

**ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА И
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ НА КАМЧАТКЕ.****Чебров В.Н.***Камчатский филиал Геофизической службы РАН, Петропавловск-Камчатский, chebr@emsd.iks.ru***Введение**

По уровню угрозы возникновения природных катастроф Камчатка относится к наиболее опасным регионам России. В первую очередь – это землетрясения, извержения вулканов и вызванные землетрясениями волны цунами.

По историческим данным с 1737 г. и до начала XX- века на Камчатке происходили катастрофические землетрясения, которые вызывали сотрясения силой до 9 - 10 баллов по шкале MSK-64. Крупнейшие из них – это землетрясения 1737, 1792 и 1841 гг. [11].

В 20-м веке масштаб событий известен уже по инструментальным данным. За этот срок на Камчатке произошло несколько сильнейших землетрясений. Сотрясения силой 8 баллов шкалы MSK-64 отмечались только в Петропавловске 3 раза (1904, 1904, 1959 г) [11]. В 1959 г 9-10 балльные толчки почти разрушили поселок Жупаново.

Свидетельством высокой сейсмической опасности территории служат и последние события – землетрясение на территории Корякского автономного округа (20 апреля 2006 г., магнитуда 7.8) и его последующие толчки. В поселках Тиличики, Корф, Хаилино интенсивность сотрясений достигала 8 и более баллов по шкале MSK-64. Сотрясениям 6 и более баллов подверглись поселки Пахачи, Апука, Тымлат, Оклан, Ильпырский [12].

На Камчатке 29 действующих вулканов, среди которых вулкан Ключевской (4750 м) – самый высокий действующий вулкан Евразии. Ежегодно на Камчатке происходит несколько извержений вулканов. Катастрофические эксплозивные (взрывные) извержения вулканов происходили в 20 веке на Камчатке в 1907г. (Ксудач), 1956г. (Безымянный) и 1964 г. (Шивелуч), при каждом из них выбрасывалось от 0,7 до 2,5 кубических километров пепла и вулканических бомб и полностью опустошались территории в сотни и тысячи кв. км [4].

Цунами, приводящие к затоплению и значительным разрушениям в прибрежной зоне, в подавляющем большинстве случаев вызываются достаточно сильными землетрясениями, происходящими под дном океана или моря. Мощные цунами обрушивались на побережье Камчатки в 1923 г. (2 раза, высота до 11 м, волны проникли в глубь побережья на 5 км, частично разрушив поселок Усть-Камчатск), 1959 г. (высота до 10 м), 1960 г. (до 7 м), 1969 г. (до 10-15 м). В 1952 г. гигантское цунами (волны до 25 м) обрушилось на побережье юга Камчатки и островов Шумшу и Парамушир, погибло около 5 тысяч человек, был почти разрушен поселок Северо-Курильск [15]. Наиболее опасными и разрушительными являются локальные и региональные цунами, вызванные землетрясениями в ближней зоне, до 1000 км от угрожаемых населенных пунктов.

Безопасность населения и снижение экономических потерь от природных катастроф на угрожаемой территории определяется: перспективным планированием развития территории и рациональным землепользованием с учетом реальных опасностей; техногенной надежностью среды обитания, зависящей от сейсмостойкости зданий и сооружений; готовностью инфраструктуры населенных пунктов, служб и органов власти к стихийному бедствию.

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

Предупреждение природных катастроф основывается на проведении следующих научно-исследовательских и инженерно-изыскательских работ:

- 1) мониторинг сейсмической и вулканической активности и оценки (прогноз) возможности сильных землетрясений, извержений вулканов и цунами;
- 2) сейсмическое, вулканическое и цунами районирование разной степени детальности, оценки потенциальной (природной) опасности и рисков возникновения природных катастроф на территории Камчатского края;
- 3) изучение воздействий от сильных землетрясений и извержений вулканов на территорию, здания и сооружения, инфраструктуру (дороги, мосты, инженерные сети);

- 4) выработка рекомендаций для безопасного строительства зданий, сооружений и инфраструктуры с целью снижения воздействий от сильных землетрясений и извержений вулканов;
- 5) организационные и технические мероприятия, направленные на снижение человеческих и экономических потерь (учения, просвещение, запасы на ЧС и т.д.).

Ниже рассматриваются три первых пункта, которые в основном обеспечиваются фундаментальными исследованиями РАН.

Мониторинг сейсмической и вулканической активности и оценки (прогноз) возможности сильных землетрясений и извержений вулканов.

Система комплексного мониторинга геодинамических процессов на Камчатке включает себя [7]: сети сейсмических станций; сети геофизических, геодезических, гидрогеохимических и др. наблюдений; технические и программные средства сбора, обработки и хранения данных; методические и программные средства обработки сейсмических сигналов в автоматическом и автоматизированном режимах; организационные и технические мероприятия по экспертной оценке текущего состояния сейсмической и вулканической опасности; средства и каналы связи.

Результаты детальных сейсмологических наблюдений вместе с другими геологическими и геофизическими исследованиями дают основные характеристики сейсмического режима региона, позволяют 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.

Результаты комплексных сейсмологических, геофизических, геодезических, гидрогеохимических и др. наблюдений дают возможность исследовать процессы подготовки сильных землетрясений, строить модели сейсмического процесса, выявлять и исследовать предвестники сильных землетрясений.

Основные результаты работы системы в оперативном режиме в виде срочных донесений о сильных землетрясениях Камчатки и мира, оперативного каталога землетрясений Камчатки, оценок состояния сейсмической опасности и активности действующих вулканов передаются в МЧС, Геофизическую службу РАН, Администрацию Камчатского края и другим заинтересованным организациям.

Экспертные оценки текущей сейсмической и вулканической опасности на Камчатке проводятся Камчатским филиалом Российского экспертного совета (КФ РЭС) [20], а также Общим советом Института вулканологии и сейсмологии и КФ ГС РАН по прогнозу землетрясений и извержений вулканов.

Прогноз времени, места и энергии сильных землетрясений дает возможность проведения превентивных мероприятий для уменьшения последствий сильных землетрясений.

По совокупности независимых методов долгосрочного и среднесрочного прогнозирования сильных землетрясений в ближайшие годы с вероятностью около 60% в районе полуострова Камчатка возможно возникновение землетрясения с магнитудой $M \geq 7.5$, которое может вызвать в районах восточного побережья Камчатки и на Курильских островах сотрясения с интенсивностью 7 и более баллов. В случае возникновения ожидаемого землетрясения высока вероятность сильного цунами [20].

Задача своевременной и надежной оценки текущей сейсмической опасности для Камчатки и г. Петропавловска-Камчатского крайне важна. В настоящее время пока нельзя говорить о возможности надежного и точного краткосрочного прогноза времени, места и энергии сильных землетрясений. Однако имеются успехи в долгосрочном прогнозе сильнейших землетрясений ($M > 7.5$). Значительным успехом можно считать оправдавшийся долгосрочный прогноз по методу академика С.А. Федотова [18] Симуширских землетрясений 2006 г. и 2007 г. с магнитудами $M_w=8.3$ и $M_w=8.1$ соответственно. Многократно выявлялись как до события (в оперативном режиме), так и после него (постфактум) среднесрочные и краткосрочные предвестники сильных землетрясений. Наиболее яркими примерами служат среднесрочные предвестники по данным геодезических и гидрогеохимических наблюдений (камчатские землетрясения, вызвавшие в г. Петропавловске-Камчатском сотрясения 5-6 баллов: март 1992 г., $M=7,1$; декабрь 1997 г., $M=7,8$) [7]. Вместе с тем связь выявляемых эмпирическим путем среднесрочных и краткосрочных предвестников с сильными землетрясениями в основном носит неоднозначный характер. Статистика выявленных по одной методике или по данным однородных рядов наблюдений предвестников землетрясений недостаточна. Мало изучены вопросы зависимости предвестников в наблюдаемых геофизических полях от основных характеристик сильных землетрясений (положение очага, магнитуда и др.).

Относительно лучше обстоят дела с оценкой состояния и прогнозом извержений вулканов. Хотя проблема прогноза извержений вулканов в целом до настоящего времени не решена. Для того чтобы делать обоснованные прогнозные оценки необходимо собрать детальные данные и проследить как минимум несколько извержений исследуемого вулкана, что требует не только больших материальных вложений, но и длительного времени [14].

Возможность оценки состояния активности вулканов основана на предыдущих результатах их исследований. Первые исследования взаимосвязи активности вулканов с сейсмическими событиями были проведены Г.С. Горшковым [2]. Детальный анализ сейсмичности вулканов Ключевской группы был выполнен П.И. Токаревым и В.И. Горельчик [1, 17]. Было определено, что извержению всегда предшествует сейсмическая подготовка. Энергия предшествующих извержению вулканических землетрясений во многих случаях мала. Такие землетрясения могут быть зарегистрированы только при условии работы близкорасположенной сейсмической станции. Оптимизм о возможном предсказании катастрофических извержений основывается на том, что ему будет предшествовать значительная сейсмическая подготовка. И не случайно все удачные прогнозы сильных извержений были сделаны при условии, что извержению предшествовала интенсивная сейсмическая подготовка [5].

Мониторинг вулканической активности, проводимый КФ ГС РАН, основывается на данных трех видов наблюдений [14]:

- сейсмические наблюдения;
- визуальные и видео наблюдения;
- спутниковые наблюдения.

По состоянию на 2007 г. всеми видами наблюдений надежно контролируются вулканы Шивелуч, Ключевской, Безымянный и Авача.

Детальные исследования развития сейсмической активности и термальных аномалий в периоды активизации вулканов позволили смоделировать сценарии их подготовки к извержению. Созданная система контроля вулканической активности в большинстве случаев позволила дать своевременные предупреждения об активизации вулканов, которые закончились извержениями. Так вулкан Безымянный с 2004 по 2007 гг. извергался 7 раз, и только в одном случае не удалось своевременно дать предупреждение. Только в 2007 г было передано 243 срочных сообщения об опасных пепловых выбросах вулканов Шивелуч (138 сообщений), Ключевской (39 сообщений), Безымянный (3 сообщения), Карымский (57 сообщений), представляющих опасность для авиации и выделенных по сейсмическим, спутниковым, визуальным или видео данным.

Основные проблемы и направления развития системы мониторинга и оценки (прогноз) возможности сильных землетрясений и извержений вулканов.

Сети сейсмических станций Камчатки относятся к наиболее развитым на территории Дальнего Востока России. Уже в 2006 г. они были в целом переведены на цифровую регистрацию. Число действующих сейсмических станций, которые обеспечивают контроль сейсмичности территории Камчатки, в 2007 г. составляет 45. Благодаря внедрению современных технологий сбора, обработки и хранения сейсмологической информации создана высокоэффективная система оперативного контроля за сейсмической и вулканической активностью на территории Камчатки. Эффективность системы проверена на примерах обработки роев афтершоков сильных землетрясений, роев вулканических землетрясений в период активизации вулканов Ключевской Шивелуч и Безымянный. Вместе с тем, анализ представительности регистрируемых землетрясений и точности определений их параметров показывает, что размещение сейсмических станций на территории Камчатки не оптимально. Практически отсутствуют наблюдения слабой сейсмичности ($M_l < 3.5-4.0$) на территории Корякского автономного округа и на западном побережье Камчатки. Не обеспечены сейсмическими наблюдениями ряд активных вулканов в южной части Камчатки. Камчатская региональная сеть в целом представляет собой линейную структуру. Особенно ярко эти недостатки проявились сильнейшим землетрясением на территории Корякского автономного округа 20 апреля 2006 г. ($M_w = 7.6$). Результаты оперативных оценок параметров сильного землетрясения и его афтершоков по данным только камчатской сети станций оказались некорректными. И только привлечение в обработку станций IRIS (Южно-Сахалинск, Магадан, Билибино, Тикси и АДК (Алеутские острова)) позволили решить проблему контроля текущей сейсмичности.

Для обеспечения надежной регистрации землетрясений и современных деформаций земной коры на территории КАО, сопоставимой по уровню с южной частью полуострова Камчатка, необходимо не менее 3-5 сейсмических станций с организацией GPS наблюдений. На

западном побережье Камчатки необходимо открыть сейсмические станции в поселках Соболево, Усть-Хайрюзово, Тигиль. Кроме того, целесообразно восстановить наблюдения в центральной части Камчатки (район поселка Мильково). Необходимо дополнить сеть радиотелеметрических сейсмических станций на вулканах Мутновский, Горелый и др.

Для сети стационарных цифровых сейсмических станций до настоящего времени не решены все вопросы передачи данных в оперативном режиме. Результаты регистрации большинства станций передаются в отложенном режиме с задержкой до 1 месяца.

Кроме увеличения числа сейсмических станций и оптимизации их размещения на территории Камчатского края, развития системы сбора необходимо переоснащение сейсмометрических каналов современными широкополосными датчиками. В настоящее время большая часть стационарных станций (8 из 11) оснащены датчиками СМ-3ОС ($T_c = 50$ с), которые способны с допустимыми искажениями зарегистрировать лишь только слабые землетрясения.

Для проведения сейсмологических исследований на современном уровне необходимо также создание и внедрение новых методов обработки сейсмологических данных, развитие баз данных. В первую очередь это должно быть направлено на решение следующих фундаментальных и прикладных задач сейсмологии:

- изучение очагов землетрясений в области низких и высоких частот с целью определения их основных параметров: тензоров сейсмического момента, скалярных сейсмических моментов, спектров сейсмического момента ("очаговых спектров");
- получение неискаженных записей сейсмических сигналов и решение обратных задач для реконструкции деталей очагового процесса;
- оценка размеров очагов и длительностей процессов вспарывания;
- изучение особенностей очагов в различных тектонических и глубинных зонах, а также особенностей очагов вулканических и цунамигенных землетрясений;
- изучение скоростных и поглощающих свойств коры и верхней мантии.

Необходимыми условиями для успешного решения задачи, связанной с получением надежных текущих оценок вероятности возникновения сильных землетрясений, кроме оптимизации сети сейсмических станций, развития систем сбора и методов обработки данных являются: должный уровень разномасштабного геофизического мониторинга изменений напряженного состояния геологической среды; развитие методов выделения (распознавания) предвестников сильных землетрясений и их комплексной экспертизы.

По состоянию на 2007 г. наиболее полный комплекс наблюдений ведется в районе г. Петропавловска-Камчатского. Система геофизических и гидрогеохимических наблюдений на Петропавловском геодинамическом полигоне включает в себя пункты наблюдений за современными движениями земной коры с использованием GPS-технологии [9], пункты геофизических и гидрогеохимических наблюдений.

Сеть пунктов геодинамических наблюдений КАМNET [9], созданная в КФ ГС РАН на базе стационарных сейсмических станций, по состоянию на 2007 г. включает в себя 20 постоянных GPS пунктов.

Система геофизических и гидрогеохимических наблюдений [8, 10, 13, 19, 21] на Петропавловском геодинамическом полигоне включает в себя пункты измерений электротеллурических потенциалов и вариаций электромагнитного поля Земли, пункты гидрогеохимических и гидрогеодинамических наблюдений, пункты регистрации высокочастотных сейсмических шумов, комплексную геофизическую обсерваторию (ПКН) «Карымшина». Для полноценного мониторинга процессов подготовки сильных землетрясений в системе не хватает прямых наблюдений за изменениями напряженного состояния среды. Это деформационные, наклонные, гравиметрические и др. виды наблюдений.

Геофизические и гидрогеохимические наблюдения в первую очередь направлены на поиск и исследования предвестников сильных землетрясений. Наблюдения режима подземных вод, их химического и газового состава на скважинах и источниках юго-востока полуострова Камчатка показывают, что подземная гидросфера является одним из наиболее чувствительных индикаторов процессов подготовки и реализации сильных землетрясений [8, 19]. На Камчатке получены уникальные комплексы данных, включающие в себя измерения: современных движений земной коры, электротеллурических потенциалов, уровня воды в скважинах (ГД мониторинг), вариаций электромагнитного поля Земли, высокочастотных сейсмических шумов и акустических сигналов в скважине [9, 10, 13]. Анализ вариаций в этих данных выявил ряд особенностей, которые

свидетельствуют о связи с геодинамическими процессами, в частности с процессами подготовки сильных землетрясений.

Обеспечение непрерывности GPS, геофизических, гидрогеохимических и других наблюдений в период сильного землетрясения не менее важная задача, как и регистрация главного события и его афтершоков сейсмическими станциями. Это имеет большое теоретическое и практическое значение для разработки моделей сейсмического процесса, для решения проблемы прогноза землетрясений. Имеющаяся система сбора и обработки данных геофизических и гидрогеохимических наблюдений позволяет контролировать геодинамические процессы с периодом 7 дней [21].

Необходимо развитие геофизических и гидрогеохимических наблюдений в других районах Камчатки, внедрение прямых наблюдений за деформациями, наклонами земной коры, модернизация системы сбора и обработки данных с учетом обеспечения возможности работы после сильного землетрясения в г. Петропавловске-Камчатском и создания условий контроля геодинамических процессов в оперативном режиме.

Необходимо техническое переоснащение и расширение сети GPS наблюдений, создание новых пунктов наблюдений с каналами связи, позволяющими получать данные в реальном режиме времени.

Для выявления и исследований предвестников сильных землетрясений, для создания основы прогноза активности действующих вулканов необходимо создание и внедрение баз знаний сильных землетрясений и извержений вулканов, необходима разработка и внедрение новых методов обработки и анализа данных наблюдений комплексных геофизических, гидрогеохимических и др. наблюдений.

Кроме КФ ГС РАН, наблюдения за предвестниками землетрясений на Камчатке ведут Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, ФГУГП «Камчатгеология», Камчатский государственный университет.

Изученность сейсмической опасности, обеспечение сейсмобезопасности территории Камчатского края.

Сейсмическая опасность – величина воздействий, ожидаемых в данном пункте и вероятность их появления (превышения, не превышения) в течение заданного интервала времени.

Сейсмическая опасность на Камчатке детально изучается с 60-х годов 20-го века. По результатам работ АН СССР в 1962-68 гг. было сделано и внесено в Строительные Нормы и Правила (СНиП) в 1969 г. заключение о 9-балльном уровне расчетной сейсмичности для г. Петропавловска-Камчатского. В 1970-1978 гг. и в 1995-1998 гг. этот вывод был поддержан и усилен новыми данными [6]. При этом большое значение имели данные детальных сейсмологических наблюдений, которые были начаты на Камчатке в 1961 году [7].

В настоящее время на Камчатке обеспечение сейсмобезопасности населения находится не на должном уровне. Несмотря на сравнительно небольшой объём нового строительства, нельзя гарантировать безопасность людей даже в новых зданиях, которые построены по ныне действующим нормам строительства в сейсмических районах (СНиП II-7-81*, редакция 2000г.). Эти нормы созданы ещё в 1981 году с усреднённым подходом для всего СССР и не учитывают особенности сейсмических воздействий на Камчатке (по величине максимально возможных ускорений, спектральным характеристикам, большой продолжительности воздействий и пр.).

Параметры колебаний грунта – важнейший исходный материал для оценки сейсмических воздействий, планирования аварийно-восстановительных работ, проектирования и строительства сейсмостойких зданий и сооружений на территории городов и населенных пунктов Камчатки. Вместе с тем изученность сейсмических воздействий на здания и сооружения на территории Камчатского края недостаточна.

По материалам наблюдений на Камчатке построены средние зависимости: максимальное ускорение-расстояние-магнитуда, спектр Фурье-расстояние-магнитуда и максимальное ускорение-расстояние-магнитуда. Получены ориентировочные оценки параметров длительности колебаний. Создается основа для построения региональных β -графиков [3]. Фактическое положение с регистрацией сильных движений на территории Камчатского края в настоящее время неудовлетворительное. На Камчатке на декабрь 2007 г. функционируют 14 (на территории г. Петропавловска-Камчатского - всего 6) современных приборов регистрации сильных движений, и еще 8 устаревших приборов, малонадежных и полностью выработавших ресурс. Сеть пунктов

регистрации сильных землетрясений на территории города и области необходимо срочно развивать. Регистрация будущих сильных землетрясений должна проводиться в достаточном числе пунктов, и в разнообразных инженерно-геологических условиях.

Россия - единственная страна (без учета СНГ), которая вошла в XXI век с картой общего сейсмического районирования и нормативами сейсмической опасности, выраженными в баллах макросейсмической интенсивности. Более того, кроме особых случаев вроде атомных электростанций, почти все взаимодействие российских сейсмологов и инженеров-строителей традиционно ведется на особом языке «баллов на среднем грунте» и «приращения балльности». В мировой практике принят другой подход – сейсмическая опасность площадок (участков) характеризуется на языке физических параметров колебаний грунта (амплитуд, спектров возможных сейсмических воздействий и т.д.). Карта сейсмической опасности фактически задает параметры сейсмического воздействия для проектирования и расчета сейсмостойкости зданий и сооружений. В условиях высокой исходной сейсмичности на площадках с промежуточной интенсивностью сотрясений от 9 до 10 баллов такой подход представляется более точным и объективным, исключающим возможность занижения опасности.

В связи с выходом новой карты общего сейсмического районирования ОСР-97 чрезвычайно важную роль играет проведение работ по пересмотру карт сейсмического микрорайонирования. Имеющаяся карта СМР г. Петропавловска-Камчатского создавалась в 70-х годах XX века, результаты этих работ безнадежно устарели и не отражают современного состояния изученности территории и современных требований по оценке сейсмической опасности. Во многих населенных пунктах Камчатского края работы по СМР никогда не проводились. В соответствии с картой ОСР-97, пос. Усть-Камчатск и пос. Никольское находятся в 10-ти балльной зоне [6].

Существенная часть имеющейся застройки Петропавловска-Камчатского не была рассчитана на ожидаемые здесь сейсмические нагрузки. Причина в том, что названный 9-балльный уровень расчетной сейсмичности был установлен здесь, лишь начиная с 1969 г. Поэтому здания, построенные до 1969 г (в расчете на 7 и 8 баллов, а также без антисейсмических мер) требуют дополнительного укрепления или замены. Без этого безопасность населения и функционирование инфраструктуры не может быть обеспечено. Даже для случая 8-балльного землетрясения оценки числа жертв исчисляются тысячами. Вполне возможное 9-балльное землетрясение приведет к еще более масштабной катастрофе.

Вывод о необходимости дополнительного укрепления зданий в Петропавловске-Камчатском был сделан достаточно давно, и к настоящему времени многое уже сделано. Уже в 1986 г. по инициативе академика С.А. Федотова, после соответствующего обращения руководства АН СССР, было принято распоряжение Совета Министров СССР по вопросу сейсмоукрепления зданий в Камчатской области и, в частности, в Петропавловске-Камчатском (№2354р от 21.11.1986). Однако, данные работы далеки от завершения. В последнее время на решение проблемы сейсмоукрепления жилых домов и объектов социальной инфраструктуры в Камчатском крае направлено Поручение Президента Российской Федерации от 22.09.2007 г. и последующие распоряжения Правительства РФ.

Для повышения эффективности мероприятий по сейсмоусилению зданий и сооружений, а также сейсмической безопасности Камчатки в целом необходимы опережающие НИОКР, которые могли бы решить рассмотренные выше проблемы.

Оперативный прогноз цунами, вызванных сильными подводными землетрясениями.

В катастрофическом состоянии находится система наблюдений для службы предупреждения о цунами. Технические средства (датчики), методики и алгоритмы, используемые сегодня в системе предупреждения о цунами (СПЦ), основаны на эмпирических подходах и методиках 50-60х гг. Эти подходы во многом принципиально устарели. В 2006 г. в рамках ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года», Камчатским филиалом ГС РАН разработаны предложения по развитию системы сейсмологических наблюдений, средств обработки и передачи данных в целях предупреждения о цунами [22].

Сформулированы общие требования к структуре сейсмической подсистемы СПЦ и ее компонентам. Проведена концептуальная проработка общих технических и методических решений и средств, обеспечивающих повышение эффективности оперативного прогноза цунами по сейсмологическим данным на Дальнем востоке Российской Федерации и непрерывный сейсмический мониторинг территории Дальнего Востока Российской Федерации и мира.

Рассмотрены основные требования к техническим средствам системы сейсмологических наблюдений СПЦ, разработаны рекомендации по установке датчиков сейсмических сигналов, проведен сравнительный анализ датчиков и регистраторов сейсмических сигналов по техническим параметрам и стоимости их поставки.

В 2007 г. исследованы и проанализированы существующие алгоритмы обнаружения и оценки моментов вступлений Р и S-волн, оценки азимута на эпицентр, определения гипоцентра и магнитуды по заданному набору параметров сейсмического сигнала для сильных ($M > 6.0$) землетрясений по данным одной трехкомпонентной широкополосной цифровой станции, группы станций. Исследованы алгоритмы синтеза модельных («теоретических») сейсмограмм от сильных землетрясений региона ДВ России; возможность создания алгоритма автоматической классификации сильных ($M > 6.0$) землетрясений на акватории Тихого океана по данным одной станции на 4 типа (местные, региональные, промежуточные и телесеismicкие); проведены работы по созданию и вводу в действие макета опорной сейсмической станции «Петропавловск».

Опыт, полученный на этапе испытаний макета, дает основания для выполнения заданных в ТЗ временных ограничений по оценке параметров сильных землетрясений в ближней зоне. Вместе с тем, отсутствие в мероприятии 18 ФЦП средств на проектирование и строительство пунктов для установки сейсмометрического оборудования привело к уменьшению разрешающей способности опорной станции «Петропавловск», что резко снижает достоверность получаемых в автоматическом режиме оценок параметров землетрясений и, соответственно, принимаемых решений, а также ставит под сомнение выполнение временных ограничений. Создание системы сейсмологических наблюдений для СПЦ, имеющей столь высокий уровень ответственности за обеспечение безопасности населения и входящей в единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, не должно основываться на установке оборудования в случайных и не подготовленных должным образом пунктах. А именно таков неизбежный вариант развертывания оборудования в настоящих условиях.

В 2008 -2010 гг. работы по развитию системы сейсмологических наблюдений для СПЦ в рамках ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года» будут продолжены. В 2008 г. планируется ввод в действие 1-й очереди системы сейсмологических наблюдений для СПЦ на Дальнем Востоке РФ в составе: опорных станций «Петропавловск» и «Южно-Сахалинск», вспомогательной станции «Владивосток», информационно-обрабатывающего центра в г. Петропавловске-Камчатском.

Выводы

На территории Камчатки в КФ ГС РАН создана система комплексного мониторинга катастрофических геодинамических процессов, которая успешно работает и апробирована на всех землетрясениях Камчатки с магнитудой более 6.0 (Кроноцкое 05.12.1997 г., $M_w = 7.8$; Олюторское 20.04.2006 г., $M_w = 7.6$) и извержениях вулканов Шивелуч, Ключевской, Безымянный и др., начиная с 2000 г.

В целях совершенствования и повышения эффективности системы мониторинга катастрофических геодинамических процессов, необходимы: оптимизация сетей сейсмических станций; развитие системы сбора сейсмологических данных; создание и внедрение новых методов обработки геофизических и сейсмологических данных; развитие баз данных; создание и внедрение баз знаний сильных землетрясений и извержений вулканов.

В ближайшие годы с вероятностью более 50% в районе полуострова Камчатка возможно возникновение землетрясения с магнитудой $M \geq 7.5$, которое может вызвать в районах восточного побережья Камчатки и на Курильских островах сотрясения с интенсивностью 7 и более баллов. В случае возникновения ожидаемого землетрясения высока вероятность сильного цунами.

Основные проблемы, требующие неотложного решения в связи с возможным сильным землетрясением:

- сейсмоукрепление зданий и сооружений;
- проведение первоочередных НИОКР и изыскательских работ, обеспечивающих эффективное выполнение мероприятий по сейсмоукреплению зданий и сооружений;
- создание сети станций сильных движений для изучения сейсмических воздействий;
- развитие сети сейсмологических наблюдений для решения вопросов оперативного прогноза цунами.

Список литературы

1. Горельчик, В.И., В.М. Зобин, П.И. Токарев, Сейсмичность вулканов // Вулканология и сейсмология, 1987, № 6, с. 61-77
2. Горшков Г.С., Г.Е. Богоявленская, Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения 1955-1963 гг., М.: Наука, 1965. 172 с.
3. Гусев А.А., Гусева Е.М. История и состояние исследований по инженерной сейсмологии на Камчатке. // В сб. Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. К 25-летию Камчатской опытно-методической сейсмологической партии. Отв. ред. Е. И. Гордеев, В. Н. Чебров. Петропавловск-Камчатский, 2004. С.81-95.
4. Действующие вулканы Камчатки. Под ред. Федотова С.А., Масуренкова Ю.П. М.: Наука, 1991. Т.1. 302с.
5. Иванов В.В. Прогнозы крупных извержений вулканов на Камчатке и их оправдываемость. // Вестник ДВО РАН. 2003. №5, с.97-108.
6. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-97. Масштаб 1:8 000 000. Главные редакторы акад. Страхов В.Н., проф. Уломов В.И. Москва. ОИФЗ РАН. 1999. 4 листа
7. Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. К 25-летию Камчатской опытно-методической сейсмологической партии. Отв. ред. Е. И. Гордеев, В. Н. Чебров. Петропавловск-Камчатский, 2004. 445 с.
8. Копылова Г.Н., Любушин А.А. (мл.), Малугин В.А., Смирнов А.А., Таранова Л.Н. Гидродинамические наблюдения на Петропавловском полигоне, Камчатка // Вулканология и сейсмология, 2000, № 4. С. 69-79.
9. Левин В.Е., Магуськин М.А., Бахтиаров В.Ф., Павлов В.М., Прилепин М.Т., Титков Н.Н. Современные движения земной коры на Камчатке и их связь с сейсмической и вулканической активностью // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. К 25-летию Камчатской опытно-методической сейсмологической партии ГС РАН, Петропавловск-Камчатский, 2004, С. 113-135.
10. Мороз Ю.Ф., Бахтиаров В.Ф., Воропаев В.Ф. и др. О мониторинге электротеллурического поля для прогноза сильных землетрясений на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1995. № 4-5. С. 139-149.
11. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука, 1977. 536 с.
12. Олюторское землетрясение (20 (21) апреля 2006 г., Корякское нагорье). Первые результаты исследований / Отв. ред. В.Н. Чебров. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2007. 290 с.
13. Салтыков В.А., Чебров В.Н., Сеницын В.И., Касахара М., Кугаенко Ю.А. Сеть пунктов регистрации высокочастотных сейсмических шумов // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. К 25-летию Камчатской опытно-методической сейсмологической партии ГС РАН / Отв. ред. Е.И. Гордеев, В.Н. Чебров. - Петропавловск-Камчатский, 2004. с.136-151.
14. Сеньюков С.Л., Чебров В.Н., Гарбузова В.Т., Дрознина С.Я., Нуждина И.Н., Кожевникова Т.Ю., Толокнова С.Л. Сейсмический мониторинг вулканов Камчатки// Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. - Обнинск ФОП, 2005, С.253-273
15. Соловьев С.Л., Ферчев М.Д. Сводка данных о цунами в СССР // Бюллетень Совета по сейсмол. АН СССР. М. 1961, № 9. С. 23—55.
16. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах// Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2000. 44 с. + прил. 2: 10 карт.
17. Токарев П.И. Извержения и сейсмический режим вулканов Ключевской группы. М.: Наука, 1966. 120 с.
18. Федотов С.А. Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги. М.: Наука, 2005. 302 с.
19. Хаткевич Ю.М., Рябинин Г. В.. Гидрогеохимические исследования на Камчатке. // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск – Камчатский, 2004. сс.96-112.
20. Чебров В.Н., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К. Комплексная оценка сейсмической опасности на Камчатке в 2005 г. // Геофизический мониторинг Камчатки. (Отв.ред. В.Н. Чебров, Г.Н. Копылова). Петропавловск-Камчатский: «Оттиск», 2006. С.185-193.
21. Чебров В. Н. Готовность системы мониторинга сейсмической опасности на территории Камчатки к сильному землетрясению // Вестник КРАУНЦ. Серия Науки о Земле. 2005. №2. Вып. №6. С. 14-20.
22. 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.