

*Чебров В. Н.**Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский, chebr@emsd.ru***Введение**

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), огромные волны цунами, находится 30 действующих вулканов, в числе которых такие вулканы-гиганты, как вулканы Ключевской и Шивелуч [4].

Чтобы уменьшить риски природных катастроф, необходимы научные исследования их природы и воздействия на территорию. Основные характеристики сейсмического режима региона и возможных воздействий на территорию (пространственно-временное распределение землетрясений, повторяемость сильных землетрясений, максимально возможные магнитуды $M_{\max}$, параметры зон ВОЗ, амплитудные и спектральные характеристики воздействий сильных землетрясений в различных грунтовых условиях и др.) необходимые для объективной оценки сейсмической опасности территории могут быть получены по результатам долговременных детальных сейсмологических наблюдений и других геологических и геофизических исследований [22]. Данные сейсмологических наблюдений также являются приоритетными в системе оперативного предупреждения о цунами и при оценке состояния и развития вулканической активности.

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 [24].

Региональная система сейсмического мониторинга на Камчатке включает себя [25]: 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 [25].

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.

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, рис. 1. В составе сейсмометрических каналов станций применяются различные датчики. Короткопериодные велосиметры СМЗКВ (полоса частот регистрируемых сейсмических сигналов 0.7÷20 Гц); велосиметры СМГ ЗТВ (0.0083÷40 Гц);

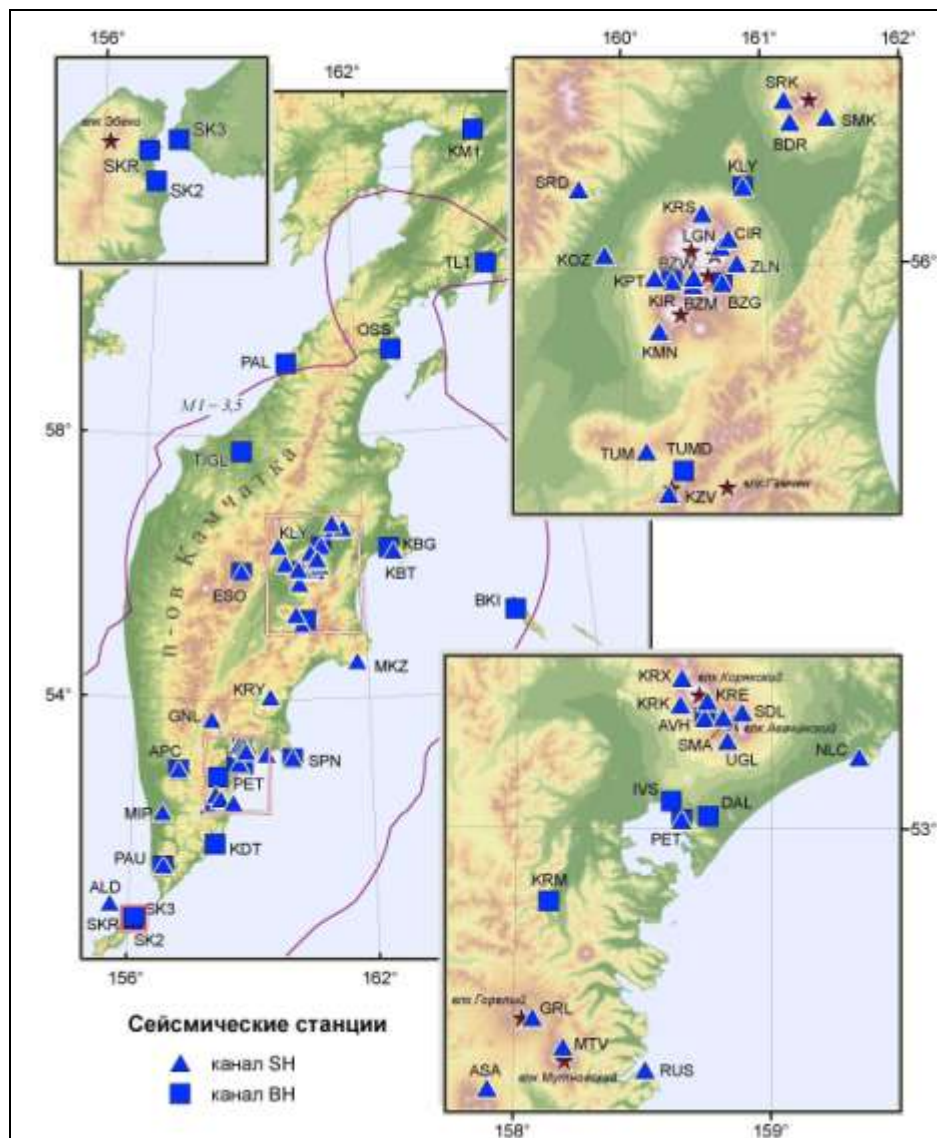


Рис. 1а Сети велосиметров. SH – короткопериодные каналы BH – широкополосные каналы. M1 = 3,5 – контур надежной регистрации.

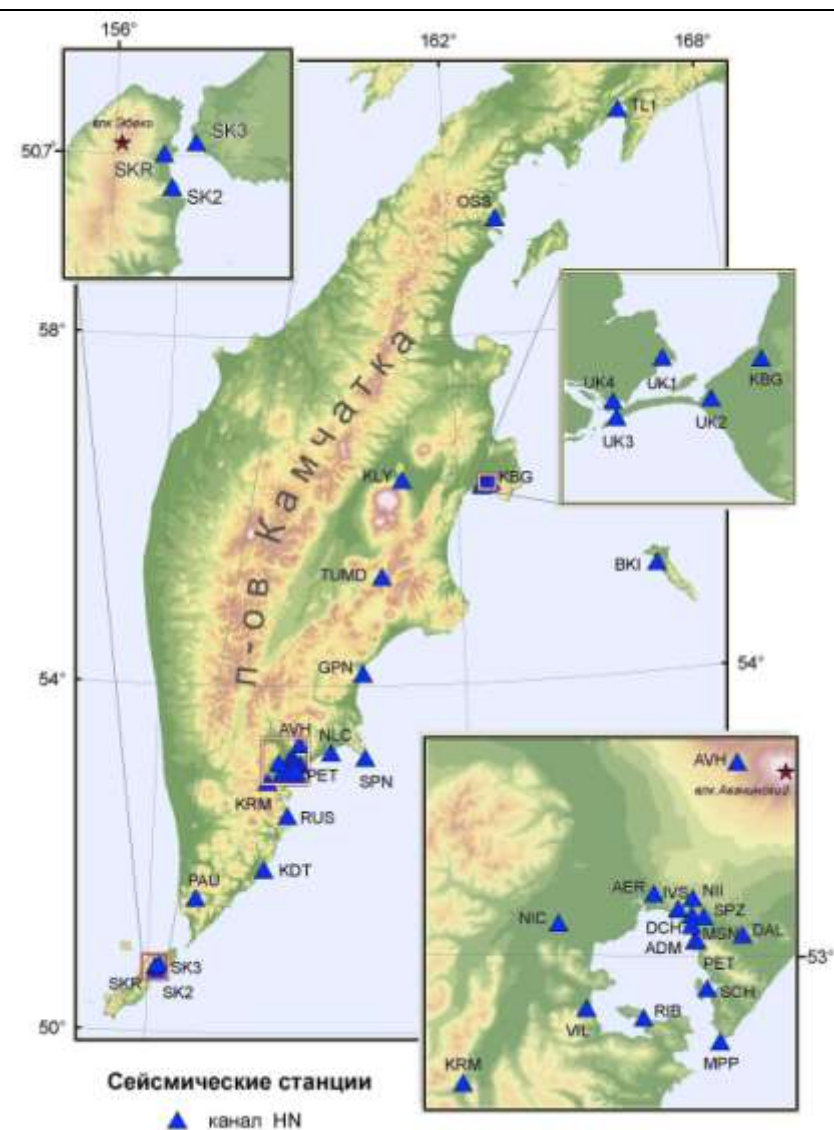


Рис. 1б Сети акселерометров.

велосиметры CMG 6T (0.033÷40 Гц); велосиметры CM3вч (4÷20 Гц); велосиметры CM3ос (0.02÷7 Гц); акселерометры CMG 5T (0÷40 Гц).

Для цифровой регистрации сейсмических сигналов используется оборудование, разработанное в 2002-2005 гг. в КФ ГС РАН (стационарная цифровая сейсмическая станция (СЦСС) [18]) и регистраторы зарубежных специализированных фирм GSR-24 (GeoSIG, Швейцария), DM 24 (Guralp, Англия) [13].

Оборудование РТСС для решения задачи контроля активных вулканов в оперативном режиме было разработано еще в 1974-1982 гг. в Институте вулканологии и его Опытно-методической сейсмологической партии под руководством В.А. Гаврилова [1]. Для передачи сейсмических сигналов по радиоканалу используется ЧМ-ЧМ модуляция. В 2010-2012 гг. в КФ ГС РАН разработаны и опробованы технические и программные средства для демодуляции ЧМ сигналов на приемных центрах РТСС методами цифровой обработки сигналов. В 2013 система цифровой демодуляции для каналов радиотелеметрических сейсмических станций введена в эксплуатацию на всех приемных центрах РТСС. Внедрение цифровой обработки сигналов на приемных центрах РТСС обеспечивает за счет понижения аппаратных шумов расширение динамического диапазона регистрируемых сигналов не менее чем на 6ДБ и повышает за счет уменьшения количества аналоговых элементов в измерительном тракте долговременную стабильность характеристик сейсмометрических каналов.

Сейсмические станции Камчатки (рис. 1а), 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 $M \geq 3.5$ ($K \geq 8.5$). Для событий из Авачинского залива – с $M \geq 2.6$ ($K \geq 7.0$), для Авачинской группы вулканов – с $M \geq 0.9$ ($K \geq 3.5$), для Ключевской группы вулканов – с $M \geq 1.6$ ($K \geq 5.0$).

Сеть станций сильных движений (рис. 1б) обеспечивает регистрацию сильных землетрясений, когда все другие сейсмометрические системы неработоспособны. Результаты работы сети ССД, кроме научно-исследовательского значения, имеют важные практические приложения при строительстве в сейсмоопасных зонах. Записи сильных землетрясений, получаемые станциями сильных движений, 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. Сеть ССД на Камчатке в 2013 г. состоит из 31 пункта, которые оснащены 24-х разрядными цифровыми регистраторами и акселерометрами Guralp CMG-5, максимальное регистрируемое ускорение до 1-2 g. В районе г. Петропавловска-Камчатского имеется 15 пунктов ССД.

Временные локальные сейсмометрические сети (ВЛСС) и детальные полевые сейсмологические наблюдения всегда ориентированы на конкретный локальный объект и на решение конкретных научных и практических задач. Такими объектами на Камчатке являются: активные вулканы, эпицентральные зоны сильных землетрясений, сейсмически активные разломные зоны, населенные пункты и окружающая их территория и др. Среди научных и практических задач можно назвать: исследования связи сейсмического режима и активности вулканов; исследования очагов сильных землетрясений и строения верхних горизонтов земной коры; сейсмическое районирование. Основная задача таких сетей - это регистрация сейсмических сигналов от землетрясений или шумовых сейсмических сигналов (микросейсмы, техногенные шумы, вулканическое дрожание) в максимально возможном частотном и динамическом диапазоне. Для проведения наблюдений путем создания ВЛСС Камчатским филиалом при финансовой поддержке РФФИ были приобретены цифровые портативные широкополосные сейсмометры CMG-6TD производства Guralp Systems Ltd. Основными объектами детальных исследований путем организации ВЛСС в последние годы были вулканы Безымянный, Толбачик и Кизимен, а также Узон-Гейзерная вулcano-тектоническая депрессия [25].

Достоверность и качество сейсмологических данных и каталога землетрясений определяется метрологическим обеспечением наблюдений. Передаточные функции каналов станций в форме полюсов и нулей рассчитываются по отклику на калибровочные сигналы с использованием фиксированных (паспортных) значений датчиков сейсмических сигналов. Кроме периодических калибровок каналов станций проводится также по ряду формальных признаков контроль состояния оборудования и формирование сводных таблиц, которые используются инженерами при обслуживании станций и операторами при обработке сейсмометрических данных.

Несмотря на значительные успехи в последние годы в создании на Камчатке современной цифровой системы сейсмологических наблюдений, работающей в режиме реального времени, актуальной задачей остается ее дальнейшее развитие: недостаточна плотность сетей на западном побережье и севере Камчатки, недостаточно станций сильных движений на территории г. Петропавловска-Камчатского и в других населенных пунктах Камчатки.

Сети геофизических, геодезических, гидрогеохимических и др. наблюдений

Необходимым условием разработки научных технологий прогноза опасных природных процессов и моделирования механизма их развития, кроме сейсмологических наблюдений является должный уровень разномасштабного комплексного геофизического мониторинга изменений напряженного состояния геологической среды, процессов подготовки сильных землетрясений и их отражения в параметрах физических полей. Наибольшее развитие комплексные наблюдения получили на геодинамическом полигоне в районе г. Петропавловска-Камчатского [23].

Геодезические наблюдения [12]. Созданная КФ ГС РАН в середине 90-х годов XX века сеть GPS наблюдений позволяет определять скорости и величины деформационных процессов полуострова Камчатка, Командорских островов и Дальнего Востока, а также измерять величины и скорости накопления деформаций в сейсмоактивных районах и в районах вулканической активности. По данным GPS наблюдений обнаружены хорошо выраженные пресейсмические, косейсмические и постсейсмические деформации, связанные с Кроноцким землетрясением 5 декабря 1997 г., $M_w = 7.8$; Олюторским 20.04.2006 г. с $M_w = 7.6$; Охотоморским 24.05.2013 с $M_w = 8.3$; деформации земной коры, связанные с извержением вулкана Плоский Толбачик в его ареальной зоне в ноябре 2012 г. (НТТИ им 50-летия ИВиС). С 2010 г. после длительного перерыва, на Камчатке начаты наблюдения за наклонами земной поверхности (в 2013 г. 7 пунктов, наклономеры APPLIED GEOMECHANICS 701-2A). Получены данные по косейсмическим и постсейсмическим деформациям связанных с землетрясениями 28 февраля 2013 г., $M_w = 6.8$; данные по деформации постройки вулкана Ключевской, связанные с его извержением в августе – октябре 2013 г.

Гидрогеохимические наблюдения [27]. Сеть гидрогеохимических наблюдений состоит из четырёх гидрогеологических станций, включающих в себя двенадцать водопунктов. Наблюдения ведутся с 1977 г. Параметры, измеряемые в полевых условиях: расход воды, температура воды и воздуха, атмосферное давление. В пробах воды в лабораторных условиях определяются: pH, концентрации хлора, гидрокарбоната, сульфата, натрия, калия, кальция, магния, борной и кремниевой кислоты. В пробах газа в лабораторных условиях определяются: метан, азот, кислород, углекислый газ, аргон, гелий, водород, углеводородные газы (УВГ). Все сильные землетрясения Камчатки за время многолетних наблюдений за режимом подземных вод на Камчатке сопровождались пресейсмическими, косейсмическими и постсейсмическими эффектами в гидрогеохимических параметрах.

Газогеодинамические наблюдения. Сеть состоит из девяти пунктов, где которых измеряются: температура, давление и влажность; концентрация водорода, радона, торона и углекислого газа. Наблюдения ведутся с 1997 г. [19, 10].

Гидрогеодинамические наблюдения [7], три пункта. Измеряемые параметры: уровень воды, атмосферное давление, электропроводность.

Электротеллурические наблюдения, четыре пункта. Измеряемые параметры: разность потенциалов между электродами во взаимно перпендикулярных направлениях. Наблюдения ведутся с 1990 г. [14]

Наблюдения за высокочастотными сейсмическими шумами (ВСШ), два пункта. Измеряемые параметры: параметры сейсмического шума в узкой частотной полосе с центральной частотой около 30 Гц. Наблюдения ведутся с 1992 г. [15].

Акустические наблюдения (волновые возмущения в атмосфере), 5 пунктов. Измеряемые параметры: вариации атмосферного давления в диапазоне 0.003-10 Гц и 0.3-10 Гц. Наблюдения ведутся с 1992 г. [20].

Метеопараметры, три пункта. Измеряемые параметры: температура, скорость и направление ветра, давление, влажность, количество осадков.

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

В основе системы сбора, обработки, хранения и представления 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) [25]. Включение в сеть КФ ИОЦ “Южно-Сахалинск” и “Владивосток” было обусловлено необходимостью организации оперативной оценки параметров землетрясений в акваториях Тихого океана, Японского, Охотского и Берингова морей в целях предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России.

Система сбора и передачи данных организована на базе каналов сети Internet, RadioEthernet сетей технологической связи, спутниковых VSAT сетей по технологии “HughesNet” и “Idirect”.

В сети используются специализированные серверы осуществляющие буферизацию потоков данных с сети станций. Для задач оперативной обработки и повышения надежности оценок параметров землетрясений организована буферизация потоков данных со станций IRIS мировой сети сейсмологических наблюдений, расположенных в Тихоокеанском регионе (MIDW, ADK, INCN, MAJO, YAK, YSS, PET, TIXI, BILL). Основным файловым хранилищем являются специализированные архивные серверы сейсмических данных расположенные в РИОЦ “Петропавловск”, созданные на основе двух RAID массивов 6-го уровня по 12 TB каждый. Данные хранятся в виде суточных файлов по каждой из станций. Данные сети радиотелеметрических сейсмических станций хранятся в виде суточных файлов по каждому центру сбора.

В сети работают UNIX SQL серверы баз данных. Они обеспечивают работу различных информационных баз данных. Один из серверов выполняет в сети функции Web сервера с возможностью обработки и визуализации данных по запросам клиентов. В сети предусмотрен специализированный сервер для задач контроля и мониторинга работы сети и основных потоков данных.

В зависимости от времени задержки выходных результатов обработка данных сейсмологических наблюдений имеет 3 уровня [25]:

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

Служба срочных донесений обеспечивается лабораторией исследования и мониторинга сильных землетрясений (сектор “Петропавловск-Цунами”) и лабораторией исследований сейсмической и вулканической активности (ЛИСВА) для всех землетрясений Дальнего Востока России с $M > 5.5$, Камчатки с $M > 4.5$, для района Авачинского залива с $M > 4.0$. Кроме этого по данным РТСС производится оценка параметров камчатских землетрясений с $M > 4.0$ в автоматическом режиме.

Результаты обработки рассылаются в центры цунами Росгидромета, ГС РАН, МЧС и в администрацию Камчатского края, а также публикуются на официальной странице КФ ГС РАН в Internet (www.emsd.ru).

Лаборатория исследований и мониторинга сильных землетрясений (сектор “Петропавловск-Цунами”) в составе регионального ИОЦ ГС РАН входит также в систему предупреждения о цунами (СПЦ) на Дальнем Востоке и при возникновении сильного близкого землетрясения у берегов Камчатки и возможной угрозе цунами объявляет тревогу. Для быстрой автоматической оценки параметров потенциально цунамигенных землетрясений в Дальневосточном регионе России используется программный комплекс “БЛИЦ” [26]. Программный комплекс обеспечивает определение координат и энергетическую оценку землетрясений с магнитудой более 5.5 не позднее, чем через 5.5 минут с момента начала регистрации события сетью станций.

В режиме оперативной обработки работают лаборатория исследований сейсмической и вулканической активности (ЛИСВА) и приемный центр РТСС в г. Ключи. После оснащения всех стационарных станций цифровым оборудованием и организацией каналов связи, позволяющих получать их данные в реальном времени на РИОЦ, необходимости в оперативной обработке на стационарных станциях нет. Основная работа в режиме оперативной обработки выполняется в ЛИСВА. Кроме мониторинга региональной сейсмичности, здесь ведется мониторинг вулканической активности. Результаты оперативной обработки землетрясений концентрируются и организуются в базы данных. Оперативный каталог содержит координаты землетрясения, его глубину и энергетический класс $K_{5.2}^{Ф68}$ по энергетической классификации С.А. Федотова [18]. Для сильных землетрясений определяется магнитуда по коде. Для расчетов координат гипоцентров тектонических землетрясений в оперативной обработке на приемных центрах РТСС с 2010 г. используется

программа ПО DIMAS [6], годограф И.П. Кузина [11] и локальные годографы вулканов Авачинский и Ключевской [16].

Окончательная обработка всех землетрясений совместно по всем наблюдательным сетям производится лабораторией сводной обработки. Для расчетов координат гипоцентров землетрясений с 1978 г. применяются программа А.А. Гусева и Д.В. Дроздина [5, 6]. С 2010 г., благодаря развитию в КФ ГС РАН системы сбора данных наблюдений, обеспечивающей доступ к данным всех сейсмических станций в режиме близком к реальному времени, оценки основных параметров землетрясений (координаты гипоцентра, энергия), полученные в оперативном режиме, заносятся в окончательный каталог без изменений. Дополнительные параметры землетрясений, традиционно получаемые ЛСО в течение многих лет, включают в себя: макросейсмические данные, механизмы очагов, а также разнообразные энергетические характеристики землетрясений.

Окончательный каталог землетрясений Камчатки и Командорских островов является основным результатом деятельности КФ ГС РАН.

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) повседневной деятельности; 2) повышенной опасности; 3) чрезвычайный.

Кроме сейсмологической информации, корпоративная сеть обеспечивает сбор данных геодезических, геофизических и других наблюдений.

На основе систематизации и обработки данных комплексных геофизических наблюдений КФ ГС РАН созданы и поддерживаются информационные ресурсы доступные широкому кругу пользователей в Internet или по запросу.

В результате обработки исходных данных сейсмических станций формируются разделы Банка сейсмологических данных КФ ГС РАН. В состав Банка входит вся сопутствующая информация о землетрясениях Камчатки и прилегающих территорий, включая оценки параметров “камчатских” землетрясений международными и Российскими сейсмологическими центрами (ГС РАН в Обнинске, Сахалинский филиал ГС РАН, Геологическая служба США USGS, Международный сейсмологический центр ISC, Global CMT США). Разделы Банка сейсмологических данных Камчатки имеют разный уровень доступа: через Internet для всех пользователей открыт каталог основных параметров землетрясений с 1962 г. по настоящее время с энергетическим классом $K_s \geq 8.5$; остальная информация доступна пользователям локальной сети КФ ГС РАН или другим заинтересованным лицам по запросу.

Кроме каталогов землетрясений данные сейсмологических, геофизических и др. наблюдений и результаты их обработки представлены в информационных системах, в цифровых архивах и базах данных. На странице КФ ГС РАН в Internet (www.emsd.ru) доступны информационные системы «Служба срочных донесений», «Монитор сейсмической активности Дальнего Востока России», информационно-вычислительная система «Землетрясения Камчатки», фактографическая база данных «Активность вулканов Камчатки» и др. Для организации, визуализации и анализа данных комплексных геофизических наблюдений разработана информационная система «POLYGON» [8]. Цифровые архивы «Волновые формы региональных землетрясений Камчатки, Дальнего Востока России и мира», «Видеонаблюдения за активными вулканами Камчатки» и др. доступны по запросу.

Банк сейсмологических данных Камчатки и информационные ресурсы КФ ГС РАН в Internet подробно представлены в [2, 3, 9].

Существующая система хранения и представления сейсмологических данных, разработанная еще в 80-х годах XX века, не отвечает современным требованиям, предъявляемым к информационным системам. В настоящее время ведется работа по созданию единой информационной системы сейсмологических данных (ИССД) предназначенной для комплексного информационно-аналитического обеспечения деятельности КФ ГС РАН и фундаментальных научных исследований в области наук о Земле [17]. В основу ИССД положена адаптированная под особенности КФ ГС РАН структура, используемая в Международном сейсмологическом центре (ISC).

Организация экспертной оценке текущего состояния сейсмической и вулканической опасности

Оперативную оценку сейсмической опасности, прогноз землетрясений и извержений вулканов, а также их возможных последствий на территории Камчатского края осуществляет Камчатский филиал Российского экспертного совета (РЭС) по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска (КФ РЭС) [24].

Задача своевременной и надежной оценки текущей сейсмической опасности для г. Петропавловска-Камчатского крайне важна. В настоящее время пока невозможно говорить о

возможности надежного и точного краткосрочного прогноза времени, места и энергии сильных землетрясений. Однако, опыт изучения комплекса сейсмологических, гидрогеодинамических, гидрогеохимических, акустических, электромагнитных и др. видов среднесрочных предвестников показывает их приуроченность к заключительным стадиям подготовки сильных камчатских землетрясений, что позволяет уточнять место и время ожидаемого сейсмического события с точностью от первых лет до месяцев – недель.

Заключение

На Камчатке создана региональная система сейсмического мониторинга нового поколения, основанная на широком внедрении цифровых методов регистрации, сбора, контроля, обработки, хранения и представления данных комплексных сейсмологических, геофизических, гидрогеохимических и других наблюдений.

Региональная система сейсмического мониторинга нового поколения позволяет проводить фундаментальные и прикладные исследования в области наук о Земле на мировом уровне, включая:

- исследования сейсмичности, природы, механизма и закономерностей сейсмических процессов, глубинного строения и геодинамики;
- изучение сейсмической опасности на территории Камчатского края и развитие методов ее оценки;
- развитие методов оценки цунамигенного потенциала землетрясений и предупреждения цунами;
- разработку и развитие методов прогноза сильных землетрясений и извержений вулканов.

Сильнейшие землетрясения последних лет показали готовность региональной системы сейсмического мониторинга нового поколения к сильным сейсмическим событиям. Научно-технические наработки в организации наблюдений и их внедрение в практику мониторинга повышают эффективность и оперативность оценок сейсмической, вулканической и цунами опасности.

Данные сейсмологических, геофизических и других наблюдений и результаты их обработки и интерпретации, предоставляемые широкому кругу пользователей в информационных ресурсах КФ ГС РАН, лежат в основе взаимосвязанных исследований по вулканологии, геофизике, геодезии, геодинамике, геотермии и другим направлениям наук о Земле.

Литература

1. Гаврилов В.А., Воропаев В.Ф., Головицкова И.А. и др. Комплекс радиотелеметрической аппаратуры ТЕСИ-2 // Сейсмические приборы. М.: Наука, 1987. Вып. 19. С. 5-16.
2. Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Левина В.И. и др. Банк сейсмологических данных Камчатки // Открытое образование. 2008. № 4. С. 16-22.
3. Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Сеников С.Л. и др. Информационные ресурсы для вулканологических исследований на Камчатке // Открытое образование. 2010. № 5 (82). С. 73-82.
4. Гордеев Е. И., Федотов С. А., Чебров В. Н. Основные результаты детальных сейсмологических исследований на Камчатке, 1961-2011 гг. // Вулканология и сейсмология. 2013.
5. Гусев А.А. Определение гипоцентров близких землетрясений Камчатки на ЭВМ // Вулканология и сейсмология. 1979. № 1. С. 74-81.
6. Дроздин Д.В., Дроздина С.Я. Интерактивная программа обработки сейсмических сигналов DIMAS // Сейсмические приборы. 2010. Т. 46. № 3. С. 22-34.
7. Копылова Г.Н. Оценка информативности уровнемерных наблюдений в скважинах для поиска гидрогеодинамических предвестников землетрясений (на примере Камчатки) // Геофизические исследования. 2009. Т. 10. № 2. С. 56-68.
8. Копылова Г.Н., Латыпов Е.Р., Пантюхин Е.А. Информационная система «Полигон»: комплекс программных средств для сбора, хранения и обработки данных геофизических наблюдений // Проблемы сейсмологии III-го тысячелетия. Матер. междунар. геофиз. конф. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. С. 393–399.
9. Кузнецов Ю.А., Матвеев Е.А. Инвентаризация информационных ресурсов Камчатского филиала Геофизической службы РАН. Труды Четвертой научно-технической конференции «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России». г. Петропавловск-Камчатский. 29 сентября — 5 октября 2013 г.
10. Кузьмин Ю.Д. Газотермодинамические наблюдения на гидротермальных системах Камчатки // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России: Труды II региональной научно-технической конференции 11-17 октября 2009 г. Петропавловск-Камчатский, 2010. С. 273-277.
11. Кузин И.П. Фокальная зона и строение верхней мантии в районе Восточной Камчатки. М.: Наука, 1974. 145 с.

12. *Левин В.Е., Бахтиаров В.Ф., Титков Н.Н., Сероветников С.С., Магуськин М.А., Ландер А.В.* Мониторинг и исследование современных движений земной коры на Камчатке. // Сейсмологические и геофизические исследования на Камчатке. К 50-летию детальных сейсмологических наблюдений / Под ред. Е.И. Гордеева, В.Н. Чеброва. - Петропавловск-Камчатский: Холд. комп. «Новая книга», 2012. С. 188-210.
13. *Мишаткин В.Н., Захарченко Н.З., Чебров В.Н.* Технические средства сейсмической подсистемы службы предупреждения о цунами // Сейсмические приборы. 2011. Т. 47. № 1. С. 26–51.
14. *Мороз Ю.Ф., Бахтиаров В.Ф., Воропаев В.Ф., Гаврилов В.А., Левин В.Е., Попруженко С.В.* О мониторинге электротеллурического поля с целью прогноза сильных землетрясений на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1995. №4-5. С. 139-149.
15. *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.
16. *Сенюков С.Л.* Мониторинг активности вулканов Камчатки дистанционными средствами наблюдений в 2000-2004 гг. // Вулканология и сейсмология. 2006. № 3. С. 68-78.
17. *Токарев А.В., Бахтиарова Г.М., Чеброва А.Ю., Митюшкина С.В.* Современный взгляд на устаревшую систему хранения сейсмологических данных КФ ГС РАН // Труды Третьей научно-технической конференции “Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России”. Петропавловск-Камчатский, 9-15 октября 2011 г. Обнинск: ГС РАН, 2011. С. 401-404.
18. *Федотов С.А.* Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. М.: Наука, 1972. 116 с.
19. *Фирстов П.П., Широков В.А., Руленко О.П., Яковлева В.С., Исаев А.В., Малышева О.П.* О связи динамики подпочвенного радона (^{222}Rn) и водорода с сейсмической активностью Камчатки в июле-августе 2004 г. // Вулканология и сейсмология. 2006. № 5. С. 49-59.
20. *Фирстов П.П.* Ударно-волновые и акустические эффекты при вулканических извержениях (обзор) // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. 2009. №. 2. Вып. 13. С. 31-45.
21. *Чебров В.Н., Воропаев В.Ф., Дроздин Д.В. и др.* Развитие сети цифровых сейсмических станций Камчатки // Геофизический мониторинг Камчатки. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2006. С. 13-20.
22. *Чебров В. Н.* Мониторинг и предупреждение природных катастроф на Камчатке // Сейсмичность Северной Евразии / Материалы Международной конференции. Обнинск: ГС РАН, 2008. С. 318-322.
23. *Чебров В.Н.* Развитие комплексного геофизического мониторинга Камчатки и Командорских островов (к 30-летию КФ ГС РАН) // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2009. № 2. Вып. 14. С. 13-18.
24. *Чебров В.Н., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К.* Прогнозирование землетрясений на Камчатке. По материалам работы Камчатского филиала Российского экспертного совета по оценке сейсмической опасности и риска в 1998-2009 гг. М.: Светоч Плюс, 2011. 304 с.
25. *Чебров В.Н., Дроздин Д.В., Кугаенко Ю.А., Левина В.И., Сенюков С.Л., Сергеев В.А., Шевченко Ю.В., Яцук В.В.* Система детальных сейсмологических наблюдений на Камчатке в 2011 г. // Вулканология и сейсмология. 2013
26. *Чебров Д.В., Гусев А.А.* Автоматическое определение параметров цунамигенных землетрясений на Дальнем Востоке России в режиме реального времени: алгоритмы и программное обеспечение // Сейсмические приборы. 2010. Т. 46. № 4. С. 35–57.
27. *Хаткевич Ю.М., Рябинин Г.В.* Гидрогеохимические исследования на Камчатке в связи с поиском предвестников землетрясений // Вулканология и сейсмология 2006. № 4. С. 34-42.