

РАЗВИТИЕ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ. РЕЗУЛЬТАТЫ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Е.И. Гордеев¹, А.А. Маловичко², В.Н. Чебров³, Л.В. Гунбина⁴, Ю.Н. Левин⁵

¹ Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, gordeev@kscnet.ru

² Геофизическая служба РАН, Обнинск, amal@gstras.ru

³ Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, chebr@emsd.ru

⁴ Магаданский филиал Геофизической службы РАН, Магадан, glv@memsd.ru

⁵ Сахалинский филиал Геофизической службы РАН, Южно-Сахалинск, levin@seismo.sakhalin.ru

Введение

Значительная часть территории Российской Федерации с населением более 20 миллионов человек находится в сейсмоопасных зонах и может подвергаться землетрясениям силой 7 баллов и выше. Дальний Восток (ДВ) занимает особое место среди других сейсмоопасных территорий России. Здесь на Камчатке, на Алеутских и Курильских островах в области сочленения Североамериканской, Тихоокеанской и Охотской литосферных плит возникают сильнейшие землетрясения, и высвобождается основная доля упругих напряжений. Исследования сейсмичности и сейсмической опасности для обеспечения безопасной жизнедеятельности и для фундаментальной науки в целом на современном уровне здесь наиболее эффективны.

История инструментальных сейсмологических наблюдений в мире и на Дальнем Востоке относительно коротка. В начале XX века мировая сеть сейсмических станций была способна регистрировать из района ДВ лишь самые сильные землетрясения с магнитудой 7.0 и более [1, 2]. При этом точность определения координат по записям сейсмических станций мировой сети составляла несколько градусов по широте и долготе.

Первая сейсмическая станция на Дальнем Востоке была открыта Постоянной центральной сейсмической комиссией по инициативе академика Б.Б. Голицына в 1915 г. в г. Петропавловске-Камчатском. Станция с перерывами проработала до 1927 г. [4]. Сейсмическая станция «Владивосток» была открыта Сейсмологическим институтом АН СССР в октябре 1929 г.

В последующие годы Академией наук СССР был открыт целый ряд сейсмических станций [3]: в 1947 г. - в п. Ключи на Камчатке; в 1948 г. - в г. Южно-Сахалинск; в 1950 г. - в п. Углегорск (о. Сахалин); в 1951 г. - в г. Петропавловск-Камчатский; в 1952-1953 гг. - в п. Курильск (о. Итуруп) и в г. Магадан; в 1958 г. - в п. Оха (о. Сахалин) и в п. Северо-Курильск (о. Парамушир).

С 1957 г. на Курильских островах, с 1961 г. на Камчатке и далее в других регионах Дальнего Востока началось создание региональных сетей сейсмологических наблюдений. До конца 80-х гг. число сейсмических станций быстро росло [4].

Все сейсмические станции были оснащены сейсмометрическим оборудованием отечественной разработки и до 80-х годов не уступали по своим характеристикам зарубежным образцам. Особое место в СССР занимали станции 1-го класса, входящие в единую систему сейсмологических наблюдений (ЕССН). Они оснащались широким спектром аналогового сейсмометрического оборудования, включая длиннопериодные приборы и приборы для регистрации ускорений движения грунта до 1g. К ЕССН на Дальнем Востоке относились станции в городах Петропавловске-Камчатском, Южно-Сахалинске, Владивостоке, Магадане и в п. Северо-Курильск. В основные задачи ЕССН входили и входят мониторинг сейсмичности территории государства и всего мира с магнитуды более 4.5-5.0. На станции ЕССН в городах Петропавловске-Камчатском, Южно-Сахалинске, Владивостоке и п. Северо-Курильск была также возложена задача предупреждения о цунами по сейсмологическим данным.

Созданная в СССР система сейсмологических наблюдений вместе с региональными сетями сейсмических станций в наиболее сейсмоактивных регионах обеспечивала мониторинг сейсмического процесса страны и мира, позволяла дать исходные данные (пространственно-временное распределение землетрясений, повторяемость сильных землетрясений, максимально возможные магнитуды M_{max} , параметры зон ВОЗ и др.) для объективной оценки долговременной сейсмической опасности территории. Использование на станциях систем с аналоговой регистрацией сейсмических сигналов с динамическим диапазоном до (40-50) Дб сдерживало фундаментальные исследования очагов землетрясений и строения земной коры с применением современных цифровых методов обработки.

Этапы развития сейсмологических наблюдений на Дальнем Востоке России.

Цели развития системы сейсмологических наблюдений на территории России, включая и Дальний Восток, состоят в снижении сейсмического риска и в обеспечении данными фундаментальных исследований РАН в области наук о Земле. При этом основными задачами являются повышение представительности регистрируемых землетрясений путем увеличения числа сейсмических станций, переход на цифровые технологии регистрации и обработки сейсмических сигналов, автоматизация процессов сбора, обработки и хранения данных и результатов их обработки. Этапы развития сейсмологических наблюдений в России и на Дальнем Востоке с 90-х годов XX века связаны с работами в рамках Федеральных целевых программ (ФЦП), целевых программ РАН, а также с международными проектами по научно-техническому сотрудничеству с Университетами и Геологической службой США и Университетами Японии.

Программа IRIS. Отдельные успешные попытки создания в СССР в 1970-1980 гг. оборудования для цифровых сейсмических станций не нашли своего продолжения в наблюдательных сетях. Первым широким шагом в конце 80-х - начале 90-х гг. на пути перехода к цифровым технологиям в наблюдательной сейсмологии на территории страны было участие России в международной программе создания глобальной сети цифровых станций IRIS. В глобальную сеть цифровых станций (GSN) на территории России было включено 12 станций (датчик STS-1, $T_c = 360$ с). На Дальнем Востоке и Восточной Сибири оборудование IRIS было установлено в рамках межправительственного соглашения с США в первой половине 1990-х гг. на станциях ЕССН в городах Петропавловск-Камчатский, Южно-Сахалинск, Магадан, Якутск, Билибино.

ФЦП «Создание Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений». Для снижения ущерба от возможных землетрясений в Российской Федерации в 1995-2000 гг. выполнялась ФЦП «Создание Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений» (далее ФССН), утвержденная Постановлением Правительства Российской Федерации № 1237 от 3 ноября 1994 г. Крайне слабое финансирование ФССН, примерно на уровне 7% от запланированного объема, привело к невыполнению основных программных мероприятий. Число сейсмических станций на ДВ России в 90-х годах XX века неуклонно сокращалось, техническое оснащение большинства сейсмических станций не отвечало современным мировым требованиям. Вместе с тем, система сейсмологических наблюдений, созданная в Российской академии наук в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 11 мая 1993 г. № 444, продолжала функционировать. Ее состояние в 2005 г. показано на рис.1 [8].

Модернизация сейсмических станций на базе оборудования, произведенного в России. Со второй половины 90-х годов началось внедрение цифровой регистрации на сейсмических станциях России на базе оборудования отечественного производства. Это SDAS (ГС РАН), Байкал (ГС СО РАН), СЦСС (КФ ГС РАН) [6] и др. В комплект оборудования сейсмических станций, как правило, входили короткопериодные датчики сейсмических сигналов отечественной разработки 1960-1970 гг. Расширение частотного диапазона при необходимости достигалось введением обратной связи. Частотный и динамический диапазон этих датчиков позволяют решать, главным образом, лишь задачи региональной сейсмологии.

Сотрудничество с Университетами Японии. На Дальнем Востоке России кроме станций IRIS в рамках международного сотрудничества ГС РАН и институтов ДВО РАН с Университетами Японии с 1997 г. создана в 2006-2007 гг. сеть из 11 широкополосных цифровых сейсмических станций (датчик STS-2, $T_c = 120$ с), которые работают в режиме автономного накопления данных. Данные этих станций используются в отложенном режиме в задачах фундаментальной сейсмологии.

ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года». С 2006 г. в рамках ФЦП Геофизической службой РАН создается сейсмическая подсистема Службы предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России (СП СПЦ) [5, 7]. В 2010 г. в составе СПЦ должна быть создана сеть из 11 специализированных широкополосных цифровых сейсмических станций; сеть акселерометров (пункты регистрации сети станций сильных движений (ПР ССД)) из 16 пунктов; система связи для передачи данных; информационно-обрабатывающие центры данных (ИОЦ). В работе на этапе разработки технических предложений принимали активное участие специалисты ведущих институтов РАН (Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Институт физики Земли РАН, Институт океанологии РАН, Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН) [5, 7].



Рис. 1. Схема сети сейсмических станций РАН по состоянию на начало 2005 г.

Все сейсмические станции СП СПЦ оснащаются однотипными широкополосными датчиками сейсмических сигналов компании Güralp. Велосиметр - CMG-3ESPC, 0,0083-40 Гц. Акселерометр - CMG-5, 0-100 Гц.

В 2008-2009 гг. введена в опытную эксплуатацию сейсмическая подсистема СПЦ в следующем составе: специализированные сейсмические станции «Петропавловск», «Южно-Сахалинск», «Усть-Камчатск» с группами акселерометров, «Владивосток», «Северо-Курильск», «Никольское» (о. Беринга), «Тиличики» «Оха»; 3 (три) пункта регистрации сети станций сильных движений (ПР ССД); региональные информационно-обрабатывающие центры «Петропавловск», «Южно-Сахалинск».

Сеть сейсмологических наблюдений на Дальнем Востоке России для СПЦ, оснащенная адекватными средствами, методами, алгоритмами обработки и передачи данных должна выполнять следующие основные функции:

обнаружение и регистрацию землетрясений в зоне ответственности СПЦ на Дальнем Востоке России: под дном акватории Тихого океана, включая Японское, Охотское, Берингово моря и на прилегающей суше, в круглосуточном непрерывном режиме;

обработку сейсмических сигналов в автоматическом и автоматизированном режиме с целью быстрой оценки параметров сильных землетрясений ($M > 6.0$) в зоне ответственности для случаев одиночной станции, локальной группы станций, и сети станций;

принятие решения о возможности цунами по одной станции, по локальной группе станций, по сети станций;

обмен данными наблюдений с российскими и международными сейсмологическими центрами и центрами предупреждения о цунами;

сбор, накопление и систематизацию данных сейсмологических наблюдений, обобщение и анализ записей цунамигенных землетрясений в целях развития научно-методического и информационного обеспечения СПЦ;

передачу результатов обработки сейсмологических данных службам МЧС и Росгидромет на локальном, региональном и федеральном уровне;

передачу сигналов предупреждения о цунами на локальном, региональном и федеральном уровне по схемам оповещения органов власти, служб МЧС и Росгидромет.

В 2010 г. в г.Петропавловск-Камчатский будет введен в эксплуатацию межрегиональный ИОЦ системы сейсмологических наблюдений Дальнего Востока России, который обеспечит:

непрерывный сейсмический мониторинг территории Дальнего Востока России и мира;

анализ и обработку данных с оперативным оповещением центральных и местных органов исполнительной власти, заинтересованных ведомств и организаций о землетрясениях и их возможных последствиях;

мониторинг землетрясений в районах Тихого океана в режиме службы срочных донесений;

выполнение функций базовой станции и регионального центра в системе сейсмологических наблюдений для СПЦ;

создание и ведение архивов и баз данных сейсмологических, геофизических, геодинамических и других наблюдений для обеспечения исследований в области цунами опасности и по фундаментальным направлениям наук о Земле;

межрегиональный и международный обмен данными сейсмологических, геофизических, геодинамических и других наблюдений.

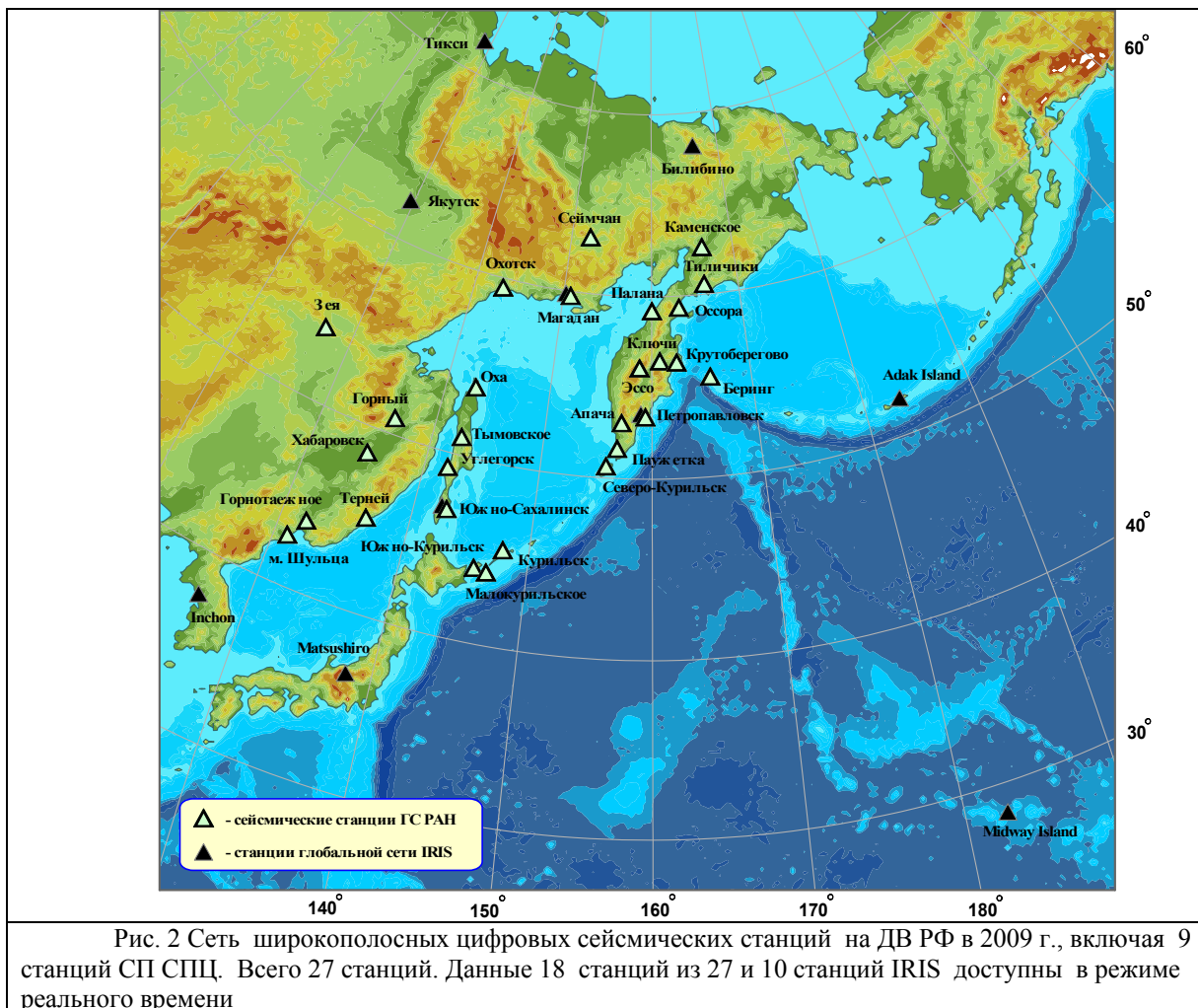
Программа ДВО РАН. На период 2009-2013 гг. институтами ДВО РАН выполняется программа «Современная геодинамика, активные геоструктуры и природные опасности Дальнего Востока России», в рамках которой планируется развернуть 7 широкополосных ($T_c = 120$ с) цифровых сейсмических станций REFTEK (руководитель - академик А.И. Ханчук, координатор взаимодействия ДВО РАН и ГС РАН - академик Е.И. Гордеев).

Таким образом, в результате выполнения работ в рамках ФЦП, целевых программ РАН, а также в рамках международных проектов по научно-техническому сотрудничеству с США и Японией в 2009 г. на Дальнем Востоке России действовала сеть из 27 широкополосных сейсмических станций (см. рис. 2). 18 станций из 27 были включены в режим сбора данных в реальном времени. Кроме станций ГС РАН на Камчатский ИОЦ в режиме реального времени собираются данные 10 станций IRIS, расположенных на Дальнем Востоке России, в Японии, Южной Корее и США.

Выводы.

Выполненное в последние годы развитие системы широкополосных цифровых сейсмологических наблюдений в Дальневосточном регионе позволило:

- создать условия для обеспечения безопасной жизнедеятельности и устойчивого развития Дальневосточного региона России.
- снизить риски чрезвычайных ситуаций, вызываемых сильными землетрясениями и цунами;
- решать фундаментальные задачи геодинамики региона на современном уровне.



Список литературы.

1. Атлас землетрясений в СССР/ Под ред. Е.Ф. Саваренского и др. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 336 с.
2. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука, 1977. 536 с.
3. Федотов С.А., Феофилактов В.Д., Гордеев Е.И. и др. Развитие сейсмометрических наблюдений на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1987. № 6. С 11-28.
4. Федотов С.А., Багдасарова А.М.. Сейсмичность Камчатки и Командорских островов в 1897-1961 гг. по данным инструментальных наблюдений // В кн. Сейсмичность и сейсмический прогноз и свойства верхней мантии и их связь с вулканизмом на Камчатке. Новосибирск, "Недра", 1974.
5. Чебров В.Н. Развитие системы сейсмологических наблюдений для целей предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России. // Вестник КРАУНЦ. Серия Науки о Земле. 2007. №1. Вып. №9. С. 27-36.
6. Чебров В.Н., Воропаев В.Ф., Дроздин Д.В., Сергеев В.А., Шевченко Ю.В. Развитие сети цифровых сейсмических станций Камчатки. // Геофизический мониторинг Камчатки, Материалы научно-технической конференции, 17-18 января 2006 г. Петропавловск-Камчатский 2006, с. 13-20
7. Чебров В.Н., Гусев А.А., В.К. Гусяков В.К., Мишаткин В.Н., Поплавский А.А. Концепция развития системы сейсмологических наблюдений для целей предупреждения о цунами на Дальнем Востоке России. // Сейсмические приборы. 2009. Т.45. № 4, с. 41-57
8. Концепция комплексной программы «Развитие и модернизация системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений» // Российская академия наук, Москва, 2005