

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ



**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ЕДИНАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ СЛУЖБА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
2017**

**ОБНИНСК
2017**

Федеральный исследовательский центр Единая геофизическая служба Российской академии наук, 2017 / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – 52 с.

Научно-информационное издание, посвященное 50-летию юбилею открытия Центральной геофизической обсерватории «Москва» в г. Обнинск, ставшей в последствии ФИЦ ЕГС РАН. Содержит сведения об организационной структуре организации на современном этапе развития, основных направлениях деятельности и главных достижениях в области фундаментальных и прикладных исследований.

Авторский коллектив:

член-корреспондент РАН А.А. Маловичко, доктор геол.-мин. наук В.С. Селезнев, канд. техн. наук Ю.Н. Виноградов, канд. физ.-мат. наук Р.А. Дягилев, канд. геол.-мин. наук С.В. Горожанцев, канд. физ.-мат. наук Н.В. Петрова, Д.Ю. Мехрюшев, канд. физ.-мат. наук О.Е. Старовойт, канд. геол.-мин. наук А.Н. Виноградов, канд. физ.-мат. наук И.П. Габсатарова, М.Г. Даниялов, канд. геол.-мин. наук А.А. Еманов, доктор техн. наук А.Ф. Еманов, С.В. Курткин, доктор геол.-мин. наук Г.Н. Копылова, канд. физ.-мат. наук Ю.А. Кугаенко, Ю.Н. Левин, О.К. Масальский, Э.В. Погода, канд. физ.-мат. наук В.А. Салтыков, канд. физ.-мат. наук В.М. Семибаламут, канд. геол.-мин. наук С.Л. Сенюков, канд. геол.-мин. наук В.М. Соловьев, доктор физ.-мат. наук Г.М. Стеблов, Н.Н. Титков, В.В. Толочко, доктор физ.-мат. наук П.П. Фирстов, канд. физ.-мат. наук Д.В. Чебров, С.В. Шибеев.

Печатается по решению Ученого совета ФИЦ ЕГС РАН,
протокол № 1 от 26.04.2017 г.



Настоящее издание выпущено к 50-летию юбилею открытия Центральной геофизической обсерватории (ЦГО) «Москва» в г. Обнинск. За полувековой период геофизическая организация в Обнинске неоднократно меняла свои названия: ЦГО «Москва» (1967) → Центральная сейсмологическая обсерватория (ЦСО) «Обнинск» Института физики Земли (ИФЗ) Академии наук СССР (1969) → Центральная опытно-методическая экспедиция (ЦОМЭ) ИФЗ АН СССР (1980) → Геофизическая служба РАН в составе ИФЗ РАН (1994) → Геофизическая служба РАН как самостоятельное учреждение в составе Отделения наук о Земле РАН (1998) → Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (2016). Каждое переименование отражало очередную ступень в развитии организации и выход на новый более высокий уровень решаемых задач.

23 мая 1967 г. на выездной юбилейной сессии Совета по сейсмологии АН СССР и Ученого совета Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта АН СССР, которая состоялась в Обнинске и была посвящена официальному открытию ЦГО, академик Михаил Александрович Садовский четко сформулировал основные цели и задачи обсерватории. В обнинской городской газете «Вперед» он написал:

«Если считать весь Советский Союз единой сейсмической зоной, то Центральная геофизическая обсерватория в Обнинске может быть принята суперзональным всесоюзным сейсмическим центром. В Обнинск будет сходиться вся сейсмическая информация... Для этого ЦГО будет соединена телетайпной связью со всеми региональными центрами и рядом (около двадцати) наиболее хорошо оборудованных сейсмических станций. ЦГО будет снабжена устройствами для автоматической обработки сейсмологической информации, и на нее будет возложена государственная служба срочных донесений о крупных землетрясениях...

Работа ЦГО будет направлена также и на дальнейшее усовершенствование технологии сейсмических и некоторых других геофи-

зических наблюдений, для чего в подземных лабораториях предусматривается установка и испытание новых образцов сейсмической и иной геофизической аппаратуры ...».

Приятно осознавать, что практически все, о чем писал Михаил Александрович в 1967 г., сбылось.

Сегодня Федеральный исследовательский центр «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (ФИЦ ЕГС РАН) представляет собой главный сейсмологический центр и самую большую геофизическую организацию в Российской Федерации.

В составе ФИЦ ЕГС РАН функционируют 12 региональных филиалов, расположенных во всех сейсмоопасных регионах РФ и обеспечивающих круглосуточную работу более чем 330 современных цифровых сейсмических станций. 18 региональных и локальных информационно-обрабатывающих центров (ИОЦ) выполняют непрерывную обработку сейсмологических данных на базе самых современных компьютерных и телекоммуникационных технологий и обеспечивают работу Служб срочных донесений (ССД). Система сейсмологических наблюдений ФИЦ ЕГС РАН гармонично интегрирована в международные системы сейсмологических наблюдений.

Получаемые ФИЦ ЕГС РАН сейсмологические данные обеспечивают проведение широкого комплекса фундаментальных и прикладных исследований, направленных на повышение уровня сейсмической и геодинамической безопасности населения Российской Федерации, а также различных промышленных и гражданских ответственных объектов. Они широко востребованы как отечественными, так и зарубежными учеными и специалистами в области наук о Земле.

Регистрируемые в настоящее время большие объемы цифровых сейсмологических данных обеспечивают принципиально новую основу для создания высокоэффективных методов обработки и анализа применительно к задачам оперативной оценки параметров землетрясений, прогнозирования сейсмической обстановки, мониторинга состояния различных природных и технических систем, изучения особенностей глубинного строения недр.

В активе ФИЦ ЕГС РАН имеются многочисленные прикладные разработки, которые составили мощный инновационный потенциал организации и заложили надежную основу для ее дальнейшего динамичного развития.

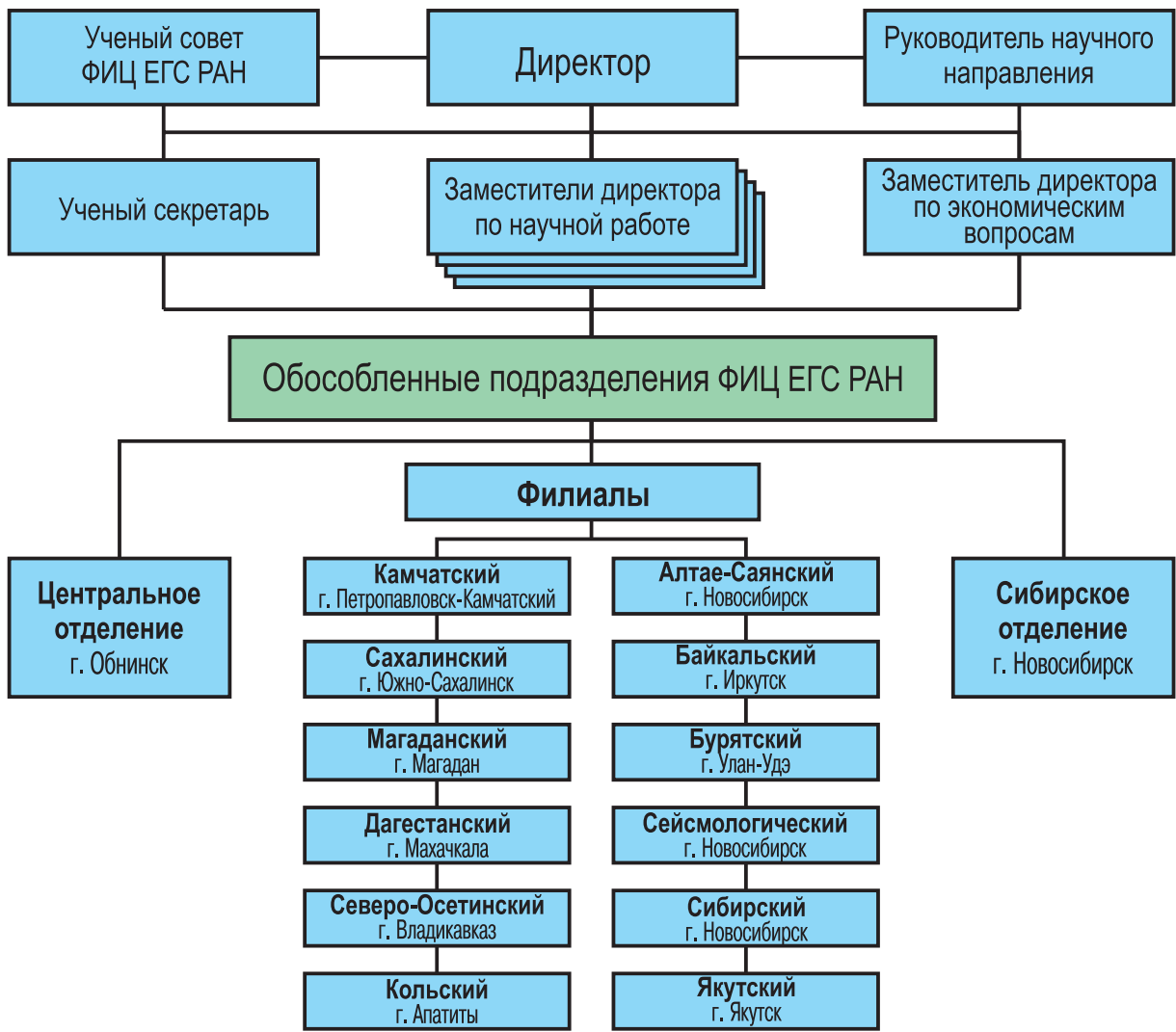
Директор,
член-корреспондент РАН

А.А. Маловичко

Основные направления деятельности:

- выполнение фундаментальных, поисковых и прикладных научных исследований, направленных на получение новых знаний в области сейсмологии и геофизики;
- проведение непрерывного сейсмического мониторинга территории Российской Федерации для снижения ущерба от возможных землетрясений и повышения уровня сейсмической и геодинамической безопасности населения и различных ответственных промышленных и гражданских объектов.

Структура ФИЦ ЕГС РАН



Кадровый состав ФИЦ ЕГС РАН (на 1.01.2017 г.)

Общая численность	937
Научные работники	286
в том числе:	
• члены РАН	1
• доктора и кандидаты наук	63
• руководители подразделений	42
Научно-технические работники	651

РУКОВОДЯЩИЙ СОСТАВ ФИЦ ЕГС РАН



Виктор Сергеевич Селезнев
зам. директора по научной работе,
доктор геол.-мин. наук



Юрий Анатольевич Виноградов
зам. директора по научной работе,
канд. техн. наук



Руслан Андреевич Дягилев
зам. директора по научной работе,
канд. физ.-мат. наук



Сергей Владимирович Горожанцев
зам. директора по научной работе,
канд. геол.-мин. наук



Олег Евгеньевич Старовойт
руководитель научного направления,
канд. физ.-мат. наук



Дмитрий Юрьевич Мехрошев
главный инженер



Наталья Владимировна Петрова
ученый секретарь,
канд. физ.-мат. наук



Юрий Николаевич Левин
директор
Сахалинского филиала



Анатолий Николаевич Виноградов
директор
Кольского филиала,
канд. геол.-мин. наук



Данила Викторович Чебров
директор
Камчатского филиала,
канд. физ.-мат. наук



Эдуард Всеволодович Погода
директор
Северо-Осетинского филиала



Марат Гаджиалиевич Даниялов
директор
Дагестанского филиала



Сергей Валентинович Шибяев
директор
Якутского филиала



Алексей Александрович Еманов
и.о. директора
Алтае-Саянского филиала,
канд. геол.-мин. наук



Сергей Валерьевич Курткин
директор
Магаданского филиала



Олег Константинович Массальский
директор
Байкальского филиала



Виталий Васильевич Толочко
директор
Бурятского филиала



Владимир Михайлович Семибаламут
директор
Сибирского филиала
канд. физ.-мат. наук

ПРОВЕДЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО СЕЙСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Деятельность ФИЦ ЕГС РАН по проведению непрерывного сейсмического мониторинга территории России осуществляется в соответствии с Постановлениями Правительства Российской Федерации:

- от 11 мая 1993 г. № 444 «О федеральной системе сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений» и от 25 декабря 1993 г. № 1346 «Об утверждении Положения о федеральной системе сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений»;
- от 30 марта 2003 г. № 794 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций»;
- от 25 августа 2005 г. № 537 «О функциях федеральных органов исполнительной власти, Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» и Российской академии наук по реализации Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний».

Выполняя указанные Постановления Правительства, ФИЦ ЕГС РАН обеспечивает:

- проведение комплексных сейсмологических, геофизических, геодинамических и других наблюдений на базе стационарных и мобильных сейсмических сетей и геофизических пунктов;
- анализ и обработку сейсмологических данных в режиме реального времени с оперативным оповещением центральных и местных органов исполнительной власти, заинтересованных ведомств и организаций о землетрясениях и их возможных последствиях;
- проведение наблюдений за подводными землетрясениями в акватории Тихого океана и оценку их цунамиопасности совместно с региональными управлениями Росгидромета;
- проведение во взаимодействии с подразделениями Министерства обороны РФ сейсмологических наблюдений для контроля за ядерными взрывами на Земном шаре;
- участие в мировых системах сейсмологических, геофизических и геодинамических наблюдений в рамках выполнения международных обязательств Российской Федерации, а также обеспечение международного обмена геофизической информацией;
- создание и актуализацию баз сейсмологических, геофизических и геодинамических данных для обеспечения отечественных фундаментальных и прикладных исследований в области наук о Земле (сейсмология, геофизика, геодинамика, геоэкология), а также изучения катастрофических событий природного и техногенного характера;
- осуществление комплексного мониторинга за извержениями вулканов на территории Камчатки и Курильских островов.

Система сейсмологических наблюдений ФИЦ ЕГС РАН

Система сейсмологических наблюдений включает более 330 современных цифровых сейсмических станций и обеспечивает три уровня сейсмического мониторинга территории Российской Федерации и прилегающих регионов: глобальный, федеральный и региональный.

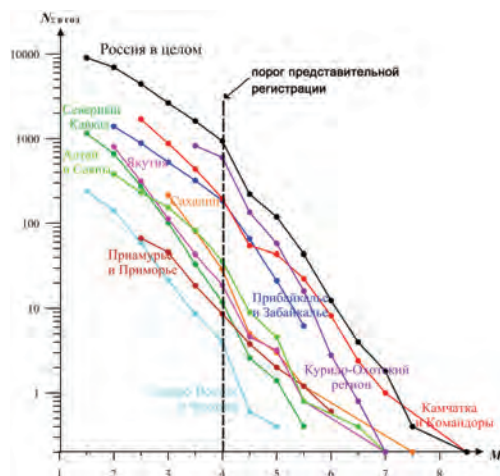
В составе ФИЦ ЕГС РАН функционируют Главный сейсмологический центр в г. Обнинск и 12 региональных филиалов, расположенных во всех сейсмоопасных регионах РФ. Непрерывную обработку сейсмологических данных на базе самых современных компьютерных и телекоммуникационных технологий выполняют 18 региональных и локальных информационно-обрабатывающих центров (ИОЦ).

Оперативное оповещение о произошедших землетрясениях и их последствиях осуществляют шесть Служб срочных донесений, одна из которых (в г. Обнинск) охватывает глобальный и федеральный уровни, а пять других, расположенных в городах Петропавловск-Камчатский, Южно-Сахалинск, Иркутск, Новосибирск и Владикавказ, – соответствующие региональные уровни.

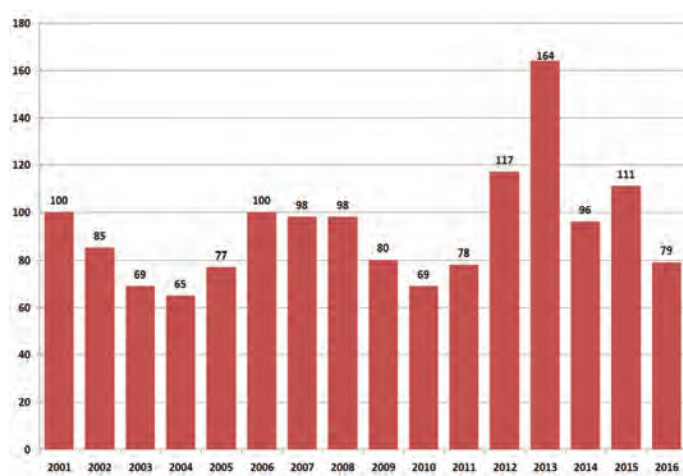
Результаты сейсмологического мониторинга территории Российской Федерации

В среднем за год все подразделения ФИЦ ЕГС РАН фиксируют на территории Российской Федерации около 10 тысяч землетрясений, обеспечивая их представительную регистрацию, начиная с магнитудного уровня $M_{\text{пор}} > 4.0$.

Для ряда регионов, в которых имеются плотные сети сейсмологических наблюдений, порог представительной регистрации землетрясений существенно ниже. Например, для территории Северного Кавказа значение $M_{\text{пор}}$ составляет около 2.0.

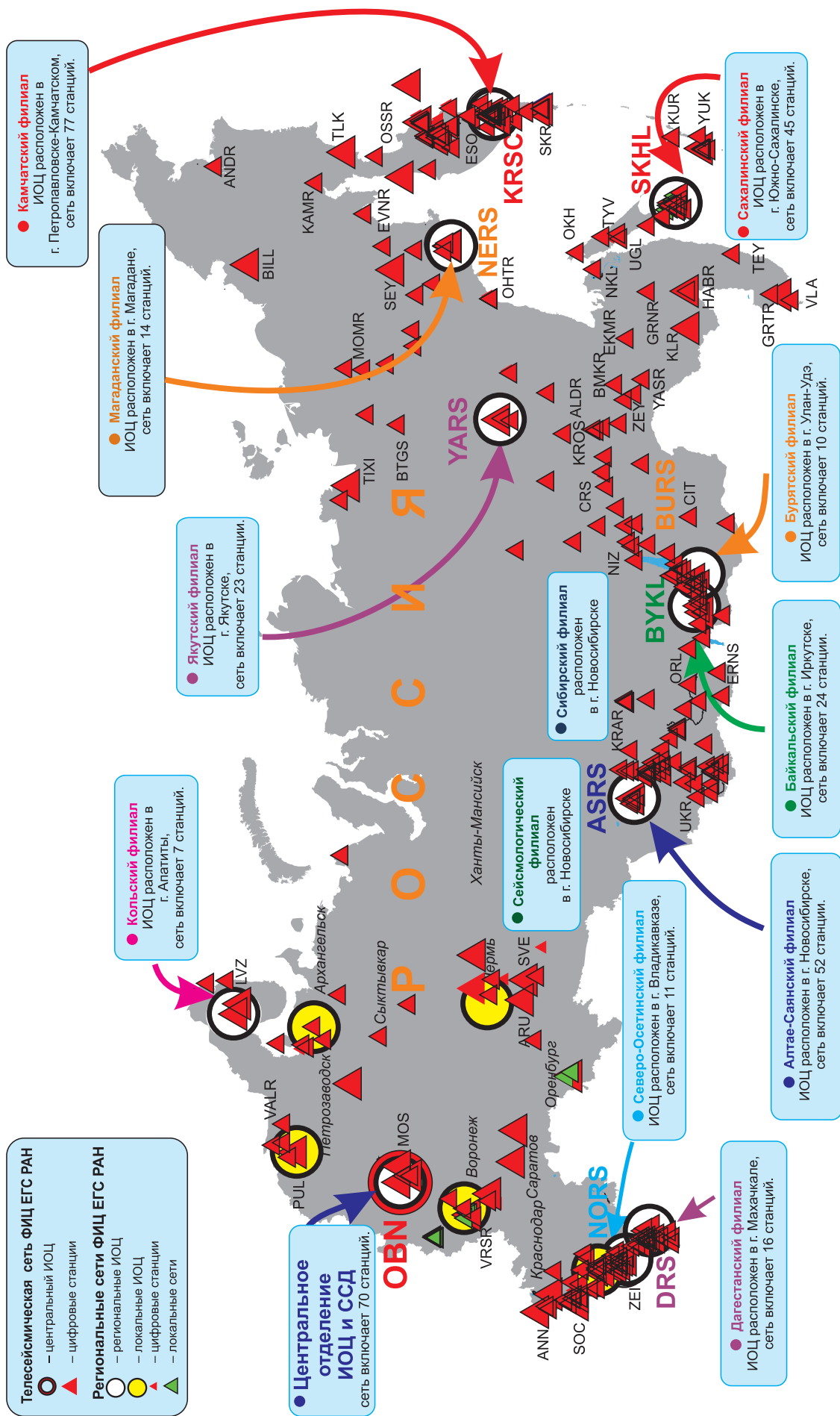


**Кумулятивные графики
повторяемости землетрясений
для различных регионов России
за период 2011–2016 гг.**



**Количество зарегистрированных
ощутимых землетрясений
на территории России
за период 2011–2016 гг.**

Количество ежегодно регистрируемых ощутимых землетрясений на территории Российской Федерации составляет около 100, из которых лишь несколько вызывают повреждения или слабые разрушения.



Система сейсмологических наблюдений ФИЦ EGS RAN

Мониторинг цунамигенных землетрясений в акватории Тихого океана

На Дальнем Востоке Российской Федерации в конце 2010 года запущена в эксплуатацию сейсмическая подсистема Системы предупреждения о цунами (СПЦ) нового поколения. Основу подсистемы составили одиннадцать широкополосных станций: пять опорных («Петропавловск-Камчатский», «Южно-Сахалинск», «Южно-Курильск», «Усть-Камчатск», «Северо-Курильск» (о. Парамушир)) и шесть вспомогательных («Владивосток», «Курильск», «Тиличики», «Оха», «Никольское» (о. Беринга), «Малокурильское» (о. Шикотан)). Каждая опорная станция представляет собой локальную группу и состоит из одного центрального и четырех выносных пунктов широкополосных сейсмических наблюдений. Данные с опорных и вспомогательных сейсмостанций в режиме реального времени передаются в информационно-обрабатывающие центры в гг. Петропавловск-Камчатский, Южно-Сахалинск и Владивосток.

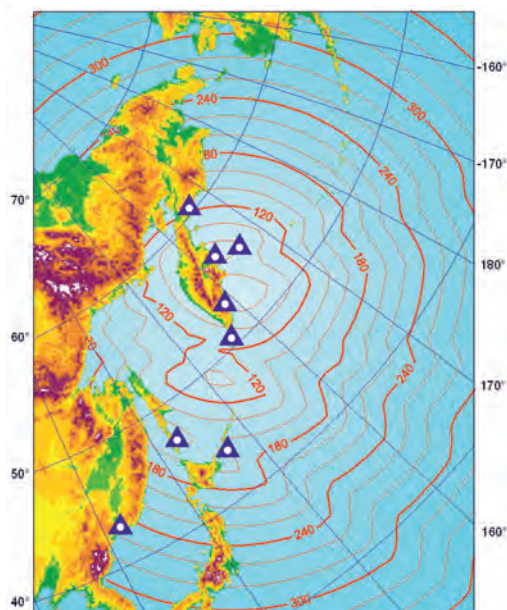


Сеть станций сейсмической подсистемы Системы предупреждения о цунами
на Дальнем Востоке Российской Федерации

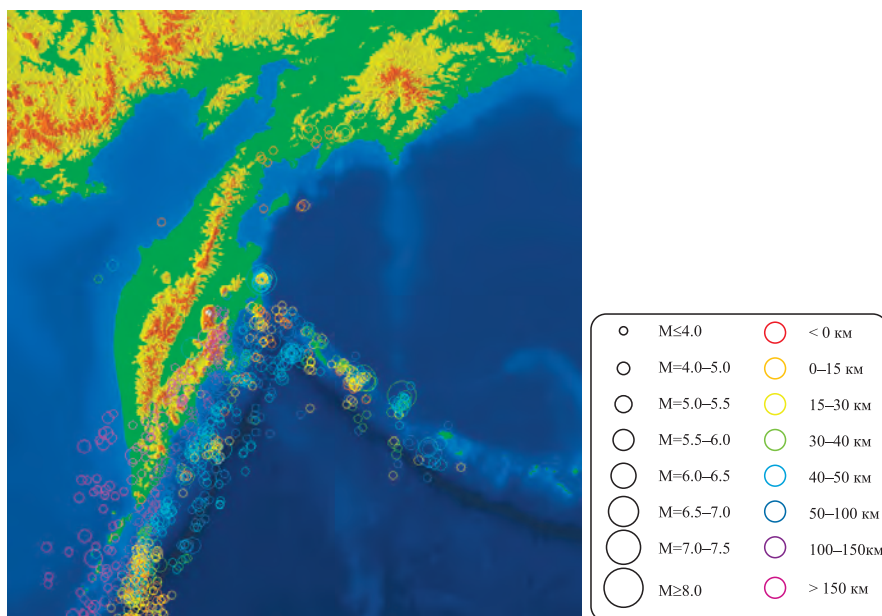


Схема расположения пунктов в составе локальной
группы опорной широкополосной сейсмостанции
«Южно-Сахалинск»

Изохроны времени (секундах) после возникновения землетрясения, необходимого для его регистрации четырьмя станциями сети



В случае возникновения в акватории Тихого океана цунамигенного землетрясения специально разработанное программное обеспечение для автоматической обработки и анализа сейсмических сигналов позволяет выдать предупреждение об угрозе цунами в первые минуты после его регистрации сейсмическими станциями.



Результаты автоматической обработки сейсмологических данных по регламенту СПЦ

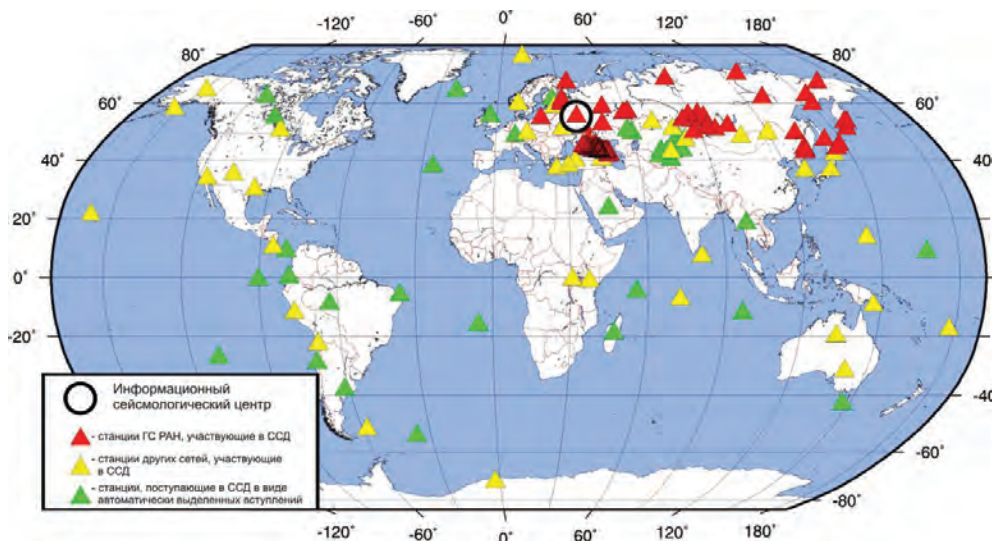
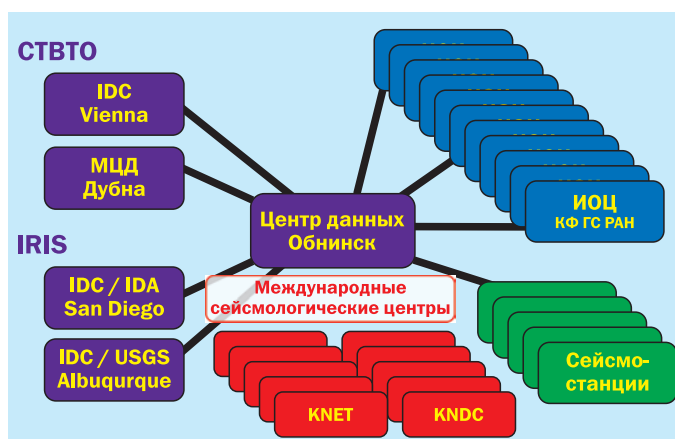
Эффективность работы новой сейсмической подсистемы СПЦ была продемонстрирована в ходе регистрации катастрофического землетрясения в регионе Тохoku (Япония) 11 марта 2011 года. В результате экспресс-обработки данных, полученных южным сегментом Дальневосточной сети сеймостанций, через 9.5 минут после момента землетрясения ИОЦ Сахалинского филиала ФИЦ ЕГС РАН было правильно оценены параметры этого землетрясения (его координаты, магнитуда и цунамигенный характер) и выдано сообщение об угрозе волны цунами для побережья островов Курильской гряды. Это обеспечило 30-минутный запас времени для жителей островов для того, чтобы покинуть цунамиопасные участки побережья.

Результаты глобального сейсмологического мониторинга

Мониторинг землетрясений на территории Земного шара ФИЦ ЕГС РАН осуществляет благодаря интенсивному международному обмену сейсмологическими данными с зарубежными партнерами в режиме реального времени. Обмен реализуется в рамках большого количества международных научных и научно-технических соглашений и договоров, заключенных с целью повышения уровня защиты населения и промышленных и гражданских объектов в России и странах-партнерах от разрушительных землетрясений, а также обмена данными для проведения фундаментальных исследований в области наук о Земле.

Наиболее крупными зарубежными партнерами являются Корпорация научно-исследовательских организаций по сейсмологии США (Incorporated Research Institutions for Seismology – IRIS) и Международный центр данных (International Data Centre – IDC) Международной системы мониторинга, которая создана для непрерывного контроля за выполнением Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (СВВТО).

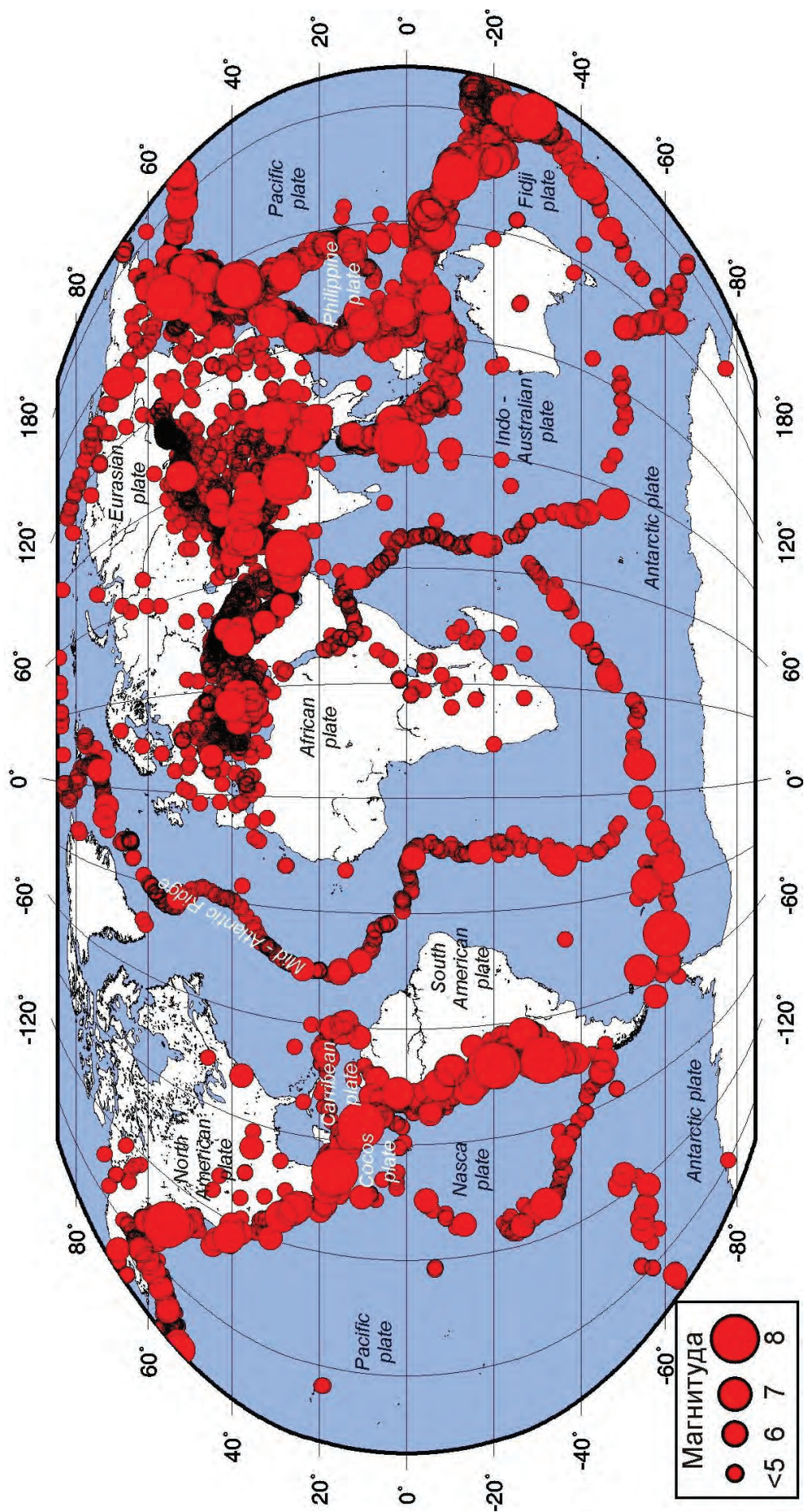
Потоки сейсмологических данных, поступающие в режиме реального времени в Главный сейсмологический центр ФИЦ ЕГС РАН в г. Обнинске



Российские и зарубежные сейсмостанции, обеспечивающие ФИЦ ЕГС РАН проведение глобального сейсмического мониторинга

В процессе глобального мониторинга территории Земного шара ФИЦ ЕГС РАН регистрирует около 4.5 тысяч землетрясений в год, обеспечивая их представительную регистрацию, начиная с магнитудного уровня $M_{\text{пор}} > 4.5$.

Примерно 10% регистрируемых наиболее сильных землетрясений опасны по своим проявлениям на земной поверхности.



Сейсмичность Земного шара по данным Сейсмологического бюллетеня ФИЦ ЕГС РАН за период 2011-2015 гг.
(более 21000 землетрясений)

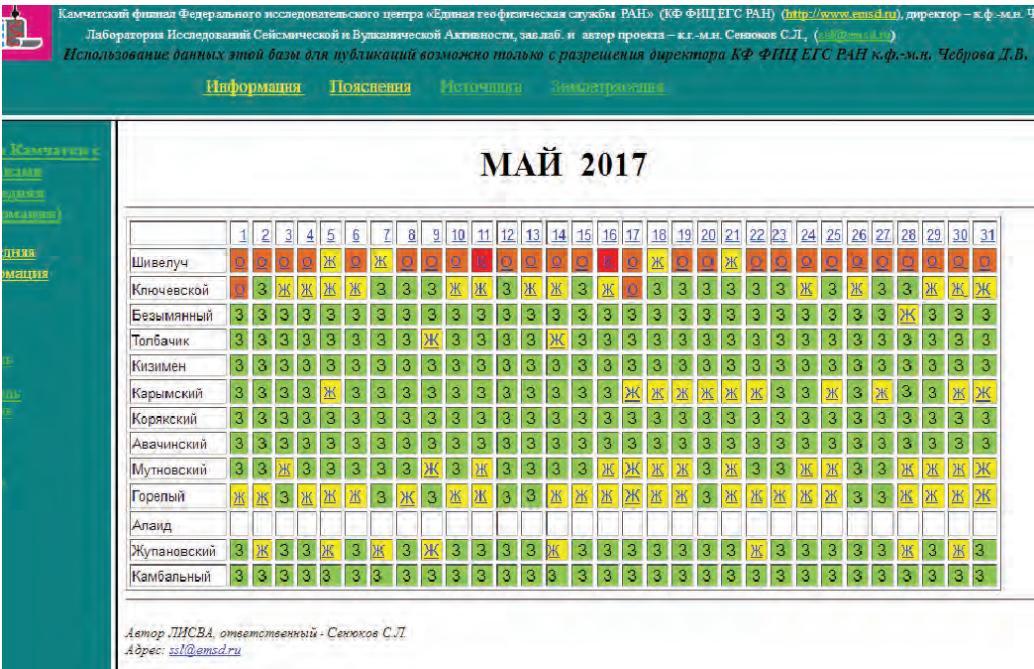
Мониторинг состояния активных вулканов полуострова Камчатка

Подразделениями Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН осуществляется непрерывный инструментальный мониторинг состояния активных вулканов Камчатки с целью контроля их состояния и прогноза извержений.

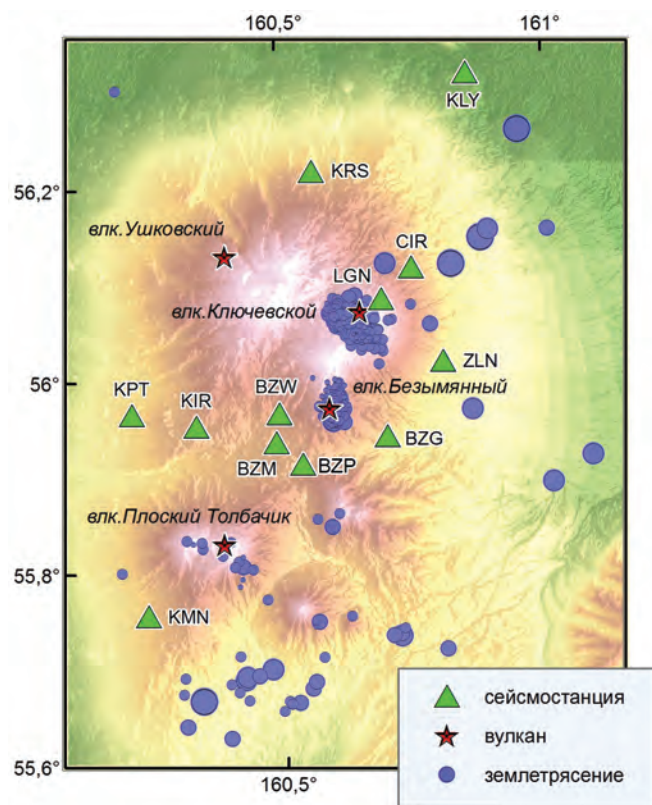
Наиболее объективную картину во время извержения дают прямые методы наблюдений (в частности, визуальные и спутниковые). Однако в условиях плохой видимости и облачности их применение ограничено. Кроме того, часто на их основе крайне сложно построить формализованную систему прогноза извержений.

Сейсмические наблюдения, обладая такой же высокой информативностью и оперативностью, лишены этих недостатков: при достаточной плотности сейсмических станций процессы, связанные с различными фазами активности вулканов четко отражаются в локальном сейсмическом режиме и параметрах вулканического дрожания. Особую важность имеет возможность формализованно и автоматически идентифицировать по сейсмическим данным пепловый выброс на вулкане и оценить его высоту. Эти данные жизненно важны для обеспечения безопасности внутреннего и международного авиасообщения в регионе. В Камчатском филиале ФИЦ ЕГС РАН разработана уникальная технология идентификации и оценки параметров пепловых выбросов по сейсмическим данным, не имеющая аналогов в мировой практике.

Активно развиваются комплексные инструментальные наблюдения, позволяющие отслеживать развитие извержений во многих геофизических полях. Для этого на Северной группе вулканов развернута детальная сеть геодинамических наблюдений, где также ведутся наблюдения за атмосферным электрическим полем и акустическими сигналами. Важную роль здесь играет система видеонаблюдения за вулканами, позволяющая обеспечить более точное соотнесение проявлений вулканической активности и пространственно-временных особенностей регистрируемых геофизических полей. Созданная на Камчатке система комплексных наблюдений позволяет контролировать состояние наиболее активных вулканов, производить прогноз и вести фундаментальные исследования в области вулканологии и вулканической сейсмологии.



Фрагмент фактографической базы данных «Активность вулканов Камчатки»
Цвет соответствует коду вулканической активности



Система сейсмических наблюдений на Северной группе вулканов и эпицентры землетрясений, зарегистрированных в начале 2017 г.



Карымский вулкан. Извержение в декабре 2008 года. Фото Т. Кожевниковой

Система геодинимических наблюдений

Наряду с сейсмологическими наблюдениями часть сейсмостанций ФИЦ ЕГС РАН участвует в выполнении геодинимических наблюдений за медленными межплитовыми и внутриплитовыми деформационными процессами на территории Северной Евразии на основе спутниковой геодезии.

На территории Российской Федерации развернут континентальный геодинимический полигон, включающий сеть из 11 опорных станций ГНСС непрерывной регистрации. Изначально данный полигон предназначался для выявления стабильных платформенных областей в северной части Евразии, а со временем стал выполнять функцию континентальной опорной сети для мониторинга современных движений в тектонически активных регионах Евразии.

Часть станций континентальной опорной сети в настоящее время оснащена аппаратурой для одновременной регистрации сигналов навигационных систем GPS и ГЛОНАСС, продолжается работа по обновлению всех станций аппаратурой совместного приема с целью повышения эффективности применения отечественной системы ГЛОНАСС для высокоточных наземных геодезических определений.

Все измерения ГНСС архивируются в центре данных в г. Обнинске, где выполняется контроль функционирования станций, обработка первичных измерений и ведется база данных для обмена с пользователями систем ГНСС.



Структура системы геодинимических наблюдений на территории России

Две региональные сети геодинимических наблюдений развернуты в Дальневосточном регионе на Камчатском полуострове и островах Курильской гряды. Камчатская сеть KAMNET включает 18 стационарных станций ГНСС, Курильская региональная сеть включает 12 станций.

Локальные геодинимические измерения ведутся на двух вулканах Камчатского полуострова: Карымском и Безымянном.

С 2011 года функционирует региональная сеть измерений GPS на Северном Кавказе.

Многолетний архив высокоточных измерений ГНСС позволяет повысить точность и достоверность определения параметров медленных деформационных процессов, протекающих в литосфере.

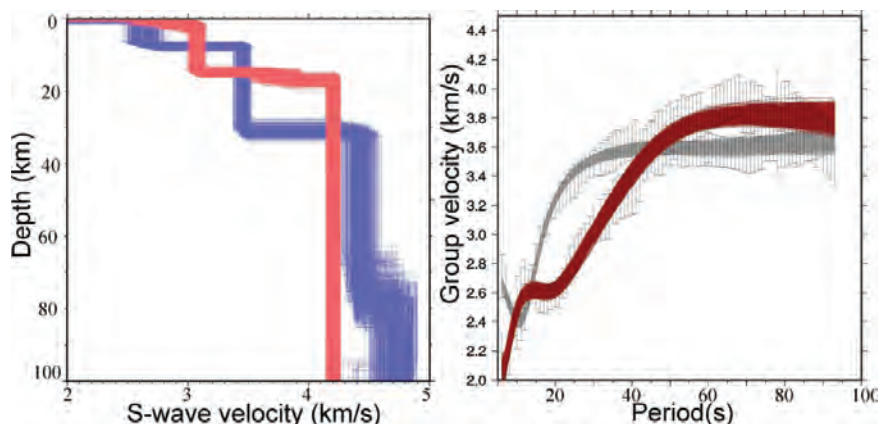
РЕЗУЛЬТАТЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПОИСКОВЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ЗНАНИЙ В ОБЛАСТИ СЕЙСМОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Направление

«Разработка и создание новых методов анализа и обработки больших объемов сейсмологической и геофизической информации, в том числе в режиме реального времени, для надежной и оперативной оценки параметров землетрясений, мониторинга состояния различных природных и технических объектов, изучения особенностей глубинного строения недр»

Особенности скоростного строения земной коры и верхней мантии полуострова Камчатка

Исследованы особенности скоростного строения земной коры и верхней мантии до глубин 100 км полуострова Камчатка по записям поверхностных волн Рэлея и Лява сильнейших землетрясений Дальнего Востока (Олюторское землетрясение 20.04.2006 г. ($M_s=7.8$), Симуширские землетрясения 15.11.2006 г. ($M_s=8.3$) и 13.01.2007 г. ($M_s=8.2$) на Средних Курилах), а также их афтершоков. В расчетах использовались данные, полученные широкополосными сейсмическими станциями сети Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН и мировой сети IRIS. Дисперсионные кривые групповых скоростей основных мод волн Рэлея и Лява были получены методом спектрально-временного анализа: для волн Рэлея – по вертикальной, а для волн Лява – по трансверсальной компоненте.

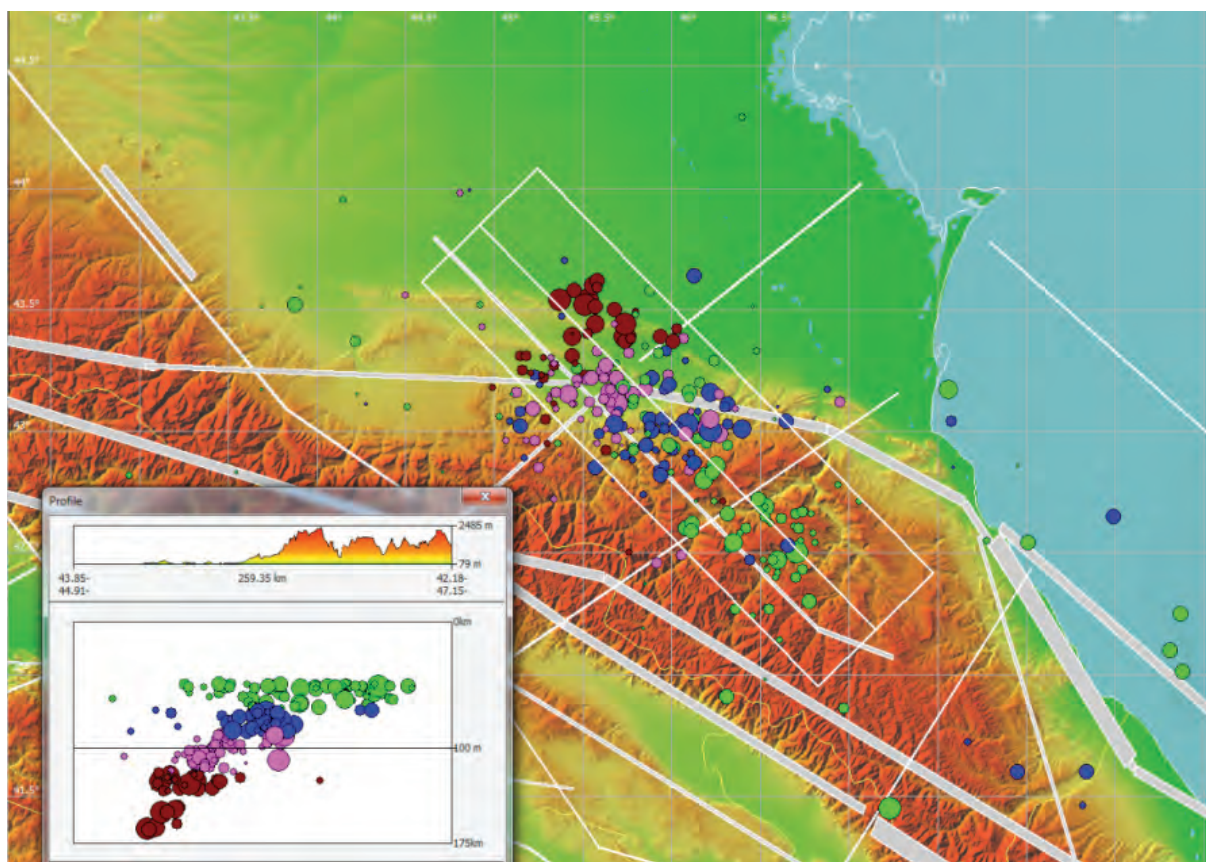


Скоростные разрезы поперечных волн для северной (красная линия) и центральной (синяя) частей Камчатки (слева) и дисперсионные кривые волн Рэлея (справа)

Выявлена существенная разница в скоростном строении для северной (от очага Олюторского землетрясения до пункта Крутоберегово) и центральной частей полуострова Камчатка (от Крутоберегово до Петропавловска-Камчатского). Север Камчатки характеризуется более тонкой земной корой (около 15 км) и относительно более низкими скоростями поперечных волн в верхней мантии. Центральная часть Камчатки имеет толстую земную кору (около 30 км) и относительно высокие скорости в верхней мантии (на глубинах больше 30 км).

Выделение зоны глубоких землетрясений в Терско-Сунженской зоне Северного Кавказа

Развитие сети современных сейсмических станций в центральной части Северо-Кавказского региона (в Республиках Северная Осетия и Дагестан, а также в Чеченской Республике) обеспечило получение в последнее десятилетие представительных сейсмологических данных. Последние позволили существенно повысить точность определения всех параметров землетрясений, в том числе и их глубин. В частности, впервые с высокой надежностью были оценены глубины коровых и «мантийных» землетрясений (с глубинами от 70 до 165 км) в центральной части Терско-Каспийского прогиба. Анализ пространственного распределения очагов позволил построить детальную трехмерную структуру области глубоких землетрясений в пределах Терско-Сунженской зоны, где впервые выделен ряд блоков, характеризующихся различными глубинными распределениями очагов землетрясений.

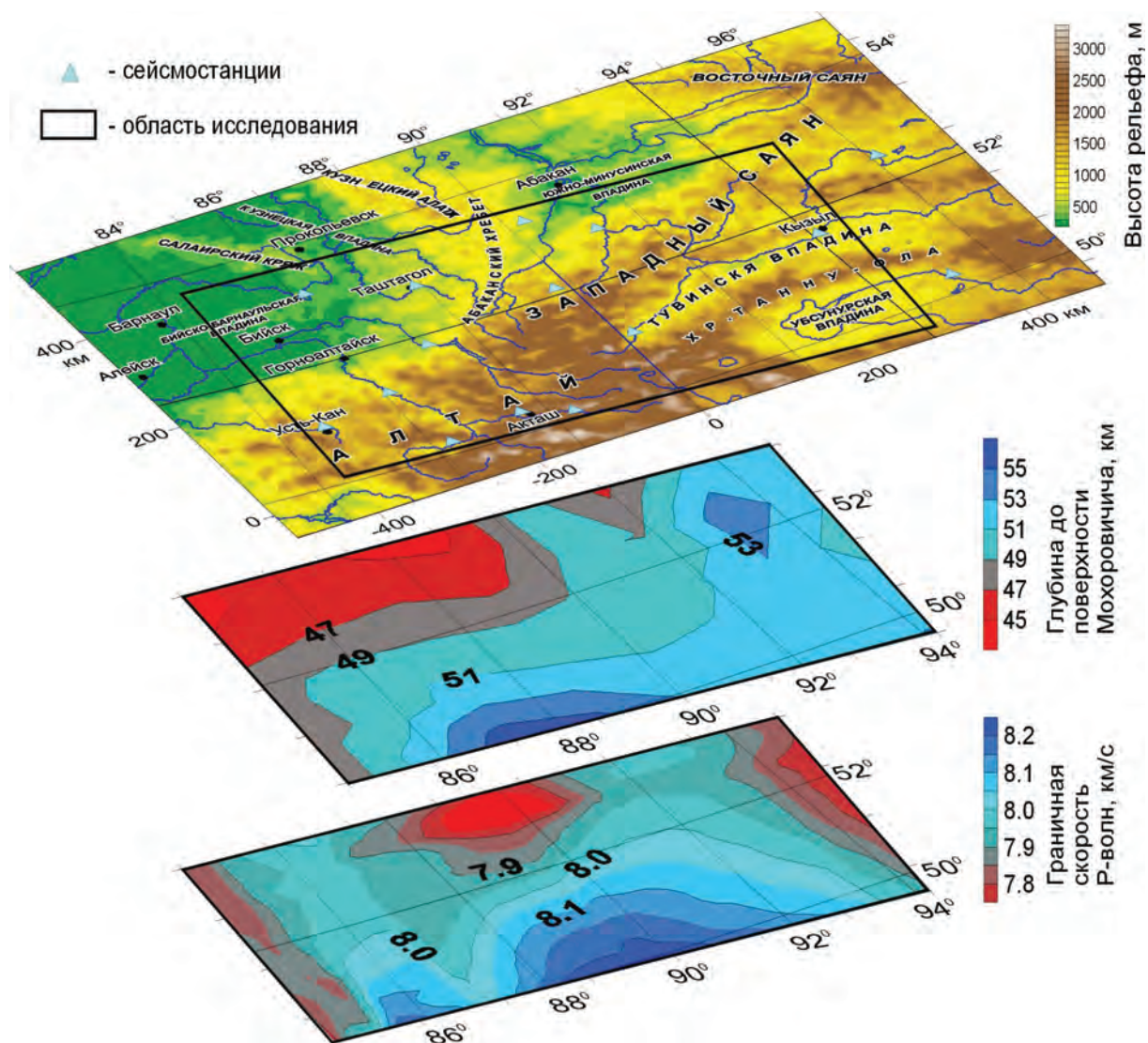


**Распределение очагов глубоких землетрясений в Центральной части
Терско-Каспийского прогиба в 2000–2014 гг.**

Анализ механизмов очагов показал, что для промежуточных глубин основная их часть представлена сбросами и сбросо-сдвигами, т.е. землетрясения произошли в основном при преобладании сил растяжения. Простираения нодальных плоскостей очагов не имеют ярко выраженной тенденции, что не позволяет говорить об их связи с каким-то определенным глубинным разломом. Исключение составляют два землетрясения, произошедшие 18.11.2005 г. и 05.08.2007 г. и локализованные на глубинах около 130 км ($h=126-129$ км), которые имеют взбросовый механизм. Их эпицентры близки друг к другу и удалены примерно на 20 км от наиболее заглубленных очагов.

Методика площадных глубинных сейсмологических исследований

Разработана методика площадной интерпретации поверхностных годографов прямых Pg- и Sg-волн и преломленных от поверхности Мохо Pn- и Sn-волн от промышленных взрывов и землетрясений, зарегистрированных площадной сетью сейсмологических станций, для определения пластовых скоростей P- и S-волн в верхней части земной коры и граничных скоростей P- и S-волн по поверхности Мохо. Разработанный подход основывается на использовании относительных времен пробега волн, в которых исключаются времена в очаге и координаты гипоцентров (как правило, определяемые с большой погрешностью). Интерпретация проводится в рамках изотропных и анизотропных моделей сред. С использованием данной технологии в центральной части Алтае-Саянского региона на площади в 250 тысяч квадратных километров изучена поверхность Мохо. Установлено неоднородное строение верхней мантии, выражающееся в сильном изменении скоростей распространения продольных волн от 7.7 км/с до 8.5 км/с и параметров анизотропии упругих свойств мантии для различных участков, что свидетельствует о различных процессах, протекающих в верхней мантии и дает новое представление о механизмах образования и развития Алтае-Саянской складчатой области.



**Распределение глубин и скоростей по поверхности Мохо
в Алтае-Саянском регионе**

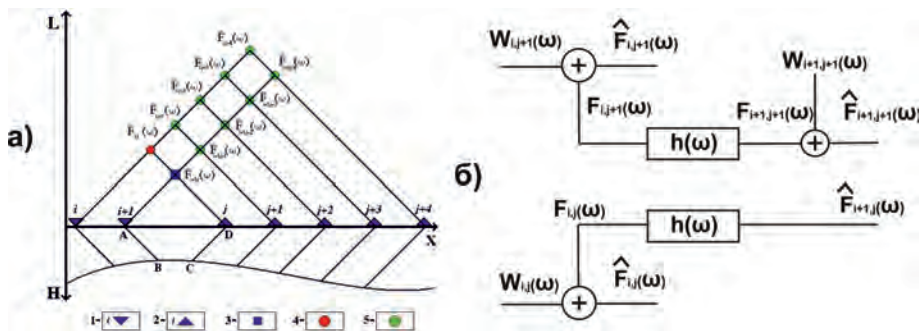
Разработка метода восстановления когерентных составляющих волновых сейсмических полей

Детальное изучение тонкой структуры волновых сейсмических полей, формирующихся в геологических средах, а также в различных инженерных сооружениях и объектах, имеет принципиальное значение для очень широкого круга практических задач.

В Алтае-Саянском и Сейсмологическом филиалах ФИЦ ЕГС РАН разработан метод восстановления когерентных составляющих сейсмических полей самой различной природы (как природных, так и технологических).

Центральным элементом в разработанной технологии является использование фильтра Винера и его аналогов. Применение этих фильтров для моделей волнового поля, включающих аддитивные когерентные составляющие, позволило создать спектрально-корреляционные алгоритмы, обладающие высокой эффективностью выделения сигналов на фоне шумов и построить в конечном итоге полностью автоматизированные схемы обработки для выделения из экспериментальных волновых полей головных волн, стоячих волн и вибрационных сигналов на фоне нестационарных шумов.

Важным достоинством всех разработанных алгоритмов является возможность автоматизированной обработки больших объемов экспериментальных данных и преобразование когерентных волновых полей к виду, удобному для последующей качественной и количественной интерпретации.



Фильтр Винера для пересчета головных волн из одной точки обобщенной плоскости в другую

а) Схема пересчета волнового поля.

1 – источники, 2 – сейсмоприемники, 3 – точка, в которую пересчитывается волновое поле, 4 – точка, из которой пересчитывается волновое поле, 5 – точки, используемые для построения характеристик фильтров Винера.

б) Модели сигналов в пересчете головных волн.

$h(\omega)$ – частотная характеристика фильтра Винера, $F(\omega)$ – спектр сигнала головной волны, $\hat{F}(\omega)$ – спектр суммы сигнала и случайной помехи.

Цепочка соотношений в частотной области описывает процесс пересчета волнового поля в точку обобщенной плоскости $(i+1, j+1)$:

$$M|F_{i+1,j+1}(\omega) - \hat{F}_{i,j+1}(\omega) \cdot h_{opt}(\omega)|^2 = \min \Rightarrow h_{opt}(\omega) = \frac{M[F_{i+1,j+1}(\omega) \hat{F}_{i,j+1}^*(\omega)]}{M|\hat{F}_{i,j+1}(\omega)|^2}$$

$$\Rightarrow \hat{F}'_{i+1,j+1}(\omega) = \hat{F}_{i,j+1}(\omega) \frac{\sum_b [\hat{F}_{i+1,j+1+b}(\omega) \hat{F}_{i,j+1+b}^*(\omega)]}{\sum_b |\hat{F}_{i,j+1+b}(\omega)|^2}$$

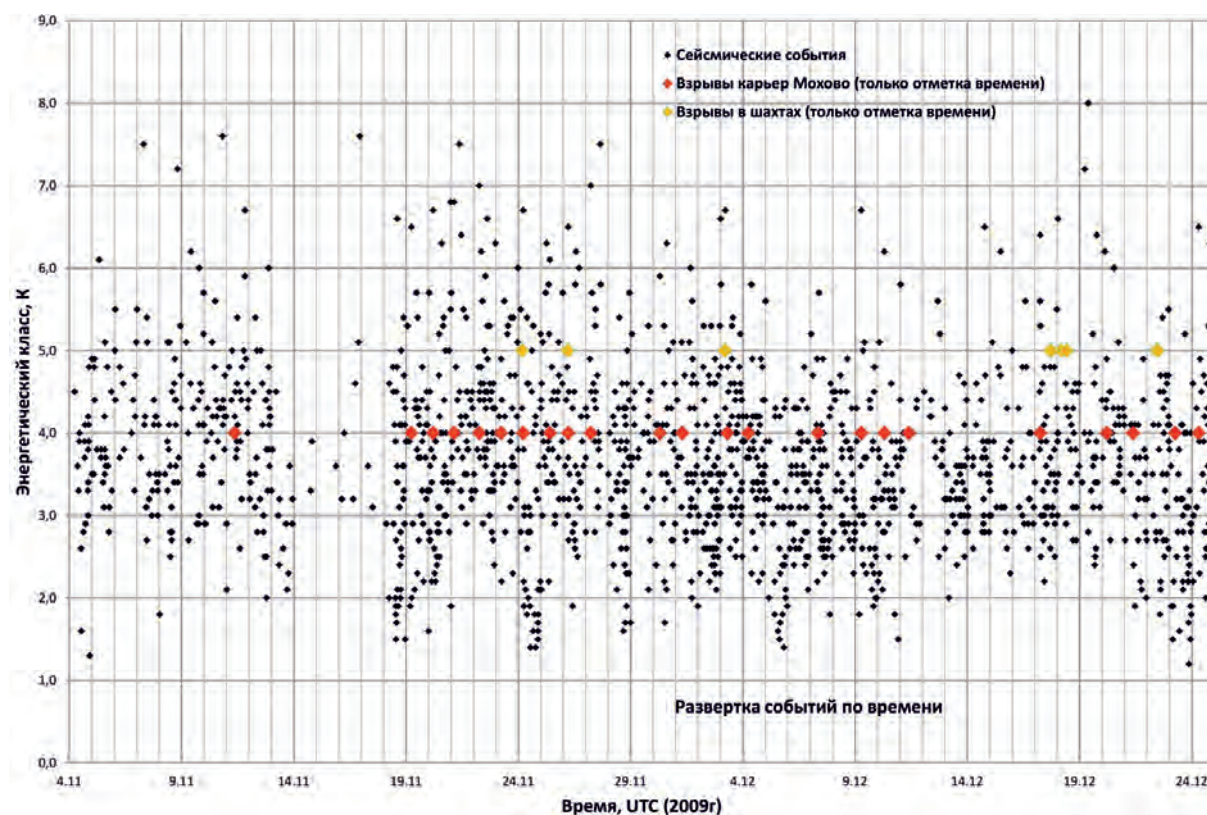
Особенности структуры техногенных сейсмических процессов на крупных горнодобывающих объектах

Мониторинг сейсмичности многих горнодобывающих регионов Российской Федерации показал наличие мощной техногенной составляющей в её проявлениях. Специальные детальные наблюдения в районе шахт, рудников и карьеров позволили выявить ряд характерных особенностей в проявлении техногенной сейсмичности.

В районах крупных горнодобывающих предприятий зафиксированы два типа техногенных сейсмических активизаций: 1) в виде распределенной по площади и по глубине сейсмичности, не имеющей прямой связи с горными выработками; 2) в виде более слабой сейсмичности, приуроченной непосредственно к горным выработкам. В результате графики повторяемости для техногенных сейсмических событий имеют характерный бимодальный вид, который отражает двухуровневую структуру протекающих в подработанных массивах горных пород деформационных процессов.

На угольных шахтах Кузбасса установлено, что работа механических горнодобывающих устройств активизирует наведенные сейсмические процессы. Остановка горных работ в шахтах меняет режим протекания наведённой сейсмичности. Уменьшается как число сейсмических событий, так и энергия основной массы событий, но при этом изредка возникают весьма интенсивные события. Есть основания полагать, что остановка добычи может приводить к накоплению энергии и переходу в режим малого количества более крупных сейсмических событий.

Для техногенной сейсмичности в калийных рудниках Верхнекамского месторождения солей имеет место проявление сильной реологической составляющей. Активизация сейсмичности в подработанном соляном массиве происходит не в период ведения горных работ, а по прошествии 10–15 лет после их завершения.



**Развитие наведённой сейсмичности во времени около г. Полысаево (Кузбасс).
В 2009 году с 14.11 по 18.11 была остановка добычи на всех шахтах**

Направление
«Разработка и создание новых методов анализа
и обработки сейсмологических, геофизических
и инфразвуковых данных в целях повышения
эффективности мониторинга различных природных
катастрофических процессов
(цунамигенных землетрясений, извержений вулканов,
опасных геодинамических явлений в криосфере)»

Региональная система
сейсмического мониторинга на Камчатке

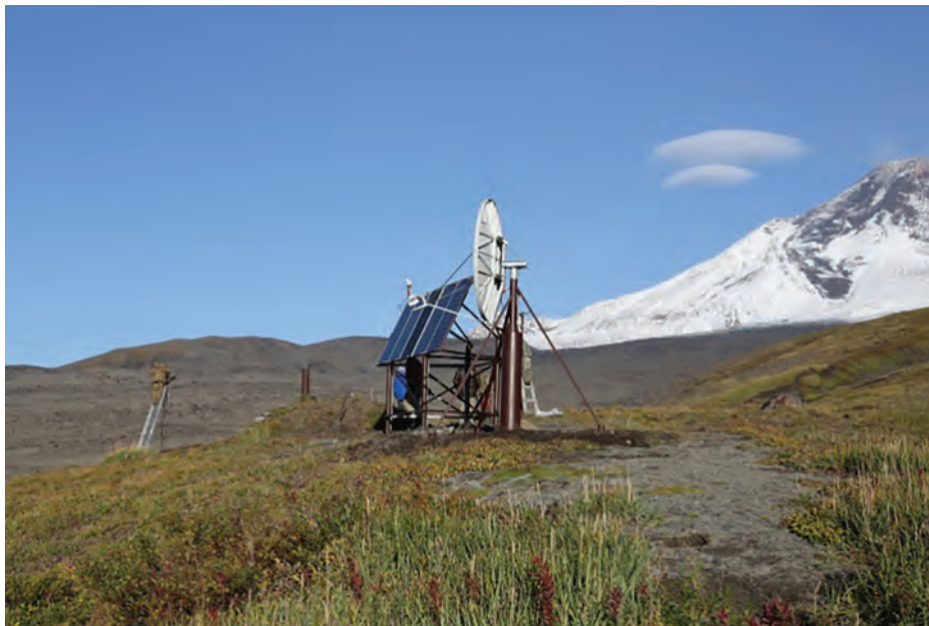
Камчатка относится к наиболее геодинамически активным регионам мира. Здесь возможны сильнейшие землетрясения, которые могут сопровождаться гигантскими цунами, а извержения вулканов представляют опасность для ряда крупных населенных пунктов и авиаполетов. Эти опасные природные явления представляют огромный интерес с точки зрения фундаментальной науки. Кроме того, их изучение имеет практическую направленность, связанную с уменьшением рисков для населения и инфраструктуры, а также в целях смягчения последствий этих стихийных бедствий.

Система сейсмического мониторинга на Камчатке включает в себя: сети сейсмических станций, сети геофизических, геодезических, гидрогеохимических и других наблюдений, а также систему сбора, обработки и хранения информации. Комплексный подход к наблюдениям позволяет исследовать процессы подготовки сильных землетрясений и извержений вулканов, разрабатывать модели сейсмического процесса, обнаруживать и изучать предвестники сильных землетрясений. Кроме того, развитая система сейсмического мониторинга позволяет вести обработку землетрясений в режиме реального времени по регламентам Службы срочных донесений и Службы предупреждения о цунами. Опыт, накопленный Камчатским филиалом, позволяет организовывать комплексные наблюдения в реальном времени в самых сложных условиях: на высокогорье, при низких температурах, при мощном снеговом покрове и длительным зимним периодом. Структура системы сейсмического мониторинга на Камчатке позволяет оперативно разворачивать новые сейсмические станции, изменять детальность наблюдений, организовывать временные локальные сейсмические сети, как автономные, так и с передачей данных в реальном времени.



Сейсмические станции
Камчатской региональной системы сейсмического мониторинга:

Слева – радиотелеметрическая станция «Налычево»;
Справа – установка временной сейсмической станции
в зоне шлаковых конусов вулкана Толбачик



Пункт комплексных наблюдений «Безымянный-Грива»

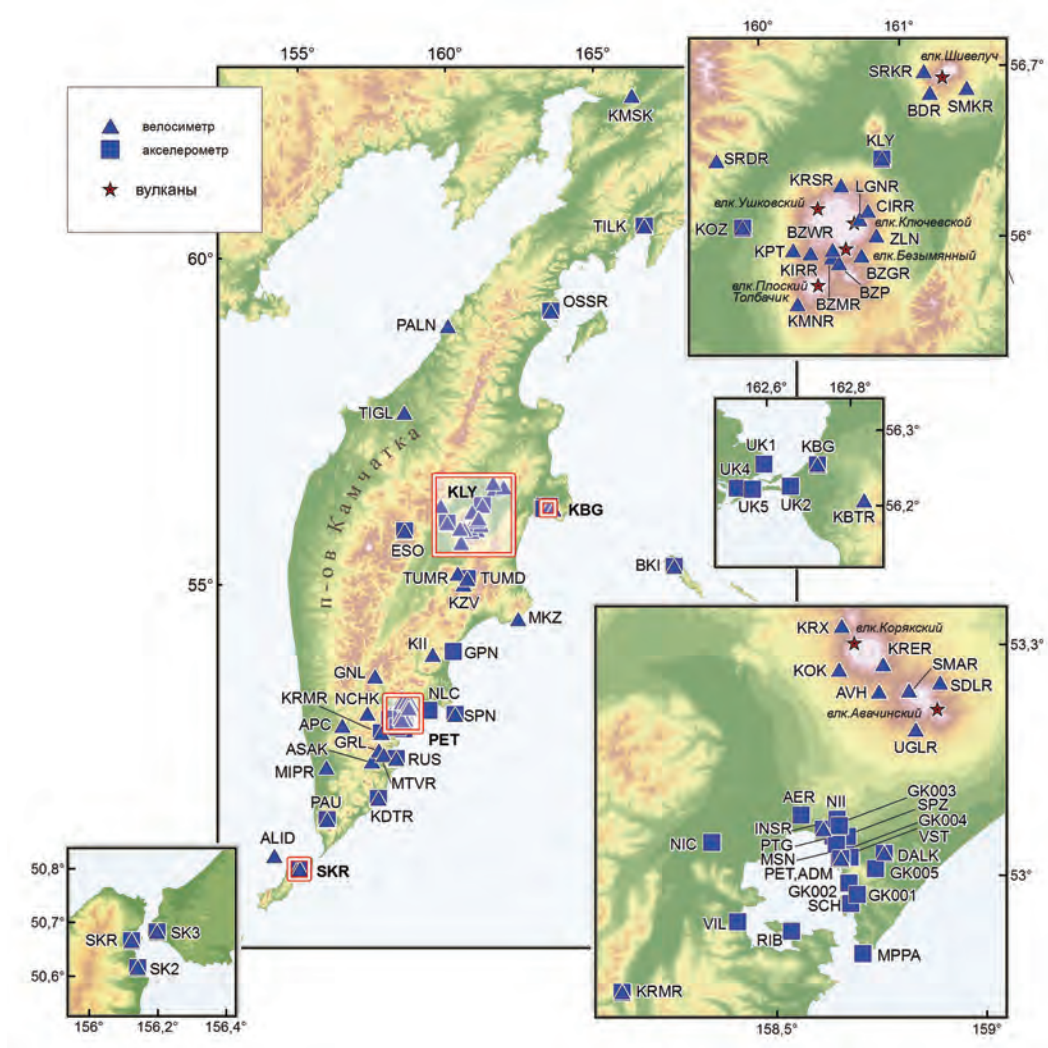
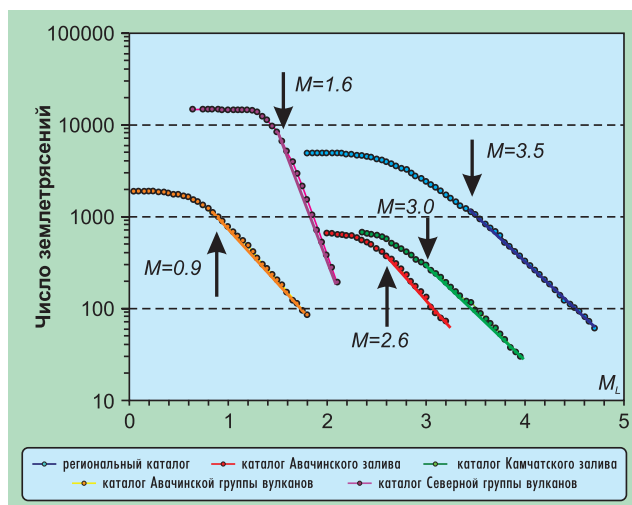


Схема сейсмостанций Камчатского филиала ФИЦ ЕГС РАН по состоянию на конец 2016 г.
На врезках показано размещение станций в районе г. Петропавловска-Камчатского,
п. Усть-Камчатск, п. Северо-Курильск и Ключевской группы вулканов

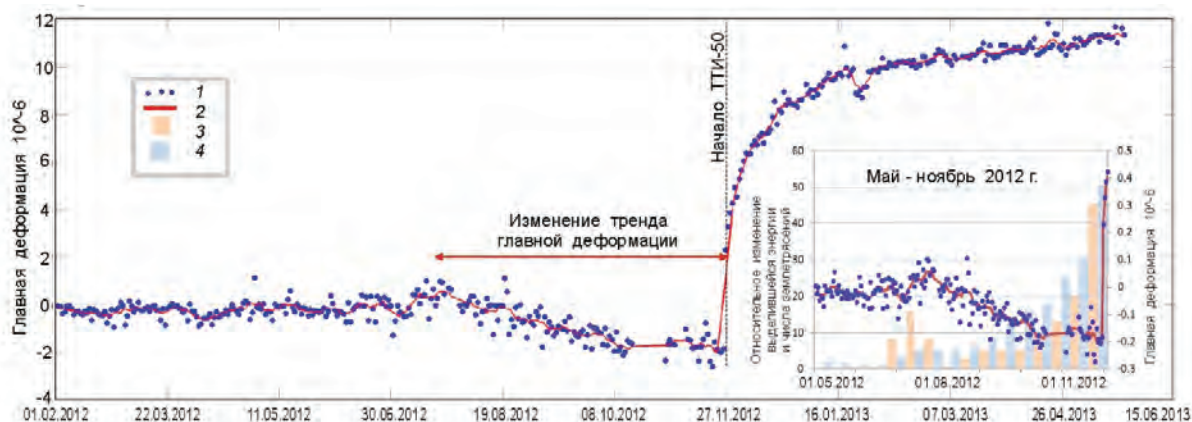


Графики повторяемости для различных районов Камчатки

($KS \geq 7.0$), для Авачинской группы вулканов – с $ML \geq 0.9$ ($KS \geq 3.5$), для Ключевской группы вулканов – с $ML \geq 1.6$ ($KS \geq 5.0$). Также были развернуты временные локальные наблюдения в Долине Гейзеров в 2008–2009 г. и в районе вулкана Плоский Толбачик в ходе извержения 2012–2013 гг. (ТТИ-2012).

Оперативный мониторинг и исследования Трещинного Толбачинского извержения на Камчатке по данным сейсмологических и геофизических наблюдений

На базе региональной сети сейсмических станций и специализированных комплексных пунктов наблюдений за вулканической деятельностью в режиме близком к реальному времени выполнены комплексные исследования уровня активности Трещинного Толбачинского извержения им. 50-летия Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (ТТИ-50). Получены оценки его опасности для населения и полетов авиации, включая обнаружение и идентификацию начала извержения. По сейсмическим и геодинамическим (GNSS) данным выявлены синхронные предвещающие извержение аномалии деформаций земной коры и сейсмического режима длительностью около 5 месяцев. Для исследования механизма извержения были организованы дополнительные наблюдения сетью широкополосных велосиметров Guralp CMG-6TD.

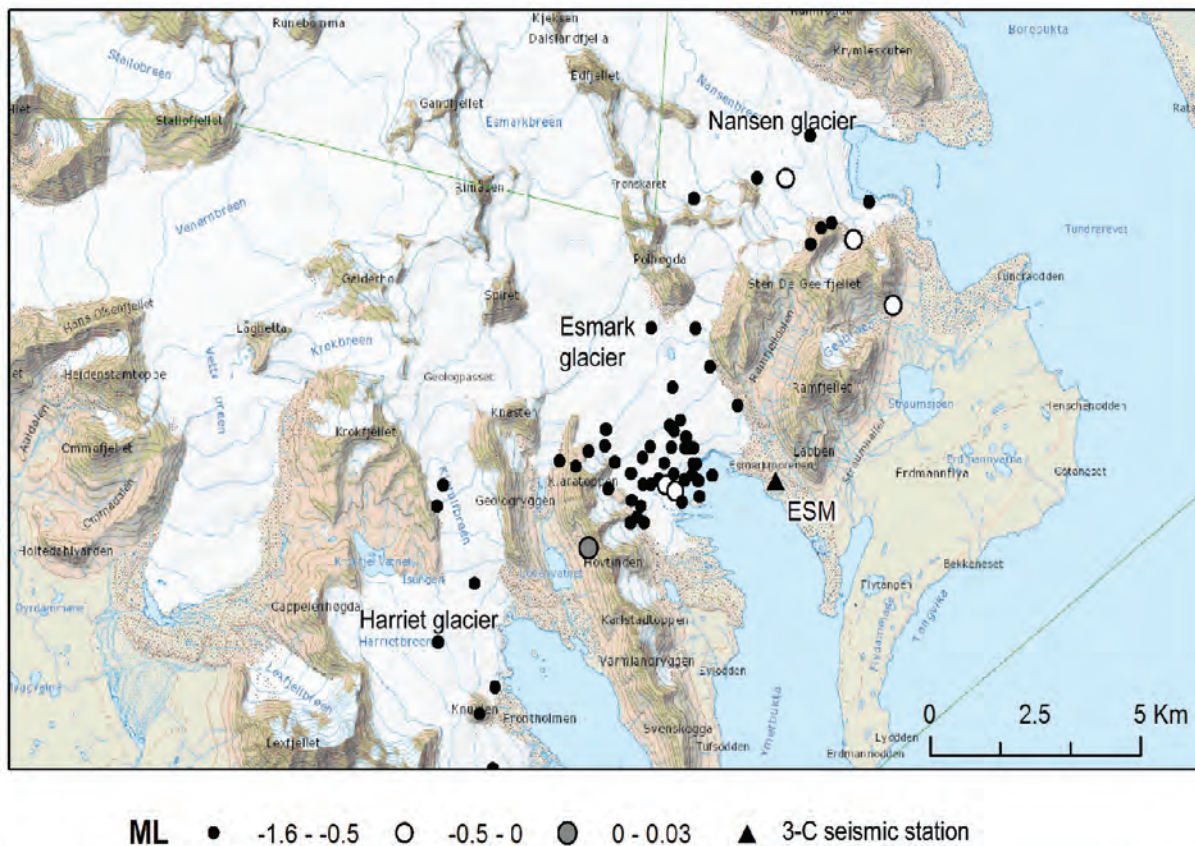


Непрерывная запись подготовки и процесса извержения вулкана ТТИ-50 по GNSS наблюдениям сетью деформационного мониторинга КФ ФИЦ ЕГС РАН.

На врезке подробнее представлен участок записи перед извержением в сопоставлении с сейсмическими данными

Дистанционный мониторинг состояния ледниковых покровов арктических архипелагов с целью оперативного предупреждения об айсберговой опасности

На архипелаге Шпицберген проводятся работы по мониторингу геофизических полей, вызванных деструкцией криолитосферы. На основе интегрального анализа дискретных сейсмических и инфразвуковых сигналов, генерируемых при расстрескивании, аномально-быстрых подвижках пульсирующих ледников, или краевых обрушениях выводных ледников, определяются координаты, время проявления и энергетические характеристики физико-механических процессов деструкции тела ледника. Результаты работ показывают, что комплексирование сейсмического, инфразвукового и GPS методов мониторинга позволяет осуществлять непрерывный контроль временного хода деструкции криосферы с количественной оценкой вариаций темпов и интенсивности процессов разрушения ледовых тел, что существенно повышает эффективность увязки данных о состоянии ледников с гидрометеорологической информацией о климатических изменениях в контролируемых регионах. В результате этого появляется возможность для долгосрочного и среднесрочного прогнозирования опасных ситуаций как на площадях, занятых ледниковыми покровами, так и в районах, прилегающих к фронтальным кромкам горно-долинных ледников (откол айсбергов от кромок наплавных языков, сход селей и ледовых лавин в горах). Увеличение количества станций мониторинга позволит решить прикладные задачи в области обеспечения безопасности жизнедеятельности и природопользования на ледниковых территориях, в частности, улучшить системы контроля опасных ледниковых подвижек на арктическом побережье и образования айсбергов на Северном морском пути.

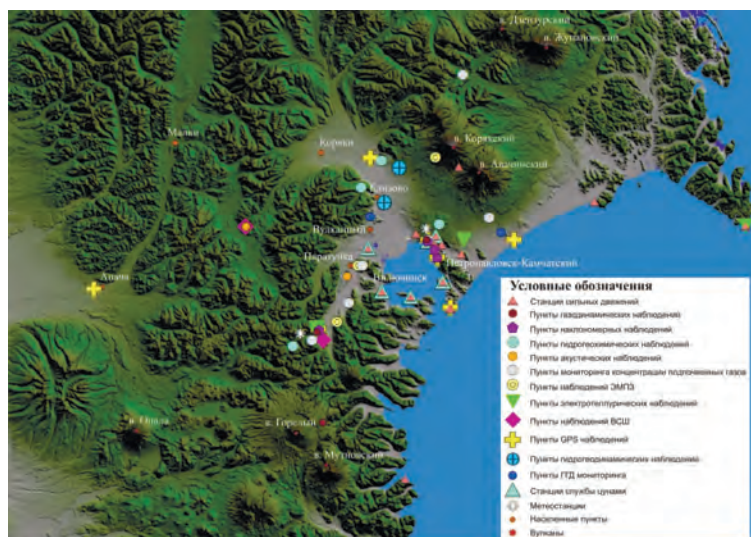


Сейсмоинфразвуковые события, зарегистрированные в районе ледников на северном берегу залива Ис-фиорд (арх. Шпицберген) за период с 11.06.2012 г. по 22.09.2012 г., приведшие к отколу айсбергов

Направление «Разработка и развитие новых методов анализа и прогнозирования сейсмической обстановки в сейсмоопасных и сейсмоактивных регионах»

Комплексные исследования предвестников сильных землетрясений на уникальном Петропавловском прогностическом полигоне

Петропавловский полигон приурочен к центральной части Камчатского фрагмента Курило-Камчатской островной дуги – одному из наиболее сейсмоактивных регионов Земли. Здесь происходит большая часть землетрясений территории России, в том числе сильнейшие с величинами магнитуд до 8 и более, которые могут сопровождаться сотрясениями до 10 баллов и цунами.



Территория Петропавловского полигона с востока ограничена береговой линией Авачинского залива и включает города Петропавловск-Камчатский, Елизово, Вилючинск, другие населенные пункты и их окрестности. В пределах полигона находятся действующие вулканы Авачинский, Корякский, Горелый и Мутновский.

На территории Петропавловского полигона проводятся различные виды комплексного геофизического мониторинга, в том числе:

Структура Петропавловского полигона

1) сейсмологические наблюдения на сети станций, обеспечивающие для территории полигона представительную регистрацию всех землетрясений с величинами энергетического класса $K_s \geq 6.5$;

2) GPS-наблюдения – измерения смещений земной поверхности методами спутниковой геодезии на семи пунктах;

3) гидрогеохимические наблюдения на станциях «Пиначево», «Морозная», «Хлебозавод» и «Верхняя Паратунка» (всего 7 самоизливающихся скважин и 4 слабоботермальных источника);

4) электротеллурические наблюдения на трех пунктах: Шипунский (6 линий), Тундровый (6 линий) и Верхняя Паратунка (4 линии);

5) гидрогеодинамические наблюдения на трех скважинах Е-1, ЮЗ-5, Морозная-1 (измерения уровня, температуры, электропроводности воды, атмосферного давления и температуры воздуха с периодичностью 5 мин.);

6) измерение высокочастотного сейсмического шума в скважине на станции «Начики»;

7) пункты видеонаблюдений за активными вулканами;

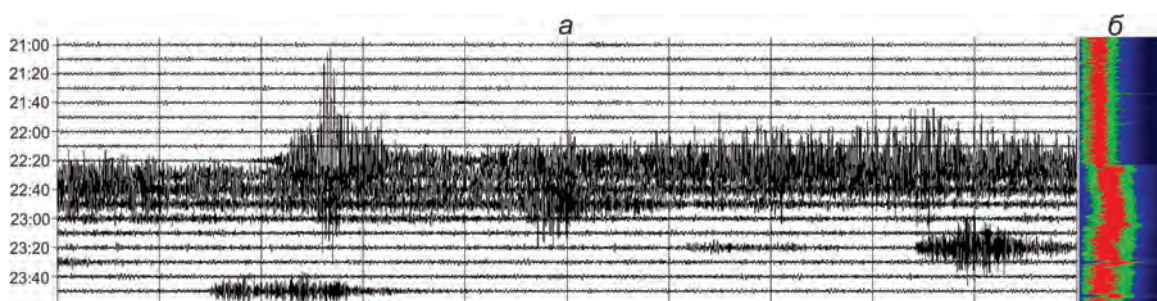
8) комплексные геофизические наблюдения на обсерватории «Карымшина» (сейсмические, магнитометрические, газохимические, регистрация высокочастотного сейсмического шума, метеонаблюдения).

Данные наблюдений используются в практике работы Камчатского филиала Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска для составления регулярных прогнозных заключений о развитии сейсмической и вулканической активности в Камчатском крае.

Обнаружение вулканических пепловых извержений и оценка высоты пеплового выброса по сейсмологическим данным в режиме реального времени

Технология обнаружения вулканических пепловых извержений и оценки их высоты по сейсмологическим данным в режиме реального времени разработана и внедрена в систему мониторинга вулканов Камчатки в 2003 г. Эмпирический метод выделения сейсмических сигналов (эталонов), сопровождающих пепловые выбросы, основан на изучении изменения во времени спектральных особенностей цифровых записей и сопоставлении выделенных эталонов с данными видеонаблюдений. При этом скорость подъема пеплового облака по видеоданным хорошо коррелировалась с амплитудой огибающей соответствующего сейсмического сигнала. Отмеченная корреляция позволила оценить высоту выбросов по интегралу огибающей выделенного сейсмического сигнала с использованием вычисленных коэффициентов. Методика постоянно совершенствуется по мере накопления новых данных. В 2012 г. в систему мониторинга стал внедряться автоматический вариант технологии – программа ADAP (Automatic Detection of Ash Plume), которая позволила сократить время объявления тревоги до 10–20 мин.

Разработка и внедрение новой технологии контроля пепловых извержений по сейсмологическим данным позволяет обеспечить наиболее быстрое и достаточно точное для практических задач оповещение о возможной вулканической пепловой опасности независимо от погодных условий и времени суток. В 2014–2015 гг. время задержки оповещения для извержений наиболее продуктивного вулкана Шивелуч составило 10–30 мин от начала события. Ошибка определения высоты при этом оценивается в ~30%. В настоящее время результаты оценки возможной вулканической пепловой опасности по сейсмологическим данным рассылаются в МЧС Камчатского края и метеослужбы военных частей Камчатки, а также в международные службы США и Японии, отвечающие за безопасность авиаполетов. Технология не имеет аналогов в мировой практике.



Сейсмограмма пеплового выброса (а) на вулкане Шивелуч (22.11.2014 г.)
и временная спектрограмма (б) изменения преобладающей частоты (красный цвет)
непрерывного сигнала от 0 Гц (слева) до 20 Гц (справа)

Видеокадр пеплового выброса
на вулкане Шивелуч 22:29 UTC,
22.11.2014 г.

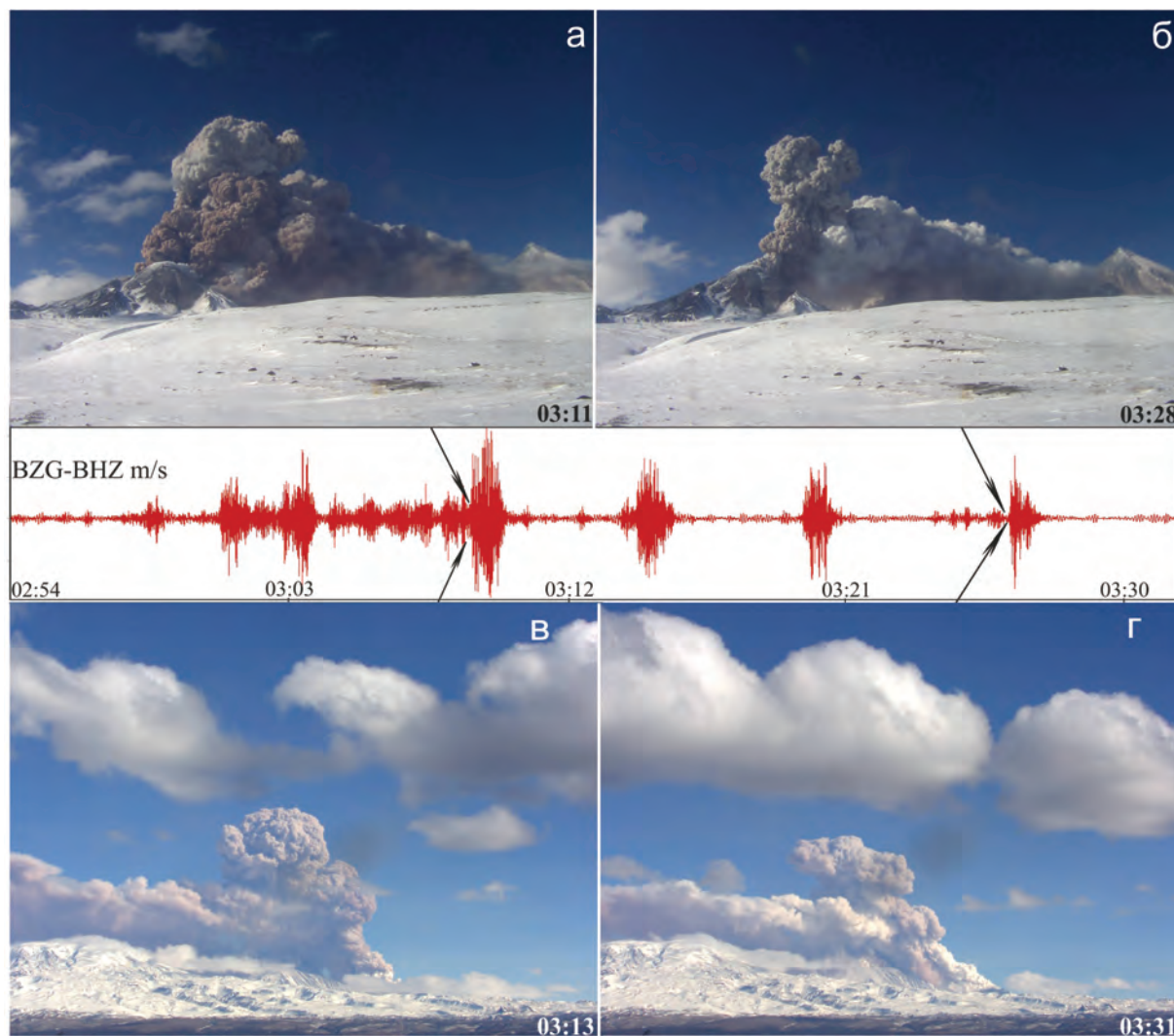


Оперативный мониторинг извержения вулкана Безымянный в 2016–2017 гг. и прогноз эпизодов активизации

В настоящее время вулкан Безымянный – один из наиболее активных вулканов Камчатки. С 2000 по 2012 гг. средний интервал между извержениями составил 240 дней. После 2012 года в деятельности вулкана наступила пауза, которая могла быть связана с мощной активизацией соседнего вулкана Плоский Толбачик.

Вулкан вновь активизировался в декабре 2016 года. Выделяются три эпизода активизации: 12–20 декабря 2016 года (эксплозивное извержение и выжимание вязкого лавового потока); активизация 4–12 февраля 2017 года (выжимание вязкого лавового потока); активизация 9 марта 2017 года (эксплозивное извержение, высота пепловых выбросов до 10 км над уровнем моря).

Система наблюдений, развернутая в районе Ключевской группы вулканов, позволила оперативно проводить мониторинг состояния вулкана по данным сейсмических, геодинамических, инфразвуковых и видеонаблюдений. В очередной раз в режиме реального времени были опробованы разработанные методы прогноза извержений вулканов. В Камчатский филиал Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска (КФ РЭС) были заблаговременно переданы прогнозные заключения на все эпизоды активизации.



Фрагменты извержения вулкана Безымянный, зафиксированные видеокамерами пунктов BZG (а, б) и KOZ (в, г); запись вертикальной составляющей BHZ сейсмического сигнала на пункте BZG

Статистическая оценка уровня сейсмичности в заданной пространственно-временной области

Информация о текущем состоянии сейсмичности различных регионов имеет исключительное важное значение как для специалистов различных государственных структур (МЧС, региональные администрации и др.), так и для научных исследователей. В Камчатском филиале ФИЦ ЕГС РАН разработана методика оперативной статистической оценки уровня сейсмичности (СОУС'09), которая имеет наглядное и интуитивно понятное представление получаемых результатов.

Она базируется на использовании функции распределения выделившейся сейсмической энергии и позволяет формализовать процедуру качественного описания интенсивности сейсмического процесса.

Значение функции распределения	Шкала уровня сейсмичности	Относительное время мониторинга
1.0	Экстремально высокий	0.5%
0.995	Высокий	2.0%
0.975	Фоновый повышенный	12.5%
0.85	Фоновый средний	70%
0.15	Фоновый пониженный	12.5%
0.025	Низкий	2.0%
0.005	Экстремально низкий	0.5%
0.0		

Состояние сейсмичности региона в целом оценивается по эмпирической функции распределения, выделившейся за определенный временной интервал сейсмической энергии: $F(K) = P(\lg E \leq K)$, где E – суммарная сейсмическая энергия в Дж. Задавая пороговые значения F и зная выделившуюся энергию E , можно сделать заключение о повышенной (например, если $F > 0.9$), либо пониженной (например, если $F < 0.1$) активности региона.

Шкала уровня сейсмичности методики СОУС'09

Адаптивная методика прогнозирования афтершоковой активности после сильных землетрясений

Разработана методика прогнозирования интенсивности афтершоковых процессов после сильных землетрясений в различных диапазонах магнитуд.

Методика основана на представлении афтершокового процесса, как взаимоналожения моделей Омори-Утсу и Гутенберга-Рихтера, что позволяет оценивать интенсивность потока афтершоков и масштабировать процесс по магнитуде с последовательным уточнением индикаторных параметров в изменяющемся временном интервале прогноза. Проверка методики на восьми афтершоковых последовательностях из районов с различным типом сеймогенеза показала высокую степень реализации прогнозов. Методика может быть использована в центрах сейсмологического мониторинга для оперативного краткосрочного и среднесрочного прогнозирования афтершоковой активности в очаговых ареалах сильных землетрясений.

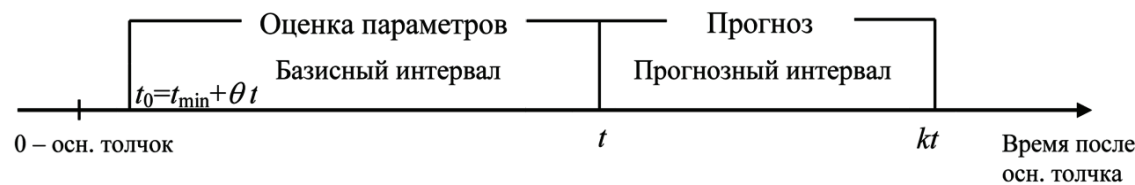


Схема прогнозирования афтершоковой активности:
по мере развития афтершокового процесса базисный и прогнозный интервалы увеличиваются, отражая затухание интенсивности событий

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ФИЦ ЕГС РАН

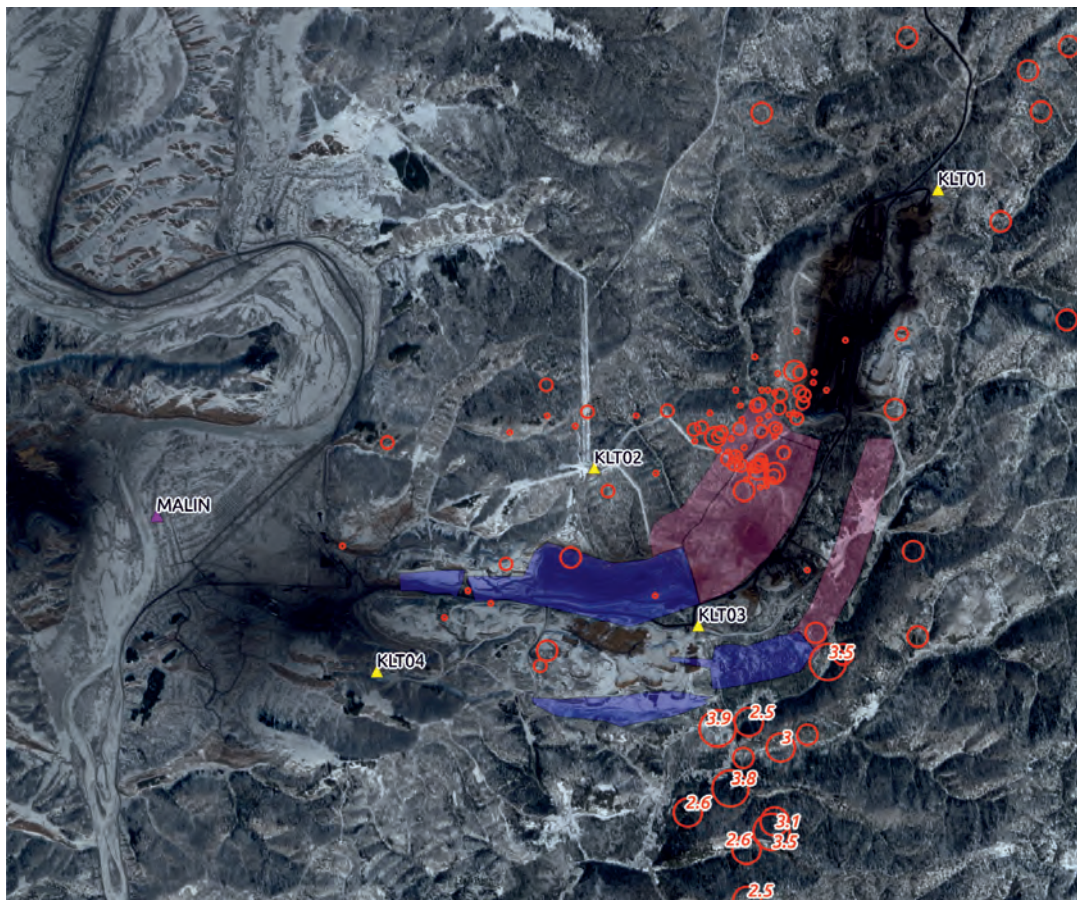
ФИЦ ЕГС РАН обладает уникальным штатом высококлассных специалистов в области сейсмологии, геофизики, информационных технологий и коммуникационных систем, которые обеспечили разработку большого количества современных инновационных технологий мирового уровня. Эти технологии, базирующиеся на использовании разнообразных образцов геофизической аппаратуры и новейших программных комплексов, обеспечивают проведение широкого спектра научно-исследовательских и прикладных, инженерно-геологических и геолого-разведочных работ, включающих:

- проведение непрерывного сейсмического и геофизического мониторинга на различных ответственных объектах (АЭС, ГЭС, ГРЭС, плотины, газопроводы, нефтепроводы, мостовые переходы, тоннели и др.);
- работы по сейсмическому микрорайонированию территорий населенных пунктов и площадок предполагаемого строительства с выдачей заключений об их сейсмичности;
- оценку степени опасности сейсмических воздействий взрывов на здания и сооружения;
- изучение гидроразрывов пластов на нефтяных месторождениях;
- проведение микросейсмических съемок на месторождениях углеводородов и нефтеперспективных территориях для выбора мест заложения первоочередных разведочных скважин;
- инфразвуковые и сейсмо-инфразвуковые технологии мониторинга;
- изучение физического состояния зданий, сооружений и работающего оборудования;
- региональные глубинные сейсмические исследования с использованием взрывов и мощных виброисточников;
- режимные вибросейсмические наблюдения с мощными вибраторами;
- морские и речные сейсмические и электроразведочные исследования для решения задач нефтяной геологии;
- детальные площадные электроразведочные исследования;
- инженерно-сейсморазведочные исследования.

Инновационные технологии

Технология мониторинга природно-техногенной сейсмичности на объектах горнодобывающей промышленности

Разработана технология локального мониторинга природно-техногенной сейсмичности, сопровождающей разработку различных месторождений полезных ископаемых.



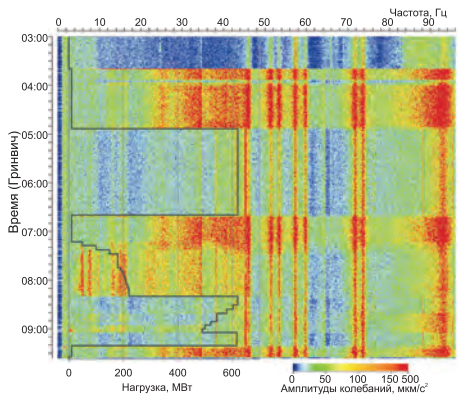
Карта эпицентров сейсмических событий в районе угольного разреза Калтанский в октябре-декабре 2016 г.

Технология предусматривает установку локальной сети наземных и (или) подземных сейсмических станций в пределах исследуемого объекта, обеспечивающей регистрацию в контролируемом массиве широкого спектра сейсмических событий малых магнитуд ($-2 < ML < 4$): взрывы, подвижки, обрушения и т.п. Результатами наблюдений являются карты эпицентров сейсмических очагов, графики динамики развития сейсмичности в пределах объекта, параметры сейсмического режима и прогнозные зоны повышенного сейсмического риска и др.

Использование современного регистрирующего оборудования, высокоскоростных средств связи и эффективных методов обработки данных позволяет осуществлять мониторинг и передачу его результатов Заказчику в режиме, близком к реальному времени.

Положительные результаты применения различных модификаций технологии мониторинга, адаптированные к конкретным локальным условиям, получены для калийных рудников Верхнекамского месторождения солей, рудников апатитовых месторождений Хибинского массива и угольных шахт и разрезов Кузнецкого бассейна.

Мониторинг состояния оборудования и сооружений гидроэлектростанций по данным сейсмических наблюдений



Спектрограмма, вибрационного шума гидроагрегата Саяно-Шушенской ГЭС

Технология позволяет по непрерывным записям сейсмостанций, расположенных в окрестностях ГЭС, решать важные задачи диагностики объекта: осуществлять дистанционный вибрационный контроль состояния работающих гидроагрегатов, выявлять режимы повышенных вибраций, выполнять мониторинг технического состояния плотин по изменениям собственных частот сооружений, получать дополнительную объективную информацию, необходимую для расследования причин возникновения нештатных ситуаций на гидроэлектростанциях.

Анализ сеймотектонических условий и сейсмичности районов размещения ответственных объектов (АЭС и ГЭС)

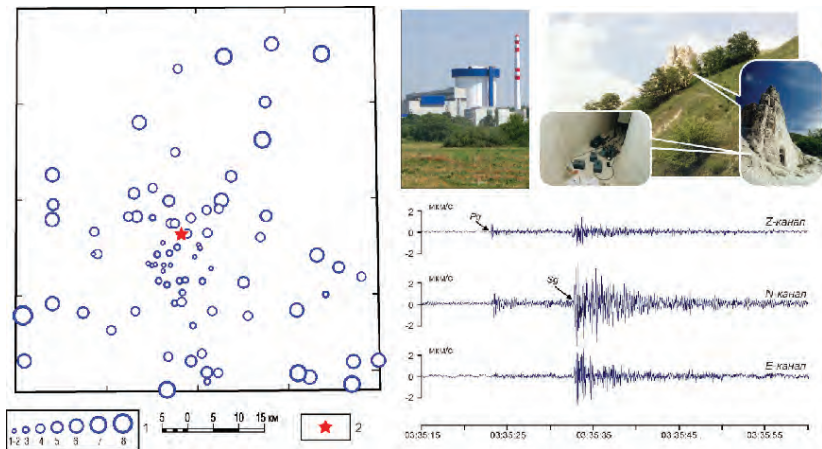
Разработана технология проведения инструментальных сейсмологических наблюдений, обеспечивающих представительную оценку сеймотектонических условий и сейсмичности районов расположения ответственных объектов (АЭС и ГЭС).

Применяемые системы наблюдений обеспечивают:

- 1) регистрацию микроземлетрясений, а также выявление медленных деформаций и подвижек массива в непосредственной близости от объекта (в радиусе до 5 км);
- 2) регистрацию слабых местных землетрясений и контроль вариаций сейсмической активности в районе расположения объекта (в радиусе до 25–50 км).

Именно регистрация слабых сейсмических событий позволяет в сравнительно короткие сроки накопить представительную статистику для построения графика повторяемости и, соответственно, для оценки основных параметров сейсмичности, даже в условиях слабоактивных территорий.

Важно отметить, что проводимые в районах расположения ответственных объектов сейсмологические наблюдения тесно увязываются с данными федеральной системы сейсмологических наблюдений, что является одним из нормативных требований для работ на этих объектах.



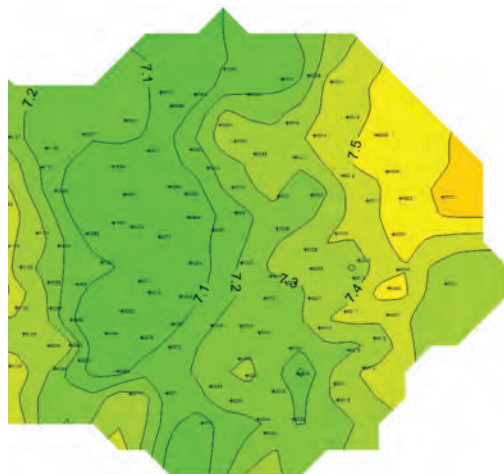
Пример регистрации сейсмических событий вблизи ответственного объекта

Технология сейсмического микрорайонирования локальных участков и зон, связанных с проектированием и строительством зданий и сооружений

Разработана и широко применяется на практике технология сейсмического микрорайонирования участков для объектов капитального строительства, включая особо опасные и технически сложные объекты.

Универсальная технология включает комплекты сейсмологического и сейсмического оборудования, а также соответствующие программные комплексы, которые позволяют реализовать все основные виды исследований, регламентированные действующими нормативными документами и необходимые для адекватной оценки сейсмической опасности в пределах исследуемых участков:

- исследования методом регистрации землетрясений, взрывов или микросейсм;
- исследования методом сейсмических жесткостей;
- получение сейсмических свойств среды (скоростных разрезов поперечных волн) на глубину до 50–100 м;
- расчет резонансных характеристик исследуемых грунтов;
- оценка прогнозных значений балльности в связи с возможными изменениями свойств грунтов в результате эксплуатации проектируемых объектов;
- расчет (подбор) для исследуемых грунтов акселерограмм сильных землетрясений и спектров реакции.



Карта сейсмической интенсивности в среднепериодном диапазоне колебаний на припортовом участке строительства Байкальского тоннеля

Технология оценки степени опасности сейсмического воздействия взрывов на здания и сооружения

Разработана технология оптимизации параметров буровзрывных работ на карьерах и в рудниках по уровню сейсмических воздействий на близлежащие здания и сооружения.

В основе технологии лежат натурные измерения сейсмического эффекта взрывов пространственной системой наблюдений, проводимых по специальной программе, которая позволяет сформировать адекватную модель среды для охраняемой территории. Модель учитывает особенности взрывааемых пород, их обводненность, характер затухания сейсмических волн, азимутальную анизотропию их распространения, наличие демпфирующих препятствий, резонансные свойства грунтов. Построенная модель позволяет осуществлять прогноз ожидаемых сейсмических нагрузок в основании и внутри различных типов строительных конструкций с учетом характеристик используемых средств инициирования и взрывчатых веществ. Она также служит основой для оперативного расчета оптимальных параметров буровзрывных работ, обеспечивающих безопасность охраняемых зданий и сооружений при максимальной степени извлечения запасов месторождения.



Короткозамедленный взрыв на обводненной части карьера

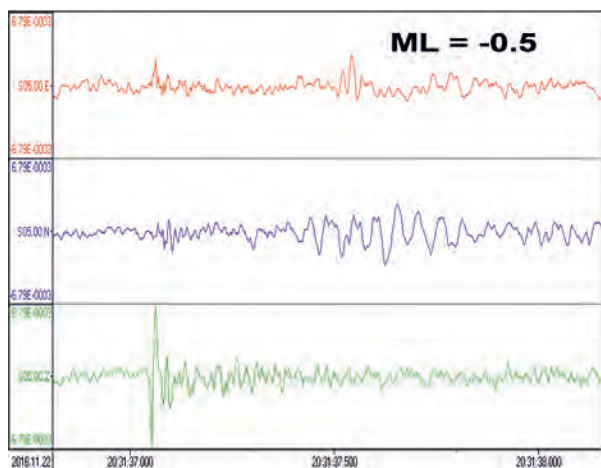
Технология пассивного сейсмического мониторинга процесса гидроразрыва пласта на нефтяных месторождениях

Разработана технология пассивного сейсмического мониторинга гидроразрыва пласта ГРП на нефтяных месторождениях, основанная на использовании системы сейсмологических наблюдений в виде площадной группы из 40–50 сеймостанций, расположенных на земной поверхности над местом проведения испытаний.

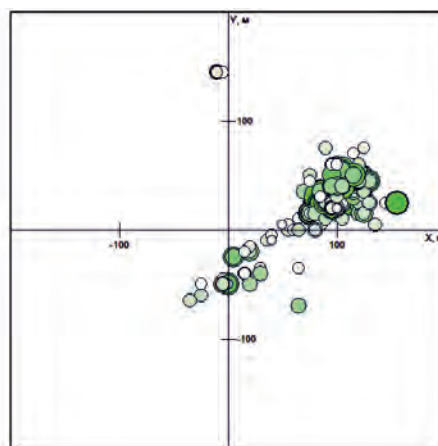
В результате закачки в скважину флюида (проппанта или другого материала) происходит изменение напряженно-деформированного состояния породы вблизи скважины, которое может быть зафиксировано по очагам микросейсмической эмиссии – очень слабых событий магнитудного уровня $-4 < M < -2$.

В технологии используются непрерывные сейсмические записи до, во время и после технологических процессов на скважине, связанных с проведением гидроразрыва.

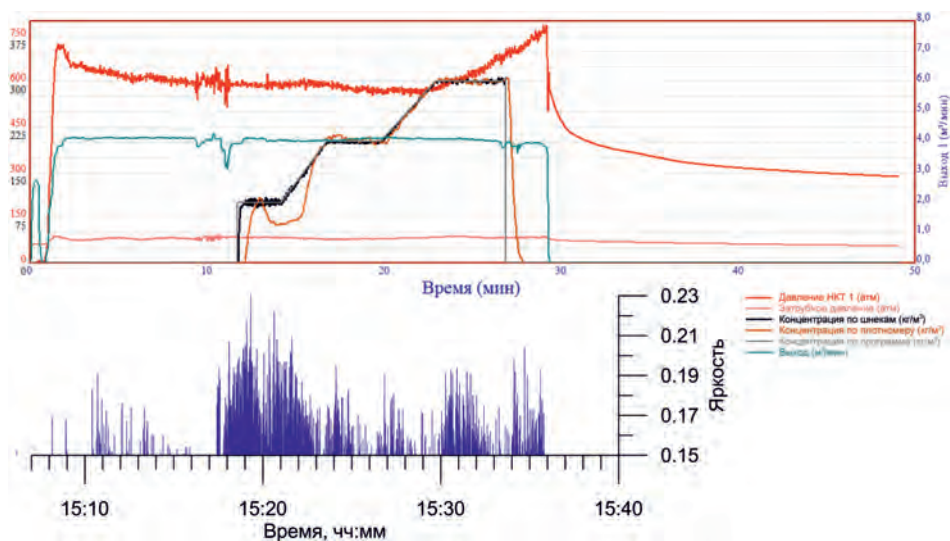
Использование записей эталонных событий (перфорационные взрывы, взрывы ТШТ) и специальных методик локации позволяет определять местоположение микросейсмических очагов, сопровождающих развитие трещины ГРП, с ошибкой не более 20 м на глубинах до 3 км. Такая точность локации позволяет с приемлемой для практики точностью решать задачу определения геометрических параметров трещинной зоны (азимута простираения и ее размеров).



Запись сейсмического сигнала при ГРП



Картирование трещинной зоны по эпицентрам микросейсмических событий

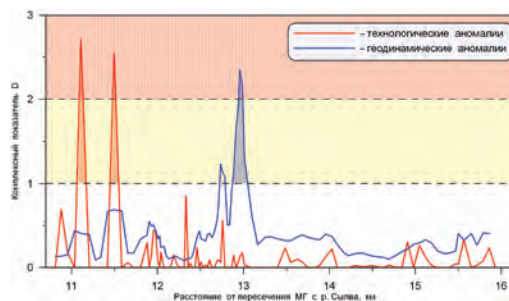


Динамика микросейсмической активности во время ГРП

Технология выявления потенциально аварийно-опасных участков на трассах магистральных газопроводов, подверженных коррозионному растрескиванию под напряжением

Разработана сейсмологическая технология, обеспечивающая проведение дистанционной диагностики магистральных газопроводов без ограничения режимов их работы и без их вскрытия. Технология базируется на проведении специальных мониторинговых исследований природных и техногенных вибрационных (микросейсмических) полей с использованием многоканальных сейсмических регистрирующих комплексов и высокочувствительных сейсмологических датчиков, устанавливаемых на земной поверхности над трассами газопроводов.

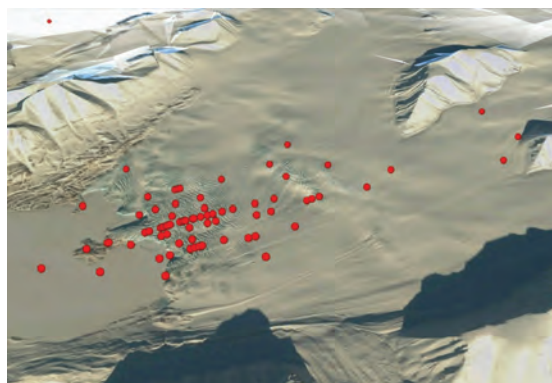
В результате многоэтапной обработки обеспечивается разделение интерференционных полей вибрационных колебаний и выделение геодинамически и технологически напряженных зон и с их последующим ранжированием по степени потенциальной опасности. Аномалии вибраций технологической природы позволяют выделить локальные участки газопроводов, подверженные коррозионному растрескиванию под напряжением.



**Выделения аномалий
вибрации технологической
и геодинамической природы**

Технология сейсмоинфразвукового мониторинга потенциально опасных процессов деструкции криосферы

Технология дистанционного мониторинга разрушения ледников основана на совместной регистрации сейсмических колебаний, распространяющихся в земной толще, и акустических волн, распространяющихся в атмосфере. Совместный анализ записей сейсмической и акустической эмиссии позволяет с высокой точностью определять координаты, время проявления и энергетику процессов, приводящих к растрескиванию тел ледников (crevassing), быстрым подвижкам отдельных блоков (surging) и обрушениям фронтальных кромок (calving).



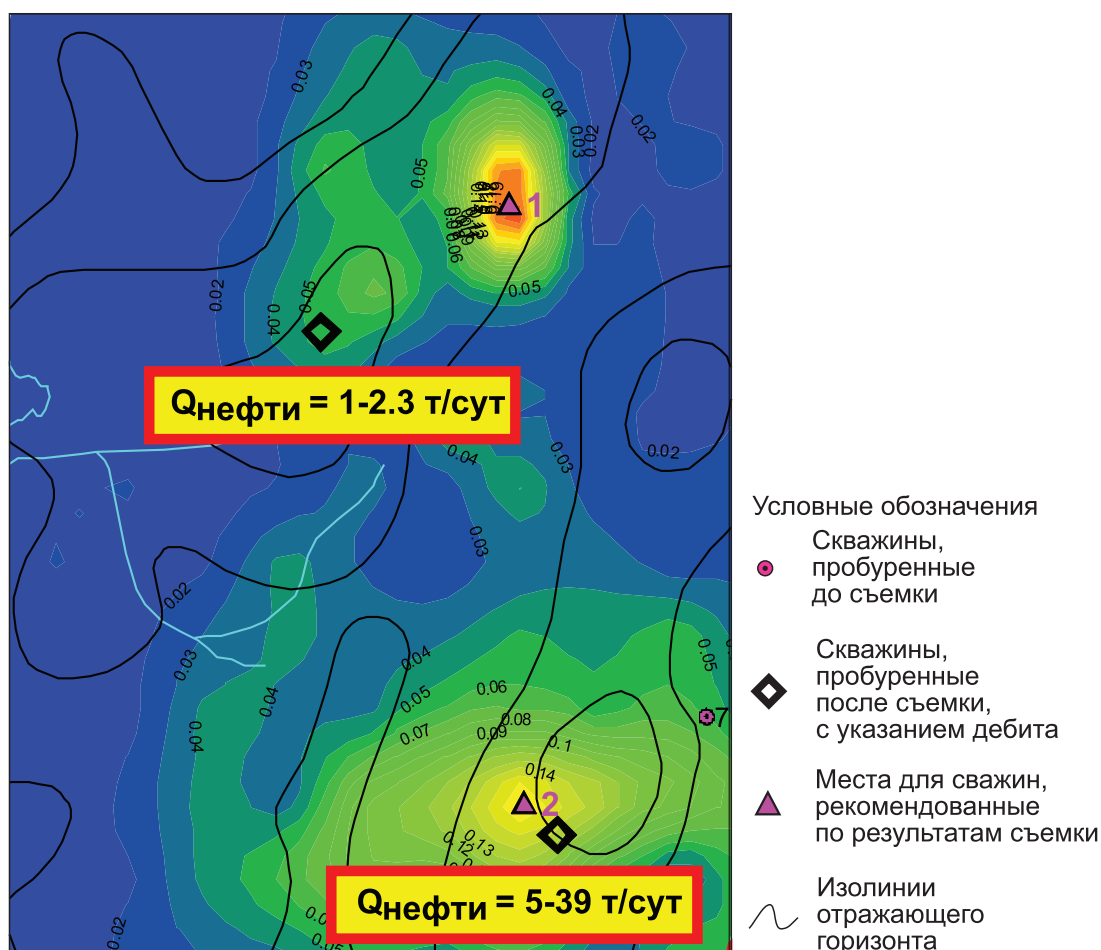
**Очаги деструкции выводного ледника
Норденшельд, выявленные по записям
сейсмо-инфразвукового комплекса PYR**

Технология сейсмоинфразвукового мониторинга позволяет осуществлять непрерывный контроль временного хода деструкции криосферы с количественной оценкой вариаций темпов и интенсивности процессов разрушения ледовых тел, что существенно повышает эффективность увязки данных о состоянии ледников с гидрометеорологической информацией о климатических изменениях в контролируемых регионах, позволяя осуществлять долгосрочный и среднесрочный прогноз опасных ситуаций как на площадях, занятых ледниковыми покровами, так и в районах, прилегающих к фронтальным кромкам горно-долинных ледников (откол айсбергов от кромок наплавных языков, сход селей и ледовых лавин в горах). Полевые испытания на кромке крупнейшего на архипелаге Шпицберген выводного ледника Норденшельда, стекающего с купола Ломоносова в Ис-форд, подтвердили надежность регистрации калвинга с расстояния 15 км в режиме, близком к реальному времени.

Технология пассивной микросейсмической съемки для выявления и картирования углеводородных залежей

В ФИЦ ЕГС РАН совместно с ГИ УрО РАН и ООО «Геоспектр» разработана технология изучения на земной поверхности полей микросейсмических шумов и выделения по результатам многоэтапной обработки характеристического глубинного микросейсмического излучения, связанного с наличием в разрезе нефтяных и газовых залежей.

Технология основана на проведении сравнительно долговременных мониторинговых наблюдений микросейсмических шумов с использованием высокочувствительных сейсмологических комплексов и последующей пространственно-временной обработке микросейсмических данных в низкочастотном диапазоне на базе методик, развитых в нефтяной сейсморазведке. Она является логичным дополнением комплекса поисково-разведочных работ, когда 2D и 3D сейсморазведка выявляют нефте- и газо- перспективные структуры, а пассивная сейсмика оценивает возможности наличия в них залежей углеводородов.



Аномалии глубинного микросейсмического излучения, обусловленные наличием нефтяных залежей

Технология пассивной микросейсмической съемки может применяться на всех этапах поисковых и разведочных работ на нефть и газ: от оценки перспективности лицензионных участков на наличие углеводородов и оценки нефтегазоносности структур, выявленных сейсморазведкой, до определения границ залежей углеводородов и выбором мест заложения первоочередных глубоких скважин.

Применение технологии позволяет существенно снизить затраты на бурение «пустых» (непродуктивных) скважин.

Технология инфразвуковой пеленгации отделяющихся частей ракет-носителей и локации мест их падения

Разработана и внедрена технология инфразвуковой пеленгации снижающихся фрагментов 1-х и 2-х ступеней ракет-носителей и локации мест их падения в штатно отведенных районах с использованием как мобильных, так и стационарных инфразвуковых групп.

В основу технологии положены научные и практические результаты многолетних наблюдений на сейсмоинфразвуковом комплексе «Апатиты»; теоретические расчеты распространения инфразвука от объектов, движущихся со сверхзвуковой скоростью в атмосфере, выполненные методом математического моделирования, с учетом реальных параметров атмосферы в районе работ (температура, сила и направление ветра, плотность, влажность); специально разработанное программное обеспечение для детектирования большого количества инфразвуковых импульсов; методика ассоциации инфразвуковых сигналов, зарегистрированных несколькими станциями наблюдения и пеленгации объекта в пространстве; специально разработанные станции инфразвукового мониторинга.

Разработанная методика пеленгации объектов, движущихся в атмосфере со сверхзвуковой скоростью, позволяет с использованием двух и более стационарных или переносных инфразвуковых групп надежно выделять как одиночные, так и летящие группой многочисленные объекты.

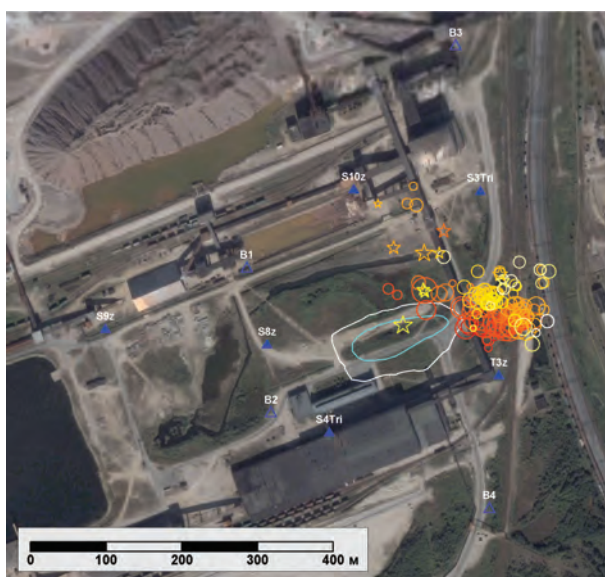


Стационарные полевые станции инфразвукового мониторинга

Мониторинг аварийных ситуаций, связанных с образованием крупных провалов в пределах градопромышленных агломераций

В ФИЦ ЕГС РАН совместно с ГИ УрО РАН разработана технология мониторинга аварийных ситуаций в пределах градопромышленных агломераций. Она базируется на использовании наземно-скважинных систем сейсмологических наблюдений, обеспечивающих регистрацию слабых сейсмических событий низкого энергетического уровня (с магнитудами менее -1), что позволяет выявить динамику процессов разрушения в контролируемом массиве и принять адекватные превентивные меры для снижения масштабов возможных негативных последствий.

Применение современных технологий сбора и обработки сейсмологических данных позволяет обеспечить контроль за аварийной ситуацией в режиме, близком к реальному времени.

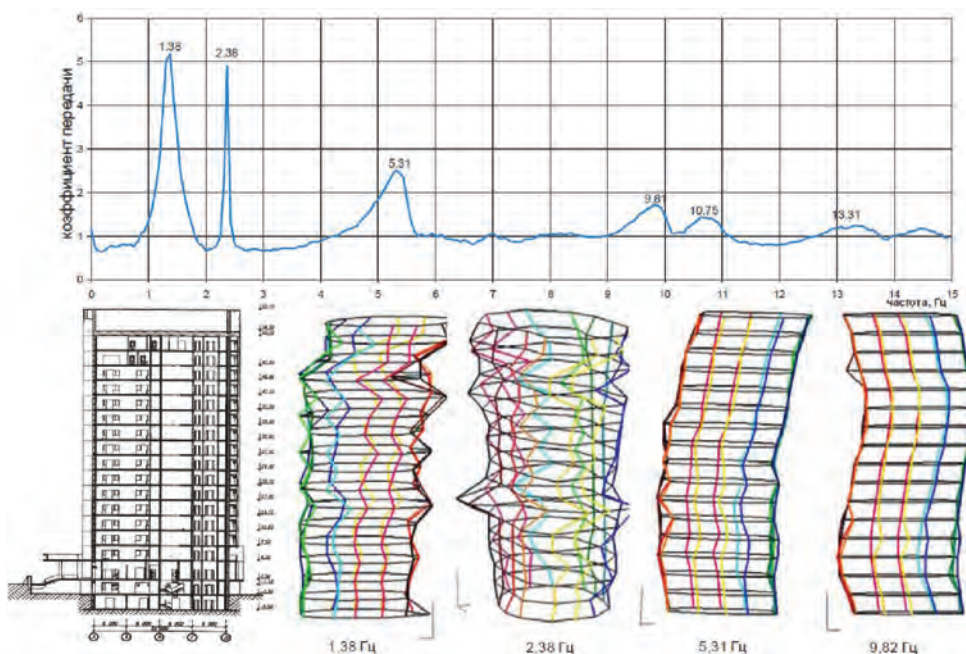


Мониторинг процесса развития провала

Технология инженерно-сейсмологического обследования зданий и сооружений

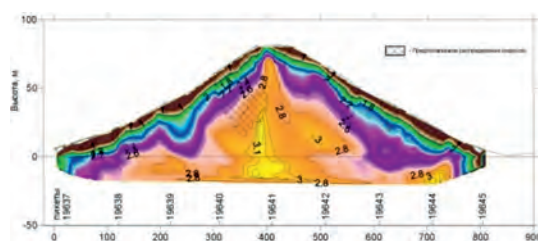
Разработана технология диагностики физического состояния зданий и сооружений на основе детального исследования колебательных процессов в инженерных сооружениях, вызванных микросейсмами. В основе технологии лежит метод стоячих волн, использующий свойство когерентности собственных колебаний. Разработаны способы обработки, которые позволяют восстанавливать полное поле стоячих волн для замкнутых объемов любой конфигурации и размеров по результатам пересчета колебаний из нескольких опорных точек.

Высокая точность и детальность получаемых данных позволяет обнаруживать не только скрытые дефекты строительных конструкций, но и зоны возможных нарушений при последующей эксплуатации.



Амплитудно-частотные характеристики и модальные формы поперечных колебаний 16-этажного здания из монолитного железобетона

Инженерно-сейсморазведочные исследования



Скоростной разрез покрывающей толщ по данным сейсмотомографического просвечивания (ФИЦ ЕГС РАН и ИНГГ СО РАН)

Разработан комплекс технологий инженерно-сейсмических исследований, который позволяет проводить детальное изучение верхней части разреза (от первых метров до глубин 200 м) в любых сложных поверхностно-геологических условиях, а также в промышленных зонах.

Комплекс технологий включает как адекватные конкретным условиям и решаемым задачам аппаратные средства, так и программно-алгоритмические наработки по интерпретации получаемых данных. В качестве регистрирующей аппаратуры исполь-

зуется широкий спектр станций – от специализированной 48–96-канальной инженерно-сейсморазведочной станции SGD-SEL до автономных сейсмологических станций «Байкал-АС».

Технологии сейсмических исследований с использованием мощных передвижных вибрационных источников

Разработаны мощные передвижные 40 и 60-тонные вибраторы, которые обеспечивают получение сейсмических сигналов вплоть до удалений 450 км.

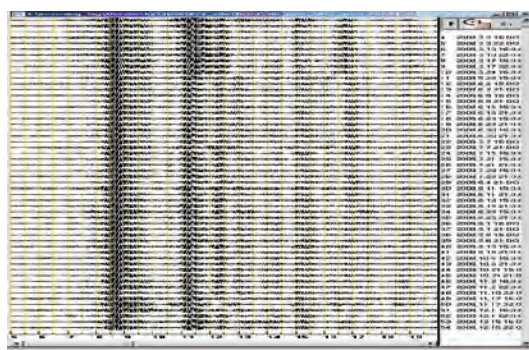
Высокая стабильность вибрационных воздействий позволяет использовать вибросейсмическую технологию для детального мониторинга напряженного состояния массивов в пределах зон повышенной сейсмической опасности, в районах нефтегазодобычи, разработки угольных и рудных месторождений, искусственных водохранилищ, ответственных объектов (ГЭС, АЭС, ГХК и др.).

Эффективность технологии подтверждена многолетними результатами мониторинга в районе крупнейшего Новосибирского водохранилища. Выявлены сезонные (связанные с изменением уровня воды в водохранилище) вариации скоростей продольных и поперечных волн, составляющие 0.3–0.6%.

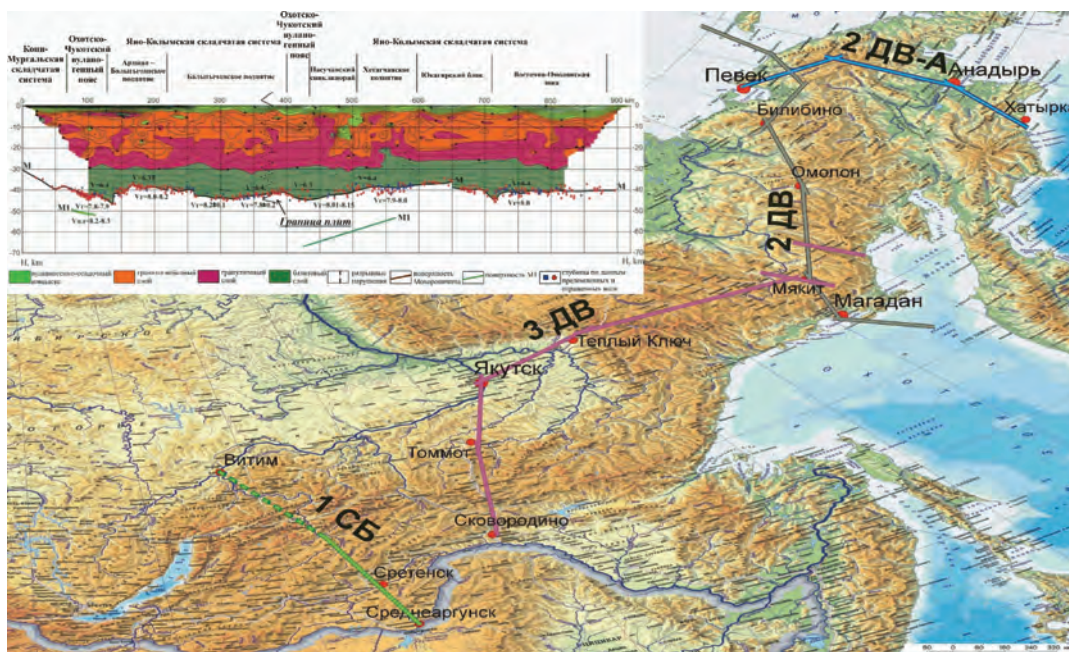
Применение вибрационной технологии показало высокую эффективность при проведении работ по глубинному изучению земной коры и верхней части мантии методом ГСЗ на Востоке РФ. Она исключила негативные экологические последствия (имеющие место в случае взрывных воздействий) и обеспечила ее применение в промышленных зонах и на территориях заповедников.



Группа 40-тонных вибраторов



Ряд мониторинга от
40-тонного вибратора за 2012 год
для сейсмостанции «Новосибирск»
(удаление 49 км, свип 7.9–11.2 Гц,
Z-канал)



Глубинные сейсмические исследования ФИЦ ЕГС РАН и СНИИГиМС на опорных
профилях на Востоке России

Технология речной сейсморазведки методом ОГТ-2D

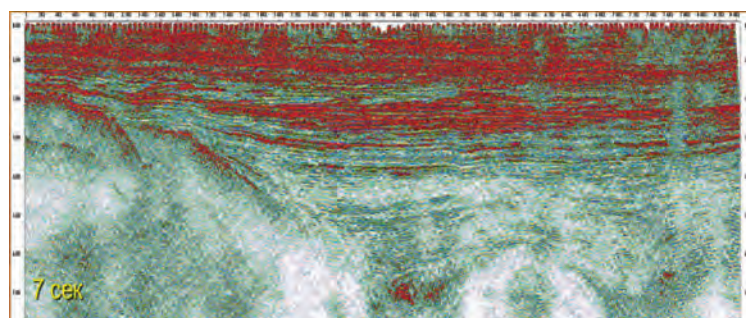
Создана технология, позволяющая работать практически на любых акваториях рек Российской Федерации. В зависимости от физико-географических условий технология включает использование различных видов пневмоисточников и систем регистрации (донной, плавучей или наземной вдоль берега). Технология позволяет без существенных затрат значительно повысить кратность наблюдений и, соответственно, отношение сигнал/шум. Извилистый характер русла многих рек приводит к тому, что при выполнении речных сейсморазведочных работ вида ОГТ-2D фактически получаются результаты сейсморазведки ОГТ-3D.



Профиль в нижнем течении р. Енисей

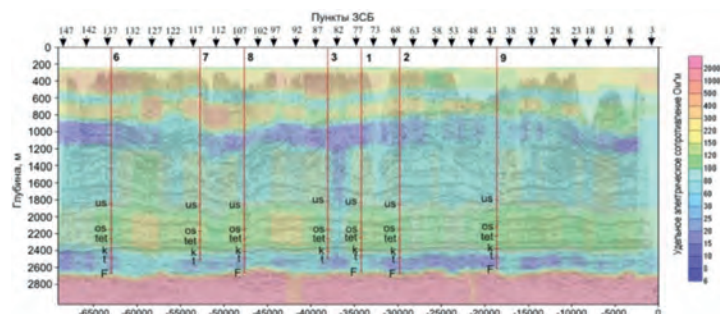


Регистрация с использованием донной сейсмической косы



Глубинный временной разрез по р. Енисей

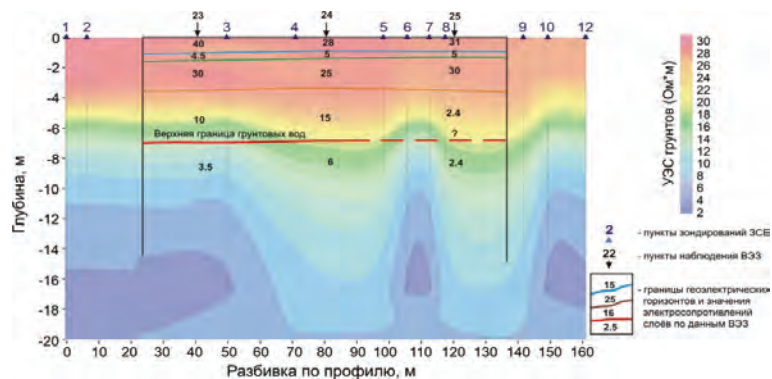
Успешно апробирован вариант комплексирования сейсмических работ с электроразведочными исследованиями методом ЗС (зондированием становления поля). Сейсмические разрезы, дополненные информацией о глубинных электрофизических параметрах изучаемой среды, позволяют существенно расширить возможности геологической интерпретации. Важно, что электроразведку можно проводить одновременно с речными сейсмическими работами. Следует отметить получаемую высокую глубинность (до 2800 м) и разрешающую способность метода ЗС в геологических условиях Сибирской платформы.



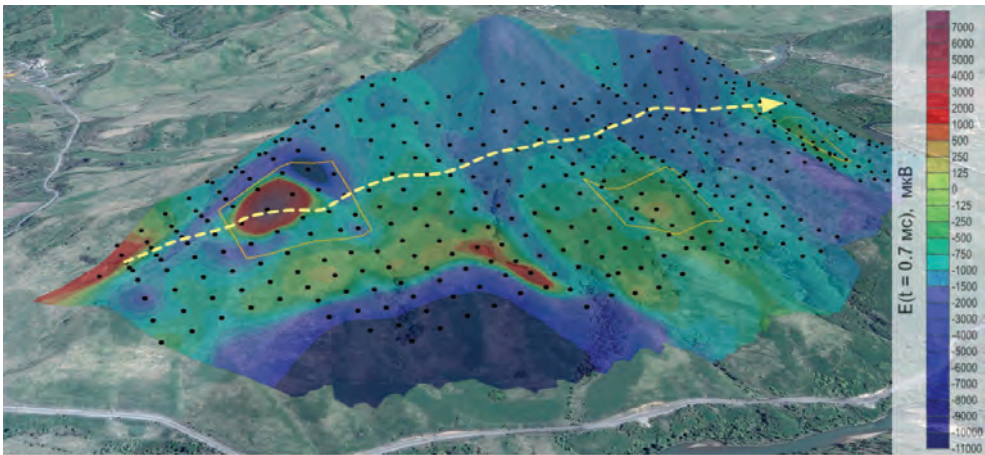
Сводный сейсмогеоэлектрический разрез по данным ОГТ-2D и ЗС

Технологии детальных площадных электроразведочных измерений

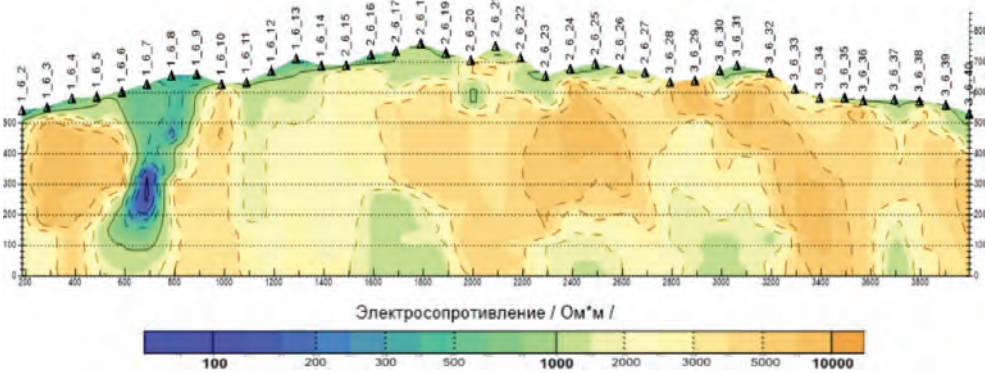
Разработан набор технологий, базирующийся на комплексе электроразведочных методов (ВЭЗ, ЗС, электротомография). Он позволяет детально изучать как строение самой верхней части разреза (до глубин 20–30 м), так и выполнять более глубокие исследования (до 500 м и более). Электроразведочные технологии обеспечивают решение широкого спектра геолого-разведочных задач, включая, определение границы коренных пород и определение местоположения в плане (для подсчетов запасов рудных и россыпных месторождений), выполнение послойного анализа уровней обводненности грунтовых массивов, выделение зон повышенных фильтрационных свойств грунтов и направлений миграции воды и др.



Комплексный геоэлектрический разрез по данным методов ЗС и ВЭЗ (определение верхней границы уровня грунтовых вод)



Распределение аномальных значений ЭДС в пределах полиметаллического месторождения (Зырянский рудный узел, Алтай)



Геоэлектрический разрез, пересекающий аномальную зону

Аппаратура для регистрации сейсмических сигналов

Более 70% сейсмических станций, входящих в федеральную сеть сейсмологических наблюдений, оснащены регистраторами отечественного производства типа «УГРА» и «Байкал», которые разработаны специалистами ФИЦ ЕГС РАН и выпускаются НПП «Микросейсм» (г. Обнинск) и Сибирским филиалом ФИЦ ЕГС РАН (г. Новосибирск). Производимые в настоящее время модели «УГРА-2» и «Байкал-8» отвечают самым высоким требованиям, предъявляемым к современным цифровым регистраторам.

Регистратор сейсмических сигналов «УГРА-2» (UGRA-2)



Регистратор имеет 24-разрядный АЦП и предназначен для оснащения как стационарных, так и временных пунктов наблюдения. Он обеспечивает запись сигналов в широком диапазоне частот с диапазоном усиления до 256, что в совокупности с высоким входным сопротивлением обеспечивает возможность использования практически любого сейсмического датчика.

Корпус регистратора выполнен из ударопрочной пластмассы, все разъемы – в герметичном исполнении, что обеспечивает пылевлагозащищенность по стандарту IP67.

Для синхронизации данных использована система GPS и автоматическая подстройка высокостабильного внутреннего генератора, что позволяет устанавливать регистратор в сеймопавильонах с плохой видимостью по горизонту и нестабильным приемом сигналов GPS.

Использование в регистраторе соответствующих интерфейсных решений обеспечивает возможность его размещения в различных заглубленных бункерах и горных выработках с передачей сигналов до нескольких километров.

Для обеспечения удаленной передачи информации и управления станцией достаточно модемного подключения по Ethernet.

Программное обеспечение станции позволяет передавать сейсмическую информацию, а также служебную и дополнительную информацию в режиме реального времени для контроля работы и конфигурирования станции. Возможность работы станции в режиме инициатора исходящего соединения обеспечивает удобство взаимодействия с любым интернет-провайдером.

Станция обеспечивает внутреннюю буферизацию данных продолжительностью не менее сорока дней при частоте оцифровки пятьдесят отсчетов в секунду. Внутренние буферы формируются на сменном носителе типа USB-flash, который располагается непосредственно под крышкой регистратора, что обеспечивает его удобную смену.

Регистратор сейсмических сигналов «Байкал-8»

Регистратор имеет высокоразрядный 6-канальный АЦП и представляет собой автономную мобильную сейсмическую станцию для записи сигналов от внешних сейсмических датчиков в широком диапазоне частот с высокой точностью и привязкой к абсолютному времени. Регистратор может использоваться как в быстроразвертываемых полевых комплексах, так и при долговременных сейсмических и геофизических наблюдениях в полевых условиях в широком диапазоне температур. Большой объем энергонезависимой памяти, высокостабильный встроенный генератор и GPS-модуль, высококачественный аналого-цифровой тракт обеспечивают высокие операционные характеристики для решения широкого класса задач.

Поддержка регистратором протокола Ethernet позволяет использовать стандартные решения при соединении нескольких регистраторов в сеть. Поддержка FTP и SeedLink дает возможность использовать стандартное программное обеспечение для удаленного извлечения данных.



Аппаратура для калибровки сейсмических датчиков

Вибростенд «Волна ВС4»

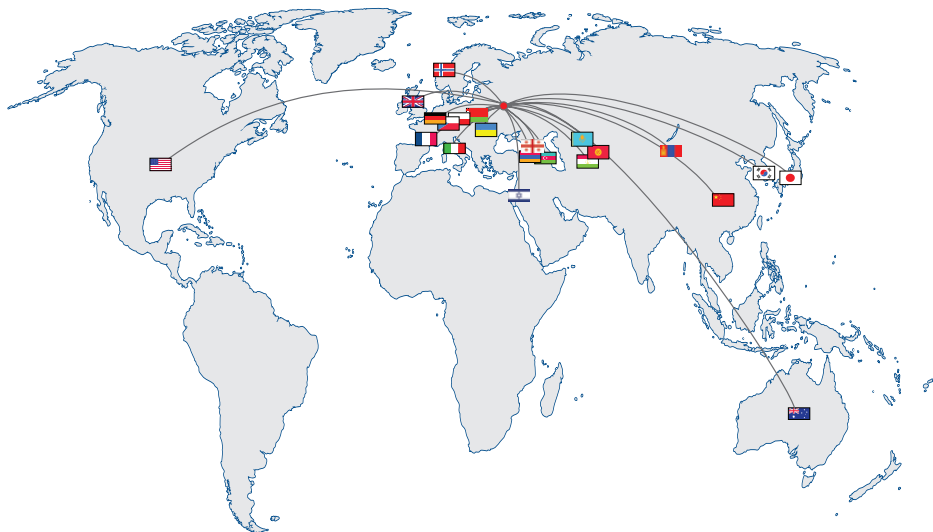
Разработанный компактный вибростенд «Волна ВС4» предназначен для синусоидального раскачивания сейсмометров, велосиметров и акселерометров с заданной амплитудой и частотой сигнала. Стенд позволяет калибровать приборы по чувствительности, исследовать их частотно-фазовые характеристики, определять неисправности типа затираний, заеданий и т.п. Возможна калибровка как вертикальных, так и горизонтальных компонент датчиков.



Рабочая полоса частот	0.01–100 Гц
Диапазон амплитуды колебаний платформы	2 мкм–2 мм
Погрешность измерения амплитуд в полосе частот 0.5–10 Гц при амплитудах 0.2 до 2 мм при амплитудах до 0.2 м	20 мкм 10 мкм
Ошибка воспроизводимости при амплитудах 0.2 до 2 мм при амплитудах до 0.2 мм	5 мкм 2 мкм
Вес калибруемых приборов	3–10.5 кг
Габаритные размеры	274×320×320 мм
Вес стенда	20 кг

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ФИЦ ЕГС РАН

призвано обеспечить участие Российской Федерации в международных сейсмологических и геофизических проектах, в глобальной системе сейсмологических наблюдений и в международном обмене геофизической информацией



Обмен данными с мировыми сейсмологическими центрами:

- International Data Centre (IDC) of CTBTO, Австрия;
- Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS), США;
- International Seismological Centre (ISC), Великобритания;
- European Mediterranean Seismological Centre (EMSC), Франция;
- Observatories and Research Facilities for European Seismology (ORFEUS), Нидерланды.

Сотрудничество с зарубежными сейсмологическими и геофизическими организациями:

	Австралия	• Institute of Mine Seismology
	Азербайджан	• Республиканский Центр сейсмологической службы НАН Азербайджана
	Армения	• Национальная служба сейсмической защиты МЧС Республики Армения • Институт геофизики и инженерной сейсмологии им. акад. А.Г. Назарова НАН Республики Армения
	Белоруссия	• Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси
	Великобритания	• British Geological Survey (BGS)
	Германия	• Deutsches GeoForschungs Zentrum (GFZ) • Alfred-Wegener-Institute Helmholtz-Centre for Polar and Marine Research
	Грузия	• Институт геофизики АН Грузии • Государственный университет Ильи Чавчавадзе • Центр сейсмического мониторинга ИГ АН Грузии

	Италия	• Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
	Казахстан	• АО «Национальный центр сейсмологических наблюдений и исследований» • РГП Институт геофизических исследований МЭ РК
	Китай	• Institute of Geophysics, China Earthquake Administration
	Кыргызстан	• Институт сейсмологии НАН Кыргызстана • Центрально-Азиатский институт прикладных исследований Земли
	Израиль	• Geological Survey of Israel
	Молдавия	• Институт геологии и сейсмологии АН Молдовы
	Монголия	• Research Center of Astronomy and Geophysics of Mongolian Academy of Sciences
	Норвегия	• Norwegian Centre for Seismology and Applied Geoscience (NORSAR) • University of Oslo • Norwegian National Data Centre (NDC)
	Польша	• Institute of Geophysics, Polish Academy of Sciences (Warsaw)
	США	• U.S. Geological Survey (USGS) • National Earthquake Information Center (NEIC) • Albuquerque Seismological Laboratory • Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University • University of Washington • Alaska Volcano Observatory (AVO) • Michigan State University • University of Missouri • Oregon State University • University of California, San Diego
	Тайвань	• Institute of Earth Sciences, Academia Sinica • The Institute of Nuclear Energy Research (INER)
	Таджикистан	• Геофизическая служба Академии наук Республики Таджикистан • Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Республики Таджикистан
	Украина	• Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины
	Узбекистан	• Институт сейсмологии им. Г. Мавлянова АН Узбекистана
	Франция	• Universite Louis Pasteur
	Швейцария	• Swiss Seismological Service (SED)
	Южная Корея	• Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM)
	Япония	• Institute of Seismology and Volcanology of Hokkaido University • National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience (NIED)

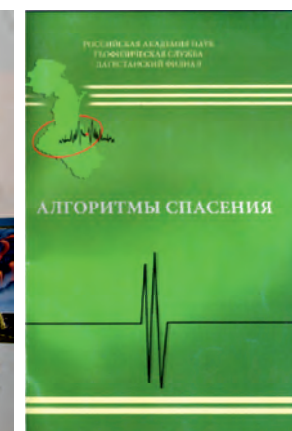
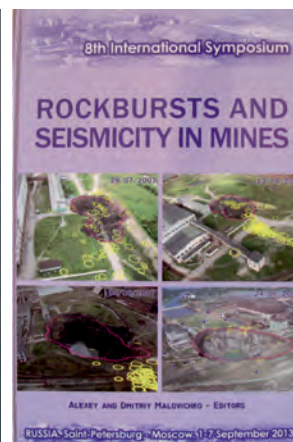
ПУБЛИКАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

ФИЦ ЕГС РАН ежегодно выпускает сборники научных трудов **«Землетрясения России»** и **«Землетрясения Северной Евразии»**, в которых публикуются исследования по сейсмичности в России и странах СНГ, а также результаты изучения наиболее сильных землетрясений и крупных сейсмических событий природно-техногенного характера. В качестве приложений к сборникам прилагаются CD-диски, на которых в электронном виде представлены полные каталоги землетрясений по всем сейсмоактивным регионам. В сборнике «Землетрясения России» приводится также каталог наиболее сильных взрывов в карьерах и рудниках России.

Публикуемые в сборниках данные являются исходной информацией для проведения обширного комплекса фундаментальных исследований в области наук о Земле, в том числе для изучения сейсмического режима, разработки методов прогнозирования землетрясений, оценки сейсмической опасности территории России, разработки и корректировки нормативных требований при сейсмостойком строительстве и многих других исследований.



Научные издания, выпущенные за последние пять лет



Проведение международных конференций и школ

ФИЦ ЕГС РАН систематически выступает организатором международных и все-российских научных конференций и школ по проблемам сейсмологии и геофизики.

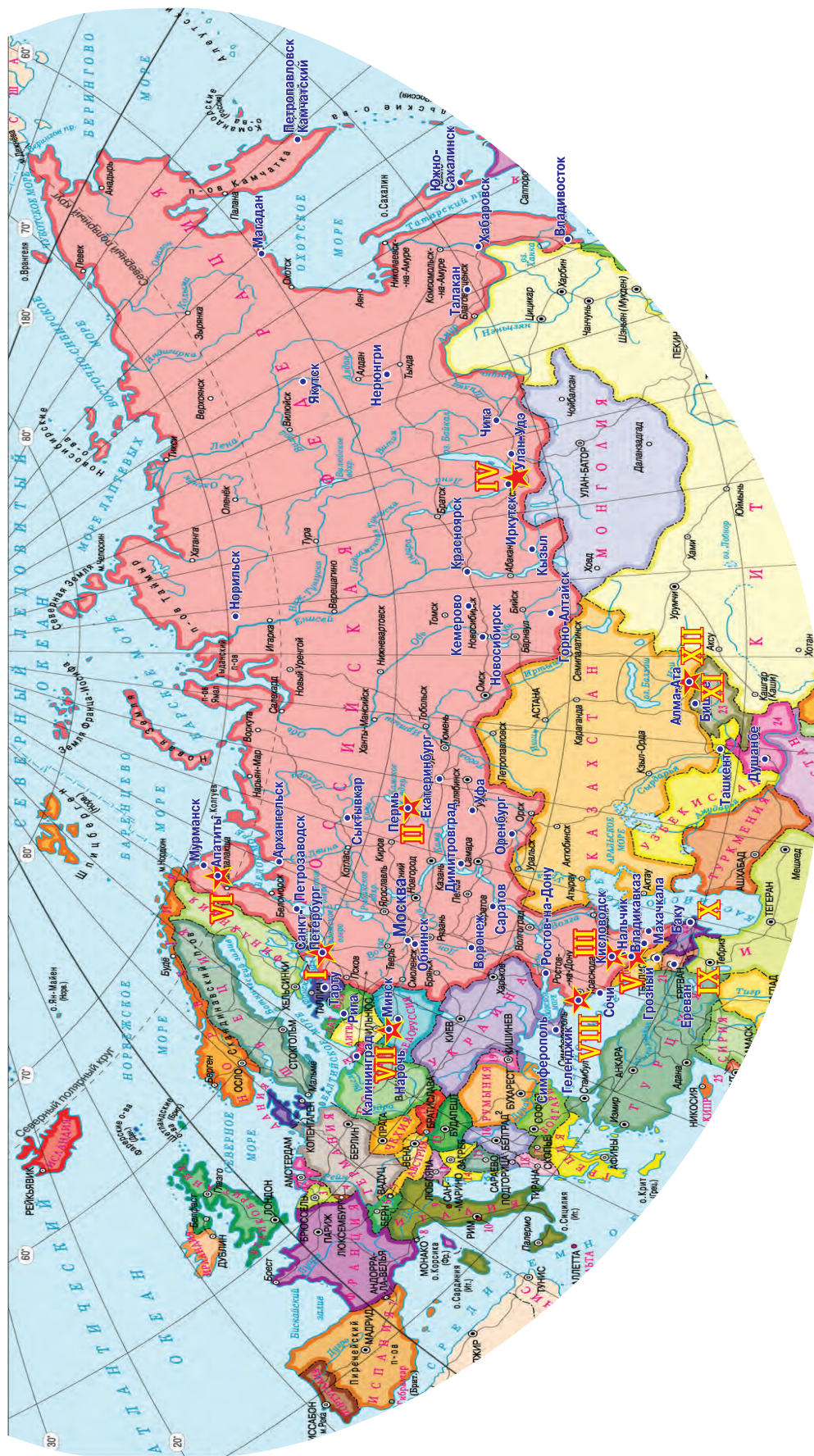
Целый ряд научных мероприятий имеет многолетнюю историю и проводится на регулярной основе, что обеспечивает преемственность и развитие существующих научных направлений, а также повышение уровня профессиональной подготовки специалистов ФИЦ ЕГС РАН.

Важнейшее место среди них занимают **Международные сейсмологические школы «Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных»**, которые ФИЦ ЕГС РАН с 2006 года ежегодно проводит в разных регионах России и в которых участвуют от 100 до 125 ученых и специалистов в области сейсмологии и геофизики России и стран СНГ. До 75% участников составляют сотрудники ФИЦ ЕГС РАН и ее региональных филиалов (в основном молодые).



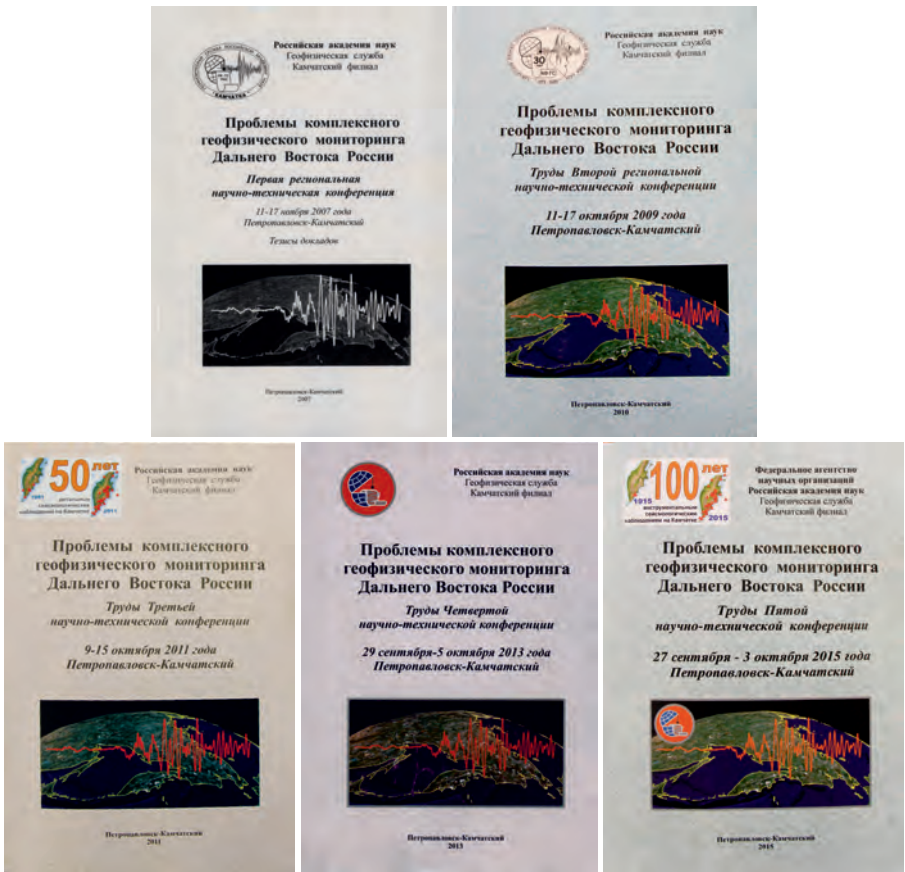
Сборники материалов Международных сейсмологических школ

В последние годы Сейсмологические школы проводятся в странах СНГ: 2012 г. – Белоруссия, 2014 г. – Армения, 2015 г. – Азербайджан, 2016 г. – Киргизия, 2017 г. – Казахстан. Это позволило вывести на новый уровень научные и научно-технические контакты с учеными из ближнего зарубежья и приступить к разработке и реализации ряда совместных научных проектов.



География проведения Международных сейсмологических школ

Многолетнюю традицию имеют **региональные научно-технические конференции «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России»**, которые проводятся Камчатским филиалом ФИЦ ЕГС РАН в г. Петропавловск-Камчатский один раз в два года. В 2015 г. была проведена Пятая подобная конференция, в которой приняло участие 120 ученых и специалистов из всех регионов России, а также из США и Японии.



Сборники материалов конференции «Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России»

Широкий интерес для российских и зарубежных специалистов-геофизиков представляют также региональные конференции, организуемые сибирскими подразделениями ФИЦ ЕГС РАН.



Сборники материалов региональных конференций в г. Новосибирске

**Федеральный исследовательский центр
Единая геофизическая служба
Российской академии наук (ФИЦ ЕГС РАН)**
URL: <http://www.gsras.ru>

Центральное отделение (ЦО ФИЦ ЕГС РАН)

249035, Калужская область, г. Обнинск, проспект Ленина, д. 189.
Тел.: +7 (495) 912-6872, +7 (484) 39-31-405
Факс: +7 (484) 39-302-34. E-mail: frc@gsras.ru

Алтае-Саянский филиал (АСФ ФИЦ ЕГС РАН)

630060, г. Новосибирск, ул. Зоологическая, д. 8
Тел.: +7 (383) 330-12-61
Факс: +7 (383) 330-12-61. E-mail: asf@gs.nsc.ru

Байкальский филиал (БФ ФИЦ ЕГС РАН)

г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128
Тел.: +7 (3952) 46-48-91
Факс: +7 (3952) 42-60-18. E-mail: bomse@crust.irk.ru

Бурятский филиал (БуФ ФИЦ ЕГС РАН)

670047, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6а
Тел.: +7 (3012) 43-49-01
Факс: +7 (3012) 33-60-24. E-mail: gs@gin.bsnet.ru

Дагестанский филиал (ДФ ФИЦ ЕГС РАН)

367008, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Белинского, д. 16
Тел.: +7 (8722) 67-02-73
Факс: +7 (8722) 67-60-04. E-mail: info@dbgsras.ru

Камчатский филиал (КФ ФИЦ ЕГС РАН)

683006, г. Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийпа, д. 9
Тел.: +7 (4152) 43-18-01
Факс: +7 (4152) 43-18-11. E-mail: kbgs@emsd.ru

Кольский филиал (КоФ ФИЦ ЕГС РАН)

184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 14
Тел.: +7 (81555) 7-96-35
Факс: +7 (81555) 7-65-90. E-mail: kolf@krsc.ru

Магаданский филиал (МФ ФИЦ ЕГС РАН)

685024, г. Магадан, ул. Скуридина, д. 6-б
Тел.: +7 (4132) 62-23-77
Факс: +7 (4132) 62-23-77. E-mail: memsd@mail.ru

Сахалинский филиал (СФ ФИЦ ЕГС РАН)

693010, г. Южно-Сахалинск, ул. Тихоокеанская, д. 2-а
Тел.: +7 (4242) 45-11-50
Факс: +7 (4242) 43-43-39. E-mail: omsp@seismo.sakhalin.ru

Северо-Осетинский филиал (СОФ ФИЦ ЕГС РАН)

362002, Республика Северная Осетия-Алания,
г. Владикавказ, ул. Маркова, д. 93-а
Тел.: +7 (8672) 76-89-04
Факс: +7 (8672) 76-89-04. E-mail: sofgsras@gmail.com

Сейсмологический филиал (СЕФ ФИЦ ЕГС РАН)

630090, г. Новосибирск, Морской проспект, д. 2, оф. 414
Тел.: +7 (383) 333-32-28
Факс: +7 (383) 332-51-83. E-mail: sel@gs.nsc.ru

Сибирский филиал (СИФ ФИЦ ЕГС РАН)

630090, г. Новосибирск, пр-т Акад. Лаврентьева, д. 13/3
Тел.: +7 (383) 330-88-48
Факс: +7 (383) 333-01-78. E-mail: sompl@laser.nsc.ru

Якутский филиал (ЯФ ФИЦ ЕГС РАН)

677980, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, проспект Ленина, д. 39
Тел.: +7 (4112) 33-51-88
Факс: +7 (4112) 33-51-88. E-mail: seisyak@ya.ru

Научно-информационное издание, подготовленное к 50-летию юбилею
открытия Центральной геофизической обсерватории «Москва» в г. Обнинск

Утверждено к печати
Ученым советом ФИЦ ЕГС РАН (протокол № 1 от 26.04.2017)

Компьютерная подготовка оригинал-макета:
А.С. Вакуловский, А.М. Радович

Подписано к печати 28.06.2017. Формат 60 84/8.
Заказ 174493. Усл. печ. л. 6.5. Тираж 500 экз.
Отпечатано ООО «Интер-ЕС»