный, Пл. Толбачик, Ключевской в 2012-2013 гг., сильные землетрясения 28.02.2013 г., Mw = 6,8; 24.05.2013 г., Mw = 8,3



Общее сейсмическое районирование России – карта ОСР-97-А (фрагмент) (повторяемость сотрясений 1 раз в 500 лет)



Чтобы снизить опасность и уменьшить тяжелые последствия природных катастроф (гибель людей, разрушение инфраструктуры населенных пунктов и воинских частей, материальные потери) необходимо постоянный мониторинг опасных природных явлений, накопление данных, научные исследования их природы, поиск средств снижения опасности

Основные характеристики сейсмического режима региона и возможных воздействий на территорию необходимые для объективной оценки сейсмической опасности территории могут быть получены по результатам долговременных детальных сейсмологических наблюдений. Данные сейсмологических наблюдений также являются приоритетными в системе оперативного предупреждения о цунами и при оценке состояния и развития вулканической активности.

ФЗ и Постановления Правительства, регламентирующие деятельность ГС РАН

Постановление СМ РФ от 11 мая 1993 г. N 444

"О федеральной системе сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений"

Федеральный закон **"О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера"** от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 28.10.2002 № 129-ФЗ, от 22.08.2004 №122-ФЗ, от 04.12.2006 № 206-ФЗ, от 18.12.2006 № 232-ФЗ).

Постановление Правительства РФ от 30 декабря 2003 г. № 794 **"О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций"** (в редакции постановлений Правительства Российской Федерации от 27.05.2005г. № 335, от 03.10.2006 г. № 600, от 07.11.2008 № 821, от 10.03.2009 г. № 219)

Финансовое обеспечение работ:

Базовое финансирование по темам НИР через Президиум РАН

Мероприятия федеральной целевой программы **"Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года"**

Важное место в современной стратегии борьбы с природными угрозами занимает разработка научных технологий прогноза опасных природных процессов и моделирование механизма их развития. Землетрясения, цунами, извержения вулканов характеризуются недостаточной изученностью, неопределенностью момента возникновения и высокой скоростью проявления. Исследовать процессы подготовки сильных землетрясений, строить модели сейсмического процесса, выявлять и исследовать предвестники сильных землетрясений дают возможность результаты комплексных сейсмологических, геофизических, геодезических, гидрогеохимических и др. наблюдений

Региональная система сейсмического мониторинга на Камчатке включает себя: сети сейсмических станций; сети геофизических, геодезических, гидрогеохимических и др. наблюдений; технические и программные средства сбора, обработки и хранения данных; организационные и технические мероприятия по экспертной оценке текущего состояния сейсмической и вулканической опасности.

В основу создания и развития комплексных наблюдений положены сети сейсмических станций.

Сети сейсмических станций

При организации сейсмологических наблюдений на Камчатке необходимо иметь возможность регистрировать как сильнейшие тектонические землетрясения с $M > 8$, так и слабые землетрясения, начиная от $M = 1.0$ и менее, на активных вулканах, что требует применения разномасштабных сетей станций с различными частотным и динамическим диапазонами.

Динамический диапазон амплитуд смещений грунта от близких и телесеизмических, слабых и сильных землетрясений лежит в пределах 10-11 порядков, т.е. 200-220 Дб. Частотный диапазон этих сигналов от тысячных долей до сотен Гц.

Сейсмологические наблюдения на Камчатке проводятся как сетями постоянно действующих сейсмических станций, так и путем создания сетей временных локальных станций. Сети постоянно действующих сейсмических станций включают в себя: сеть стационарных цифровых сейсмических станций; сеть радиотелеметрических сейсмических станций (РТСС); сеть станций регистрации сильных движений (ССД).

Деление на сети обусловлено принципами организации и эксплуатации пунктов наблюдений, способами регистрации и передачи сейсмических данных, целевым назначением сетей.

На развитие сетей сейсмических станций на Камчатке в последнее десятилетие определяющее влияние оказывали задачи, связанные:

с созданием системы комплексных сейсмологических и геофизических наблюдений для целей оперативного мониторинга сейсмической и вулканической опасности;

с модернизацией службы предупреждения о цунами в рамках ФЦП «Снижение рисков ...до 2010 года» в 2006-2010 гг.

с выполнением мероприятий в рамках ФЦП «Снижение рисков ... до 2015 года» в 2011-2013 гг.

«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» и других

На всех стационарных станциях установлены GPS приемники. В 2010 г. на базе сейсмических станций начаты работы по созданию сети наклономеров. С 2011 г. на базе пунктов РТСС проводятся работы по внедрению видео, GPS, наклономерных, электромагнитных, акустических и др. наблюдений на действующих вулканах.

Таким образом, сеть сейсмических станций КФ ГС РАН представляет собой в 2013 г. специализированную сеть сбора (регистрации), хранения, передачи и обработки сейсмической и геофизической информации.

В 2013 г. сеть постоянно действующих сейсмических станций Камчатского филиала Геофизической службы РАН состоит из 71 пункта регистрации сейсмических сигналов, оснащенных каналами связи с передачей данных в реальном времени.

В составе сейсмометрических каналов применяются различные датчики: короткопериодные велосиметры (полоса частот $0.7 \div 20$ Гц); велосиметры CMG 3ТВ ($0.0083 \div 40$ Гц); велосиметры CMG 6Т ($0.033 \div 40$ Гц); велосиметры CM3вч ($4 \div 20$ Гц); велосиметры CM3ос ($0.02 \div 7$ Гц); акселерометры CMG 5Т ($0 \div 40$ Гц).



Оборудование сейсмических станций



Регистратор DM24 (Guralp)

Комплект оборудования СЦСС (КФ ГС РАН)



Регистратор GSR-24 (GEOSIG)



Рабочее место оператора

Оборудование радиотелеметрических сейсмических станций



Оборудование для РТСС разработано в 1974-1982 гг. в ИВ и ОМСП ИВ под руководством В.А. Гаврилова.

Развитие РТСС вместе с внедрением современных технологий сбора, обработки и хранения сейсмологической информации позволило уже в 90-х годах XX века создать высокоэффективную систему оперативного контроля за сейсмической и вулканической активностью на территории Камчатки.

В 2010-2013 гг. в КФ ГС РАН разработаны и внедрены технические и программные средства для демодуляции ЧМ сигналов на приемных центрах РТСС методами цифровой обработки сигналов. Внедрение цифровой обработки сигналов на приемных центрах РТСС обеспечивает расширение динамического диапазона регистрируемых сигналов не менее чем на 6Дб и повышает долговременную стабильность характеристик сейсмометрических каналов.

Развитие сети РТСС

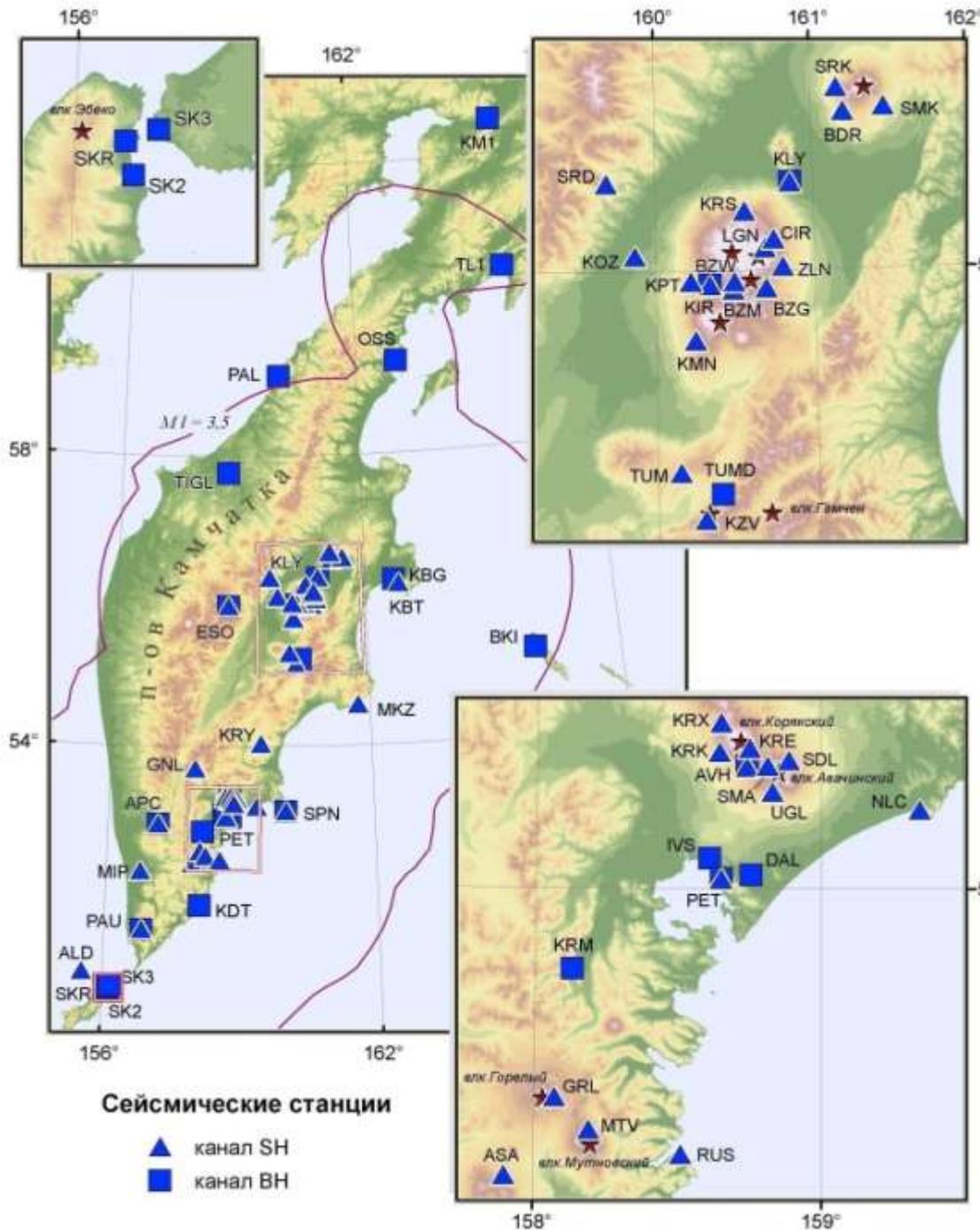


Широкополосная цифровая станция
«Русская» (RUS)

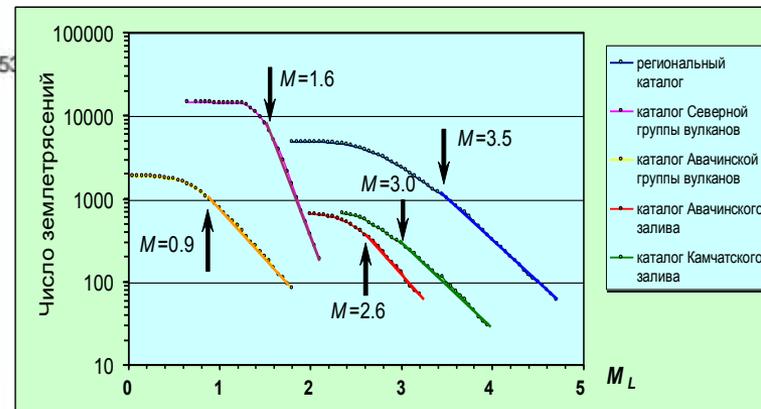
Создание на базе пунктов сети РТСС комплексных пунктов наблюдений с внедрением широкополосных сейсмометрических каналов для повышения достоверности предупреждения об опасности цунами и извержений вулканов.

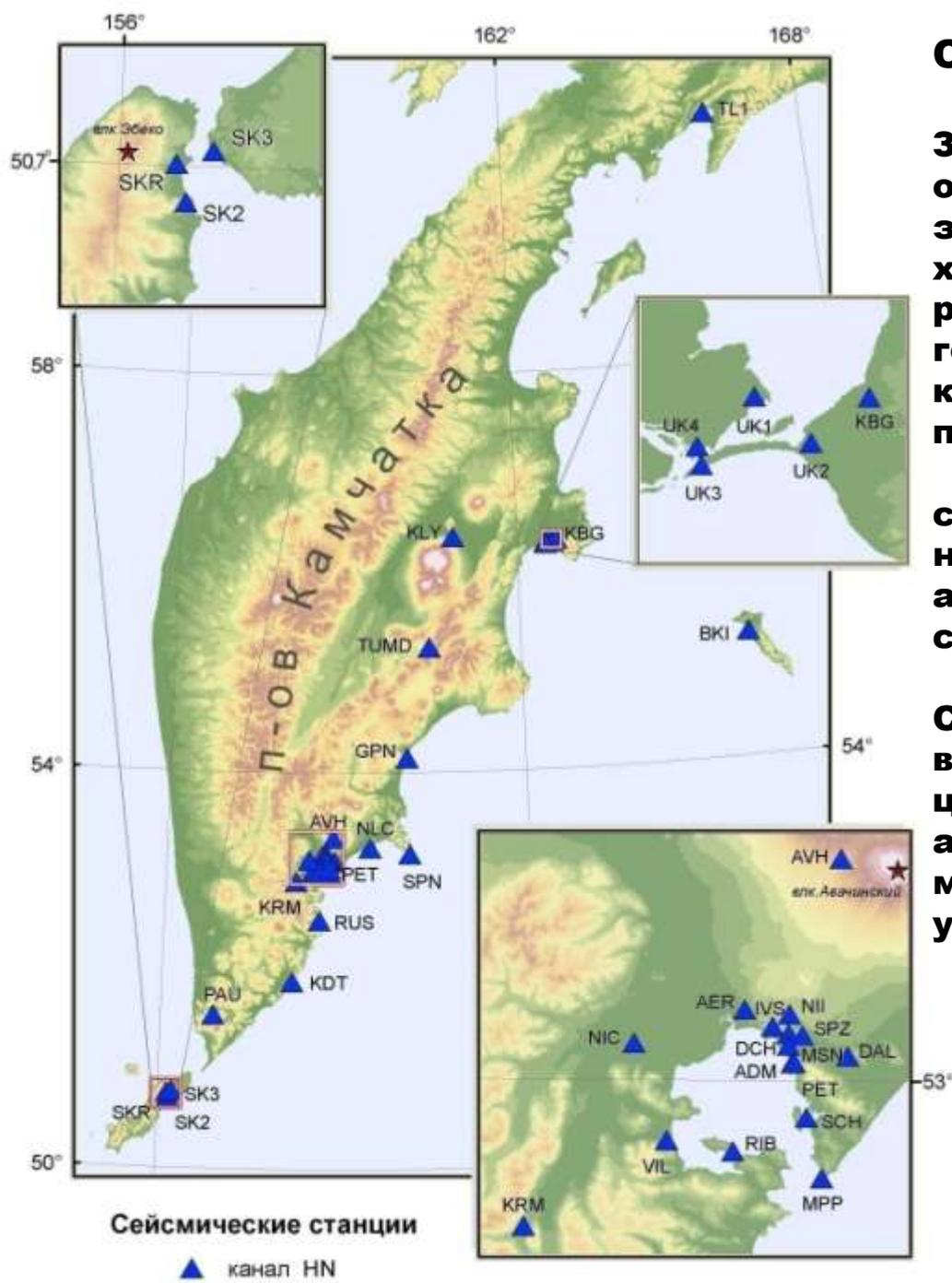
**Пункт комплексных наблюдений
«Безымянный-Грива»**





Сейсмические станции Камчатки, оснащенные короткопериодными и широкополосными велосиметрами, обеспечивают надежную регистрацию сейсмических сигналов в широком частотном и динамическом диапазоне и идентификацию землетрясений на всей территории Камчатского края с прилегающими акваториями с $M_I \geq 3.5$ ($K \geq 8.5$). Для событий из Авачинского залива – с $M_I \geq 2.6$ ($K \geq 7.0$), для Авачинской группы вулканов – с $M_I \geq 0.9$ ($K \geq 3.5$), для Ключевской группы вулканов – с $M_I \geq 1.6$ ($K \geq 5.0$).





Сети акселерометров

Записи сильных землетрясений лежат в основе исследований свойств очага землетрясения (источника колебаний), характера затухания амплитуд с расстоянием, влияния грунтово-геологических условий, соотношения колебаний грунта с фактическими повреждениями зданий.

Создание сети станций сильных движений на Камчатке началось в 1962 г. размещением автоматической установки УАР [2] на станции «Петропавловск»

По состоянию на 2013 г. сеть ССД на Камчатке состоит из 30 пунктов, все оснащены 24-х разрядными цифровыми регистраторами и акселерометрами Guralp CMG-5T, максимальное регистрируемое ускорение до (1-2) g.

Временные сети для наблюдений в эпицентральных зонах сильных землетрясений и на активных вулканах.



Создание временных локальных сейсмометрических сетей (ВЛСС) на активных вулканах, в эпицентральных зонах сильных землетрясений или с целью сейсмического районирования территории это наиболее простой путь решения многих фундаментальных и практических задач.

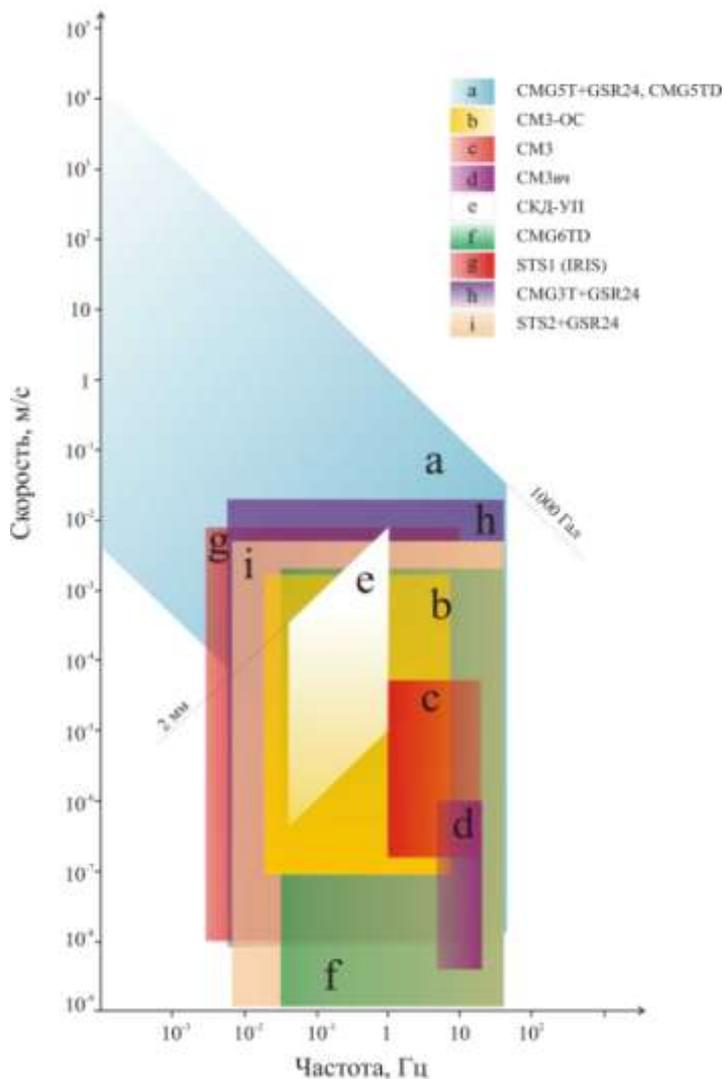
Для проведения наблюдений путем создания ВЛСС Камчатским филиалом были приобретены цифровые портативные широкополосные сейсмометры CMG-6TD производства Guralp Systems Ltd.

В 2012-2013 гг. были проведены сейсмологические наблюдения в районе вулкана Пл. Толбачик. Цель проведения работ – детальное изучение сейсмичности района в ходе извержения.

Временная сеть в районе вулкана Пл. Толбачик

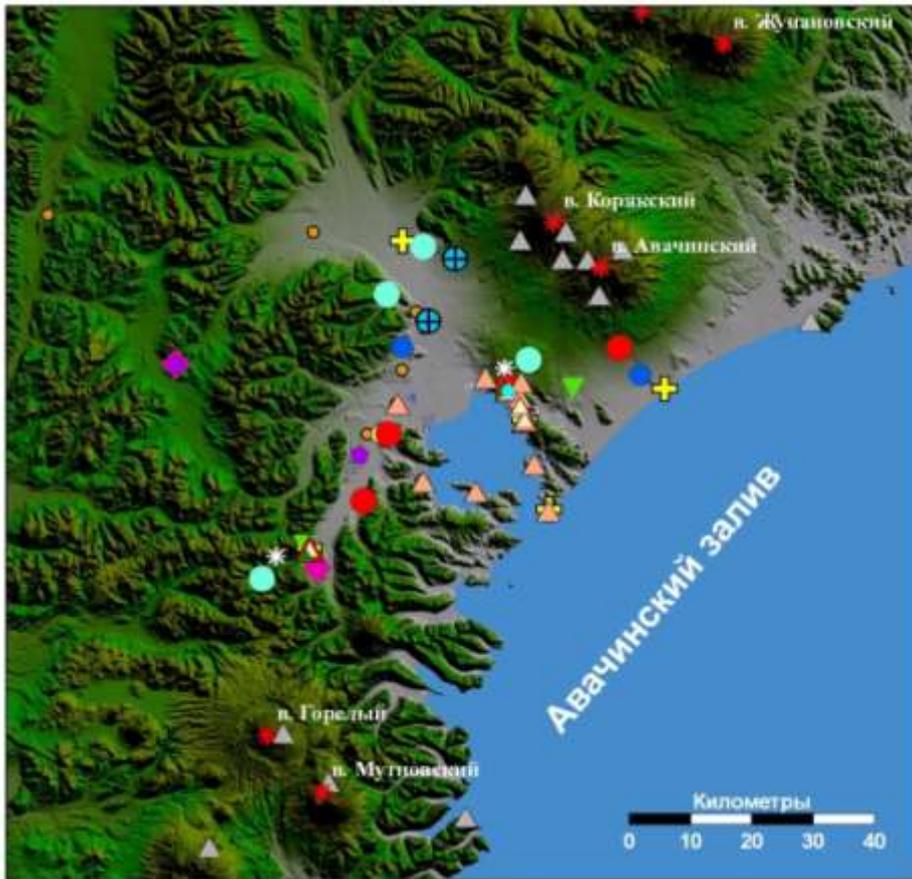
Метрологическое обеспечение сейсмологических наблюдений.

Динамики сигналов, регистрируемых каналами сейсмических станций на Камчатке



Передаточные функции сейсмометрических каналов станций рассчитываются с использованием результатов импульсной калибровки для РТСС и на основании паспортных данных производителей оборудования для стационарных станций и пунктов ССД. Передаточные функции всех сейсмометрических каналов представляются в виде нулей и полюсов .

Ежедневный контроль состояния оборудования и системы в целом (каналы связи, GPS, параметры сейсмометрических каналов, качество и полнота данных и пр.).



Условные обозначения

- | | |
|--|--|
| Вулканы | Станции сильных движений |
| Пункты газодинамических наблюдений | Пункты гидрогеодинамических наблюдений |
| Пункты наклономерных наблюдений | Пункты наблюдений вш |
| Пункты акустических наблюдений | Пункты электротеллурических наблюдений |
| Станции сильных движений | Станции службы цунами |
| Радиотелеметрические сейсмические станции | Метеостанции |
| Пункты мониторинга концентрации подключенных газов | Пункты ГТД мониторинга |
| Пункт геомагнитных наблюдений | Пункты GPS наблюдений |
| Стационарные сейсмические станции | Населенные пункты |
| Пункты гидрогеохимических наблюдений | |

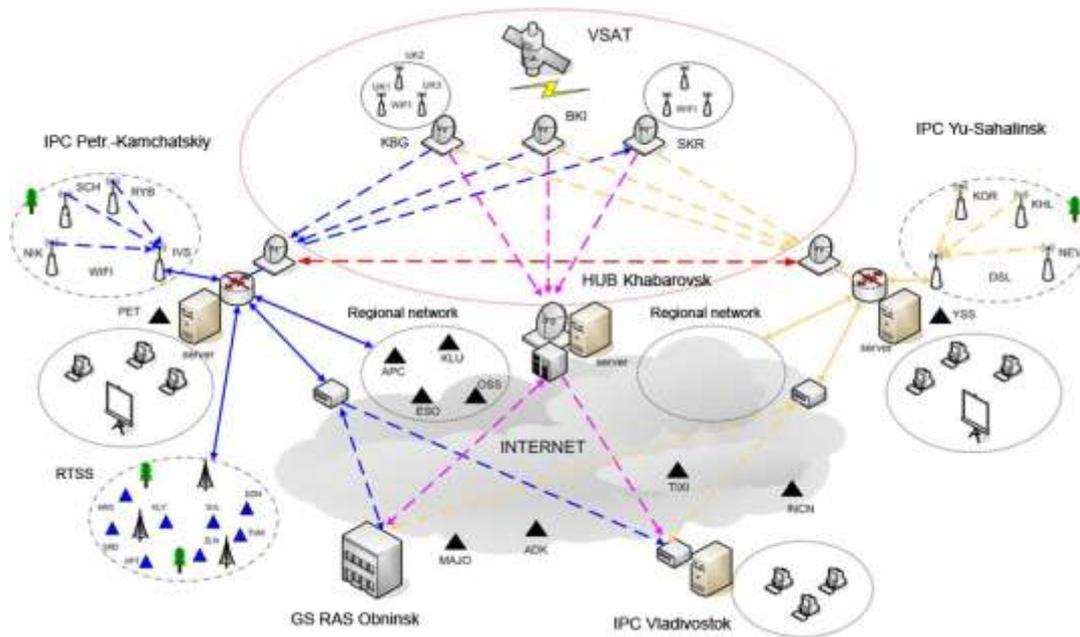
Системы геофизических и других режимных наблюдений сосредоточены главным образом в районе г. Петропавловска-Камчатского:

- сеть гидрогеохимических наблюдений (12 водопунктов)
- пункты гидродинамических наблюдений (2 скважины),
- сеть GPS наблюдений KamNet (25 постоянных пункта)
- наклономерная сеть (7 наклономеров);
- пункты радонового мониторинга (3 пункта);
- пункты акустического мониторинга (4 пункта);
- пункты измерения электротеллурических потенциалов (4 системы профилей);
- пункты регистрации сейсмических шумов (2 станции);
- комплексная геофизическая обсерватория «Карымшина»;
- пункты экспериментальных газодинамических наблюдений и нейтронного мониторинга;
- пункты видео наблюдений за активными вулканами Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Авачинский, Корякский, Кизимен, Плоский Толбачик, Горелый.

Камчатская региональная сеть GPS и наклономерных наблюдений.



Система сбора, обработки, хранения и представления данных наблюдений и результатов их обработки

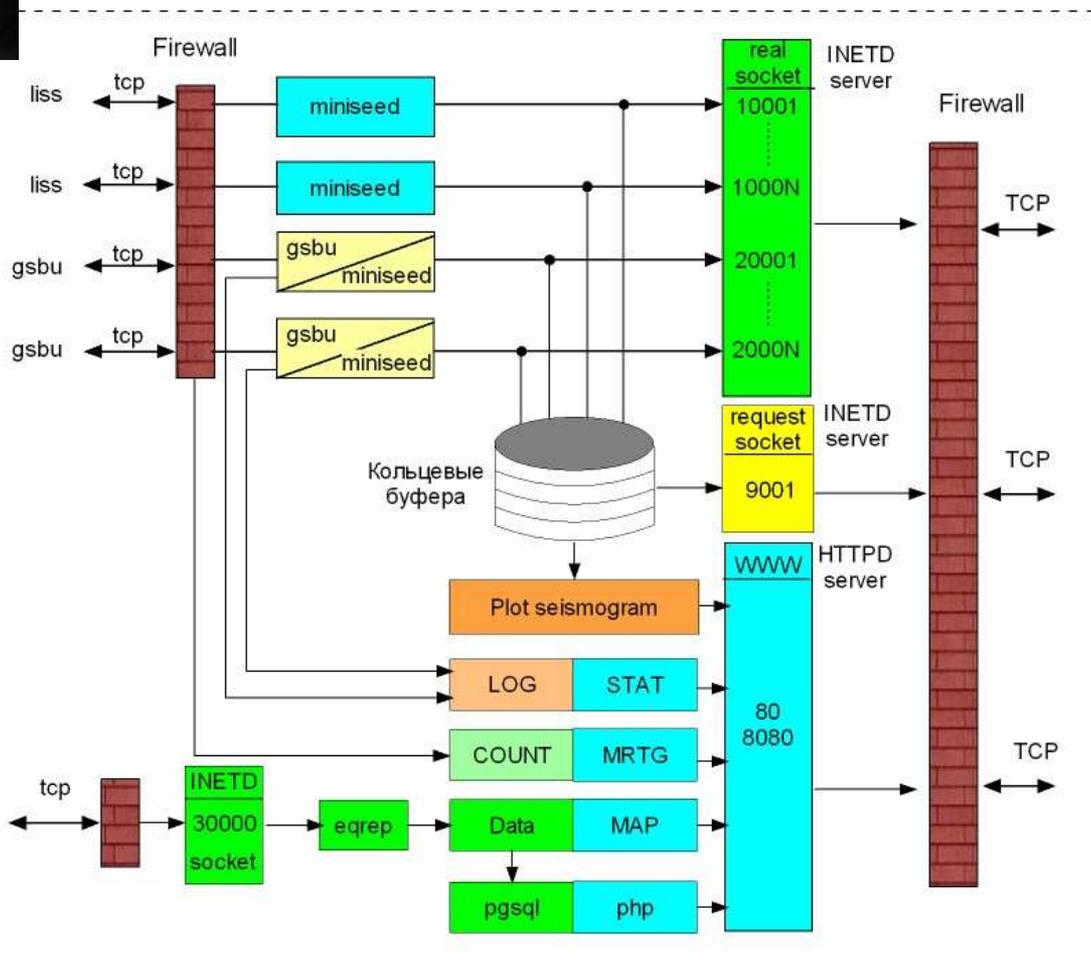


В основе организации всех работ по сбору, обработке и хранению сейсмологической и геофизической информации лежит корпоративная сеть КФ ГС РАН, которая включает в себя: локальные вычислительные сети региональных ИОЦ ГС РАН “Петропавловск”, “Южно-Сахалинск” и “Владивосток”; удаленных центров сбора данных (опорных сейсмических станций, групп станций, приемных центров РТСС)

Данные со всех станций доступны в реальном времени, и поступают по спутниковым каналам связи, выделенным линиям и Ethernet радио-каналам на частотах 5.3 ГГц. Обработка сейсмической информации осуществляется в региональном информационно-обрабатывающем центре.

Структура коммуникационной системы

Логическая структура сервера сбора сейсмических данных

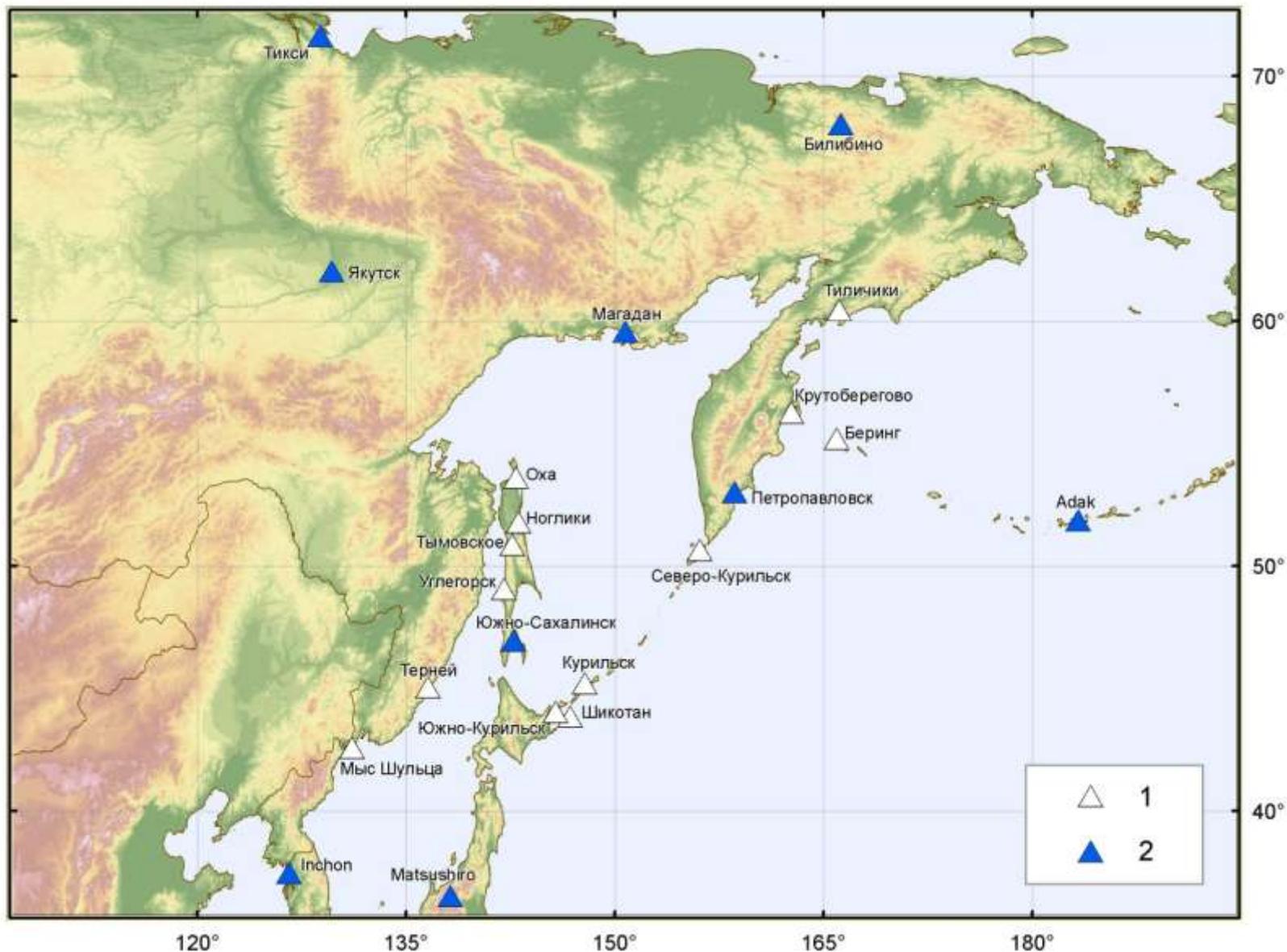


Сервер сбора под ОС FreeBSD обеспечивает :

- 1) прием пакетов данных с регистраторов станций;
- 2) преобразование данных в формат MiniSeed
- 3) прием MiniSeed пакетов с удаленных LISS серверов
- 4) создание кольцевых буферов на дисковых массивах.
- 5) непрерывную передачу MiniSeed пакетов на клиента
- 6) доступ к кольцевым буферам данным в режиме запроса
- 7) мониторинг текущего состояния систем регистрации
- 8) прием сообщений с АРМ оператора

Основным файловым хранилищем является специализированный архивный сервер сейсмических данных с двумя RAID массивами 5 уровня общей емкостью 12Тб. Данные на сервере хранятся в виде суточных файлов по каждой из станций. Данные сети радиотелеметрических сейсмических станций хранятся в виде суточных файлов по каждому центру сбора.

**Сейсмические станции на Дальнем Востоке РФ,
данные которых доступны РИОЦ «Петропавловск»,
«Южно-Сахалинск» и «Владивосток»**



Кроме сейсмологической информации, корпоративная сеть обеспечивает сбор данных геодезических, геофизических и других наблюдений: пункты GPS, наклонометры, электротеллурические потенциалы, волновые возмущения в атмосфере (акустика), видео наблюдения за вулканами.

Данные геофизических наблюдений хранятся в виде Информационной системы "Полигон" (ИС), реализованной на основе СУБД MySQL, и в специализированных архивах (базах данных), организованных в лабораториях КФ ГС РАН.



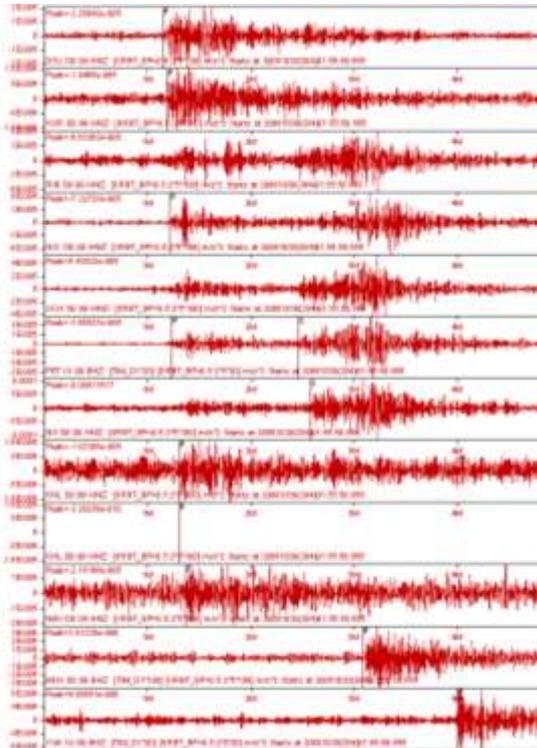
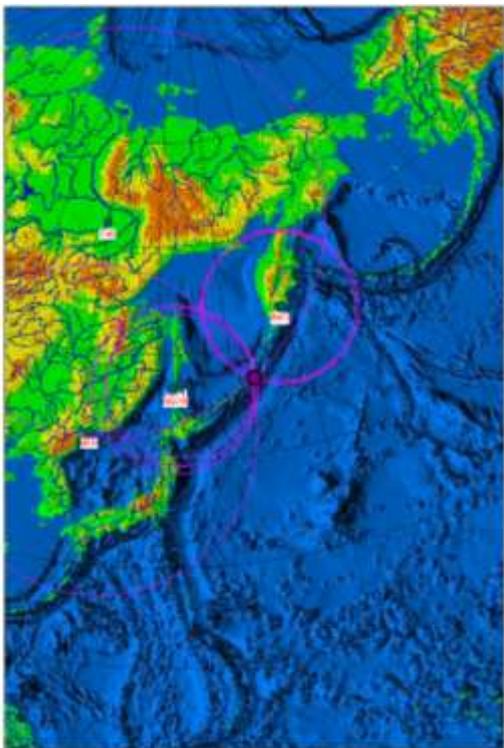
**Развитие
пирокластического
потока на вулкане
Кизимен 20.09.2012 г.
по данным
видеонаблюдений в
режиме реального
времени**

В зависимости от времени задержки выходных данных система обработки данных сейсмологических наблюдений, имеет 3 уровня:

- **служба срочных донесений с задержкой до 30 минут;**
- **оперативная обработка с задержкой до 24 часов;**
- **окончательная (сводная) обработка с задержкой до одного года.**

В работе подразделений КФ ГС РАН, занятых сбором и оперативной обработкой сейсмологической информации, в зависимости от уровня сейсмической и вулканической опасности, выделяются три режима: 1) режим повседневной деятельности; 2) режим повышенной опасности; 3) чрезвычайный режим.

Для автоматизированной обработки сейсмических сигналов используется разработанный в КФ ГС РАН (Д.В. Дроздин) пакет программного обеспечения DIMAS



Программа обработки DIMAS предназначена для визуализации и детального анализа сейсмических сигналов в операционных системах Windows и Windows NT.

Программа способна отображать зарегистрированные данные в виде графиков на экране и позволяет сейсмологу выполнять анализ исходных данных во временной, частотной, частотно-временной и пространственной областях.

Информационные ресурсы КФ ГС РАН

Для обеспечения данными сейсмического мониторинга фундаментальных исследований и системы предупреждения о сейсмической и вулканической опасности на территории Камчатского края на основе систематизации и обработки данных сейсмологических наблюдений созданы и доступны через Internet (<http://emsd.ru>) информационные ресурсы КФ ГС РАН, которые включают в себя следующие основные компоненты:

База данных «Региональный каталог Камчатки и Командорских островов». Ресурс зарегистрирован, № 0220711890

Информационная система «Монитор сейсмической активности Дальнего Востока России» по данным сети широкополосных сейсмических станций

Фактографическая база данных «Активность вулканов Камчатки», № 0220711891.

Оперативные данные.

Информация о происшедших в регионе землетрясениях и о состоянии вулканов передается по установленному регламенту заинтересованным организации и размещается на сервере КФ ГС РАН в Интернете

БАНК

региональных сейсмологических данных о землетрясениях Камчатки, Командорских островов и Северных Курил

Архив первичных материалов наблюдений

База оперативных данных

Данные
о сейсмических
станциях

Сводная база данных
параметров очагов землетрясений
Камчатки, Командорских островов
и Северных Курил

Оперативный
региональный
каталог

Каталог
землетрясений
Авачинской-Корякской
группы вулканов

Каталог
землетрясений
Северной группы
вулканов

Региональный
каталог

Каталог
механизмов

Бюллетень
РТСС

Бюллетень
РТСС

Бюллетень
РТСС

Исходные
станционные
данные

Макросейсмический
каталог

Бюллетень
сейсмостанции
Петропавловск

Бюллетень
стационарных
сейсмостанций

Подробные
станционные
данные

Данные о пунктах сбора
макросейсмической
информации

Основные проблемы системы

1. Обеспечение непрерывности работы станций (потоков данных на ИОЦ): эксплуатационные затраты; качество каналов передачи данных.

**Состояние станций
26.09.2013 г.**

станция	E	N	Z	отсутствует синхронизации с GPS	значительное расхождение уровней спектров	Нет полезного сигнала	Примечания
DCHa	blue	blue	blue	ос			
DOLa	red	red	red				нет данных
ESOV			yellow				
KDTa	red	red	red				нет данных
KDTv	red	red	red				нет данных
NEVa	red	red	red				нет данных
NGLv	red	red	red				нет данных
OSSv	red	red	red				
PAUa	red	red	red				нет данных
PAUv	red	red	red				нет данных
SHOa	red	red	red				нет данных
SHOV	red	red	red				нет данных
SPNv	blue	blue	blue	ос			
SSHv	red	red	red				нет данных
TL1v	blue	blue	blue	ос			
UK3a	blue	blue	blue	ос			
UK4a	red	red	red				нет данных



- канал неисправен
- канал не пригоден для оценки кинематически и динамических характеристик
- канал не пригоден для оценки динамических характеристик
- канал не пригоден для оценки кинематических характеристик
- канал в норме
- пропуски в данных

Основные направления модернизации и развития системы комплексных наблюдений

- 1. Сети: западное побережье и север Камчатского края; ССД.**
- 2. РТСС: пункты комплексного мониторинга на вулканах, оснащенные цифровыми технологиями.**
- 3. Развитие комплекса геофизических, гидрогеохимических и др. наблюдений.**
- 4. Оптимизация каналов связи.**
- 5. Развитие системы сбора, обработки и представления данных: разработка и внедрение методов и программ автоматической и автоматизированной обработки данных; разработка новой ИССД; разработка Интернет системы для сбора макросейсмических сведений; развитие и совершенствование магнитудных оценок в автоматическом и автоматизированном режиме.**
- 6. Совершенствование организационной структуры.**
- 7. Международное сотрудничество: обмен данными.**



Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов



«Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов» содержит параметры событий с $K \geq 8.5$, зарегистрированных Камчатской региональной сетью сейсмических станций в период с 1962 года по настоящее время. Подробнее >>>

При использовании данных, представленных в Каталоге, просим Вас указывать следующую ссылку: «Каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов», Камчатский филиал Геофизической службы РАН, <http://www.emsd.ru/iso/catalogue.php>

Параметры поиска

<input checked="" type="radio"/> Прямоугольный район выбора		<input type="radio"/> Круговой район выбора	
<input type="text" value="64.00"/>	Верхняя граница широты	<input type="text" value="53.0235"/>	Центральная широта
<input type="text" value="48.00"/>	Нижняя граница широты	<input type="text" value="158.65"/>	Центральная долгота
<input type="text" value="150.00"/>	Левая граница долготы	<input type="text" value="0"/>	Минимальный радиус, км
<input type="text" value="174.00"/>	Правая граница долготы	<input type="text" value="200"/>	Максимальный радиус, км

Дата	
Начальная	Конечная
<input type="text" value="2011"/> Год <input type="text" value="09"/> Месяц <input type="text" value="11"/> День	<input type="text" value="2011"/> Год <input type="text" value="10"/> Месяц <input type="text" value="11"/> День

Глубина, км		K_s (по классификации Федотова)	
<input type="text" value="0"/>	Минимальная	<input type="text" value="700"/>	Максимальная
<input type="text" value="8.5"/>	Минимальное	<input type="text" value="18"/>	Максимальное

Выбрать землетрясения по тектоно-географической структуре ▼

- Выбрать все / Снять выделение
- 1) Сейсмофокальная зона Курил и Южной Камчатки;
- 2) Северная часть Камчатской сейсмофокальной зоны;
- 3) Командорский сегмент Алеутской дуги;
- 4) "Тихий океан";
- 5) Северные Курилы;
- 6) Континентальные области Камчатки;
- 7) Корякский сейсмический пояс;
- 8) "Берингово море";
- 9) Залив Шеликова;
- 10) Охотия;
- 11) Северо-Восток России;

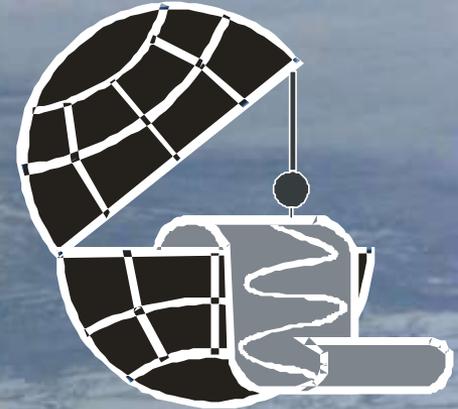


Поиск

Задать параметры по умолчанию

Заключение

- 1. В 2013 г. сеть постоянно действующих сейсмических станций Камчатского филиала Геофизической службы РАН состоит из 71 пункта регистрации сейсмических сигналов, оснащенных каналами связи с передачей данных в реальном времени.**
- 2. Разномасштабные сети станций с различной разрешающей способностью дают возможность регистрировать без искажений как сильнейшие тектонические землетрясения с $M > 8$, так и слабые землетрясения, с $M \leq 1.0$.**
- 3. Сети стационарных и радиотелеметрических станций обеспечивают регистрацию всех землетрясений с уровня энергии: на всей территории Камчатского края с прилегающими акваториями с $K \geq 9.0$ ($M_I \geq 3.5$); для Авачинского залива – с $K \geq 7.0$ ($M_I \geq 2.6$); для Авачинской группы вулканов – с $K \geq 3.5$ ($M_I \geq 1.0$); для Ключевской группы вулканов – с $K \geq 5.0$ ($M_I \geq 1.6$).**
- 4. Созданная за последние годы сеть широкополосных цифровых сейсмических станций дает возможность решать фундаментальные и прикладные задачи сейсмологии.**
- 5. Внедрение современных технологий сбора, обработки и хранения сейсмологической информации позволило создать высокоэффективную систему оперативного контроля за сейсмической и вулканической активностью на территории Камчатки, а также предупреждения о цунами.**



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!