
Актуальные проблемы

УДК 550.34

ГОТОВНОСТЬ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КАМЧАТКИ К СИЛЬНОМУ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЮ

©2005 В. Н. Чебров

*Камчатский филиал Геофизической службы РАН,
683006, г. Петропавловск-Камчатский, бул. Пуштина, 9,
e-mail: chebr@emsd.iks.ru*

Для обеспечения безопасности населения необходимо возможно более полное изучение будущего сильного землетрясения и его воздействия на территорию. Рассмотрены работа системы мониторинга сейсмической опасности на территории Камчатки при интенсивности сотрясений в г. Петропавловске-Камчатском 7 и 8 баллов, основные проблемы готовности системы к сильному землетрясению и пути их решения.

ВВЕДЕНИЕ

Курило-Камчатская островная дуга является одним из самых сейсмоактивных районов Земли. Здесь происходит большая часть землетрясений относящихся к территории России, в том числе и катастрофических (с магнитудой более 8.0), которые могут вызвать сотрясения до 10 баллов и цунами.

С 1737 г. до конца 19-го века на Камчатке по макросейсмическим данным произошли крупнейшие землетрясения с моментной магнитудой более 8.0, которые вызвали сотрясения на территории Камчатки силой до 9-10 баллов. Это землетрясения 1737, 1792 и 1841 гг.

В 20-м веке уже по инструментальным данным на Камчатке произошло несколько сильнейших землетрясений (по меркам планеты в целом). Сотрясения силой 8 баллов по 12-балльной шкале MSK-64 отмечались только в Петропавловске 3 раза (1904, 1904, 1959 г). 9-10 балльные толчки почти разрушили поселок Жупаново в 1959 г. Мощные цунами обрушивались на восточное побережье Камчатки в 1923, 1952, 1969 гг.

Нет никаких сомнений в том, что сильные землетрясения на Камчатке будут возникать и впредь с высокой частотой. В соответствии с результатами работ по общему сейсмическому районированию (ОСР) территории России в 90-х гг. 20-го века г. Петропавловск-Камчатский нахо-

дится в зоне возможных сотрясений 9 и более баллов по шкале MSK-64 (Уломов, Шумилина, 1998). Указанная на картах ОСР сейсмическая интенсивность относится к участкам со средними по сейсмическим свойствам грунтами. Комплект карт ОСР отражает 10% - (карта А), 5% - (карта В), 1%-ную (карта С) вероятность возможного превышения (или 90%-, 95%- или 99%-ную вероятность не превышения) в течение 50 лет, указанных на картах значений сейсмической интенсивности.

По данным макросейсмического каталога Камчатского филиала Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН) на территории г. Петропавловска-Камчатского периоды повторения сотрясений с интенсивностью 7 баллов и более составляют 12-55 лет, 8 баллов и более – 50-120 лет. Последний раз город испытывал сотрясения с интенсивностью 7 баллов в 1971 г., с интенсивностью 8 баллов в 1959 г.

Наиболее велика повторяемость сотрясений от землетрясений тихоокеанской сейсмофокальной зоны (зоны Вадати – Заварицкого -Беньюффа) с очагами на глубинах 0-50 км (Гусев, Шумилина, 2004; Гусев и др, 2005). Ближайшие (50-70 км от г. Петропавловска-Камчатского) землетрясения этого участка сейсмофокальной зоны могут создавать в городе сотрясения до 8-9 и более баллов. Менее опасны землетрясения сейсмофокальной зоны с очагами на глубинах 60-150 км. Они удалены от г. Петропавловска-Камчатского на

расстояния более 80-100 км и наиболее сильные из них могут создавать в городе сотрясения до 7.5-8 баллов. Наиболее низкая повторяемость сотрясений от землетрясений в земной коре на самом полуострове Камчатка. Но очаги этих землетрясений могут возникать в непосредственной близости к г. Петропавловску-Камчатскому и, соответственно, могут вызвать на его территории сотрясения в 9 и более баллов.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ КАМЧАТКИ

Система мониторинга сейсмической опасности на территории Камчатки и Командорских островов включает в себя:

- сети сейсмических станций;
- пункты геофизических, 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 опасности;
- средства и каналы связи.

В основе работ по исследованию и оценке сейсмической опасности лежат сейсмологические наблюдения. Схема сетей сейсмических станций КФ ГС РАН показана на рисунке (рис. 1 на третьей странице обложки). Подробное описание сетей и системы сбора и обработки данных приведено в (Гордеев и др., 2004 а, 2004 б). Процессы подготовки и реализации сильных землетрясений проявляются в параметрах геофизических полей (сейсмометрические, гравиметрические, магнитометрические, геодезические и др. данные), в изменениях геохимических и гидрогеологических характеристик участков земной коры в зоне воздействия землетрясения и т.д. Система геофизических и гидрогеохимических наблюдений на Петропавловском геодинамическом полигоне включает в себя (Копылова и др., 2000; Левин и др., 2004; Мороз и др., 1995; Салтыков и др., 2004; Хаткевич, Рябинин, 2004) пункты наблюдений за современными движениями земной коры с использованием GPS-технологии, пункты измерений электротеллурических потенциалов и вариаций электромагнитного поля Земли, пункты гидрогеохимических и гидрогеодинамических наблюдений, пункты регистрации высокочастотных сейсмических шумов, комплексную геофизическую обсерваторию «Карымшина». 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.

Основные результаты работы системы в виде срочных донесений о сильных землетрясениях Камчатки и мира, оперативного каталога землетрясений Камчатки, текущих оценок состояния сейсмической опасности передаются в Геофизическую службу РАН, Российский экспертный совет (РЭС), МЧС, Администрацию Камчатской области и другим заинтересованным организациям.

Экспертная оценка сейсмической и вулканической опасности на территории Камчатской области проводится Камчатским отделением Федерального центра прогнозирования землетрясений (КамО ФЦПЗ), которое было создано в 1998 г., Геофизической Службой РАН в рамках целевой программы «Развитие Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений на 1995-2000 гг.» (Гордеев и др., 2004 в).

Основная функция КамО ФЦПЗ – оперативная оценка сейсмической опасности, прогноз землетрясений и извержений вулканов, возможных последствий их воздействий. В работе КамО ФЦПЗ принимают активное участие шесть научно-исследовательских организаций, занимающихся исследованиями сейсмичности, вулканизма и/или предвестников землетрясений и извержений вулканов: КФ ГС РАН, ИВиС и ИКИР ДВО РАН, Институт Физики Земли РАН, Камчатский государственный университет, ФГУГП «Камчатгеология».

В обычном режиме заседания КамО ФЦПЗ проводятся еженедельно. Под обычным режимом подразумевается отсутствие сильных землетрясений с магнитудой более 6.0 или сильных вулканических извержений. В противном случае заседания проводятся чаще, с учетом поступления новой оперативной информации о развитии сейсмического или вулканического процесса. По итогам заседаний составляются заключения КамО ФЦПЗ, которые передаются: в администрацию Камчатской области; в городскую администрацию; в Агентство по мониторингу и прогнозированию чрезвычайных ситуаций МЧС России; в Геофизическую службу РАН; в ФЦПЗ; в Российский экспертный совет (РЭС); в СМИ Камчатской области (сокращенный вариант).

По Положению о КамО ФЦПЗ возможность подать прогноз предоставляется всем желающим, поэтому рассматриваются также прогнозы и оценки, подаваемые другими организациями и частными лицами.

В декабре 2005 г. КамО ФЦПЗ проведена экспертная оценка сейсмической опасности на территории Камчатской области по совокупности независимых методов долгосрочного и среднесрочного прогнозирования сильных землетря-

сений. В соответствии с заключением КамО ФЦПЗ, в ближайшие 3-5 лет 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 высокая вероятность сильного цунами.

РАБОТА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА В ПЕРИОД СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Работа системы в период сильного землетрясения определяется многими факторами. Среди которых можно выделить: устойчивость (сохранение работоспособности) элементов системы к интенсивным сейсмическим воздействиям; технические характеристики системы; организация работы персонала в соответствии с предварительно подготовленной системой документов; мероприятия по созданию условий для работы персонала.

Основные задачи системы мониторинга в период сильного землетрясения:

- 1) регистрация главного события и его афтершоков сетями сейсмических станций;
- 2) оперативная оценка параметров главного события и его сильнейших афтершоков;
- 3) непрерывная регистрация геофизических, гидрогеохимических и др. параметров;
- 4) оперативная оценка развития афтершокового процесса, экспертная оценка сейсмической опасности;
- 5) информирование органов власти, МЧС и населения об угрозе сильных афтершоков;
- 6) проведение специальных эпицентральных наблюдений;
- 7) обследование эпицентральной зоны сильного землетрясения, сбор макросейсмических данных.

Основные элементы системы мониторинга, центр сбора и обработки данных с наиболее квалифицированным персоналом, находятся в г. Петропавловске-Камчатском. Рассмотрим работу системы в зависимости от интенсивности сотрясений в г. Петропавловске-Камчатском.

Сильное землетрясение с интенсивностью сотрясений в г. Петропавловске-Камчатском до 7 баллов. Система с большой вероятностью в целом по всем компонентам сохранит работоспособность.

Все подразделения КФ ГС РАН перейдут в чрезвычайный режим работы, который регламентирован действующим Положением об оперативном режиме.

Главное событие будет зарегистрировано без искажений приборами для регистрации сильных землетрясений. Стационарные станции Камчатской сети зарегистрируют главное событие без

искажений, если интенсивность сотрясений в этих пунктах не будет превышать 2-3 балла по шкале MSK-64 (скорость смещения грунта менее 0.15 см/с (Шебалин, Аптикаев, 2003; Штейнберг и др., 1993;)). Сейсмометрические каналы радиотелеметрических станций не рассчитаны на регистрацию сильных землетрясений (максимальная регистрируемая скорость смещения грунта менее 0.02 см/с). Для оперативной оценки параметров главного события при условии обеспечения каналами связи могут быть доступны, кроме станций РТСС и Петропавловск, данные всех стационарных станций Эссо, Ключи, Беринг, Крутоберегово, Апача и др.

Выполнение первых 5-ти основных задач системы мониторинга в период сильного землетрясения регламентировано действующим Положением об оперативном режиме. Для выполнения задачи 6, в соответствии с установленным порядком, после возникновения на территории РФ сильного землетрясения в ГС РАН и ИФЗ РАН должна готовиться к вылету группа с оборудованием для эпицентральных наблюдений. КФ ГС РАН в настоящее время не располагает резервом соответствующего оборудования. Задача 7 (обследование эпицентральной зоны сильного землетрясения, сбор макросейсмических данных), в силу большого объема работ, должна выполняться КФ ГС РАН совместно с институтами РАН, учреждениями Росстроя, МЧС и др.

Сильное землетрясение с интенсивностью сотрясений в г. Петропавловске-Камчатском 8 и более баллов. Компоненты системы сбора и обработки данных, расположенные в г. Петропавловске-Камчатском, с большой вероятностью потеряют работоспособность: сначала центр сбора и обработки данных в здании Института вулканологии и сейсмологии, затем сейсмическая станция Петропавловск. Предупреждение о возможности цунами в этой ситуации будет дано сейсмической станцией Ю-Сахалинск и международным центром цунами на Гавайских островах. С большой вероятностью в г. Петропавловске-Камчатском также выйдут из строя или частично потеряют свои функции компоненты инфраструктуры: средства и каналы связи, кроме специальных спутниковых каналов; централизованное снабжение электроэнергией и теплом; транспортные средства и др.

Все подразделения КФ ГС РАН перейдут в чрезвычайный режим работы. Первоочередное значение при этом будет иметь готовность персонала к выполнению своих функциональных обязанностей. Главное событие и его сильнейшие афтершоки будут зарегистрированы без искажений стационарными станциями Камчатской сети, если интенсивность сотрясений в этих пунктах не будет превышать 2-3 баллов, а также имеющимися станциями сильных движений.

Все стационарные сейсмические станции, расположенные на территории Камчатки (Эссо, Беринг, Крутоберегово, Апача, Оссора, Паужетка и др.) будут продолжать работать и предоставлять свои данные для сводной обработки. Сохранят свою работоспособность практически все радиотелеметрические сейсмические станции (РТСС). Центр сбора и обработки данных РТСС в г. Ключи также сохранит свою работоспособность и может взять на себя функции оперативной обработки землетрясений Камчатки. Совместная обработка данных радиотелеметрических и стационарных станций позволит контролировать сейсмичность всей Камчатки с 9-го энергетического класса по шкале С. А. Федотова (1972). Для полноценного выполнения этих функций резервный центр в г. Ключи должен быть обеспечен средствами и каналами связи, включая спутниковые, с региональными станциями, ГС РАН (Обнинск) и подразделениями МЧС. Кроме этого в г. Ключи должен быть доставлен дополнительный квалифицированный персонал.

В районе г. Петропавловска-Камчатского функции запасного (вспомогательного) центра сбора и обработки данных, при условии оснащения средствами связи с другими стационарными станциями КФ ГС РАН и выходом в Internet, может взять на себя комплексная геофизическая обсерватория «Карымшина». Работа КамОФЦПЗ с целью анализа развития афтершокового процесса и оценки опасности повторных сильных землетрясений может быть организована также на базе комплексной геофизической обсерватории «Карымшина». Таким образом, будут обеспечены задачи системы мониторинга 1, 2, 4, 5. Задача 3 (непрерывная регистрация геофизических, гидрогеохимических и др. параметров) будет обеспечена только в той части, где накопление данных измерений производится непосредственно в пункте наблюдений и не требуется проведения дополнительных операций или химических анализов в стационарных лабораторных условиях. Организация специальных эпицентральных наблюдений, выполнение работ по макросейсмическому обследованию эпицентральной зоны сильного землетрясения и территории г. Петропавловска-Камчатского (задачи 6, 7) потребуют больших совместных усилий ГС РАН, ИВиС ДВО РАН, ИФЗ РАН, учреждений Росстроя и др., при обязательном содействии МЧС и органов власти.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Приведенное выше описание работы системы мониторинга сейсмической опасности на территории Камчатской области в период сильного землетрясения (рассмотрены варианты интенсивности сотрясений 7 и 8 баллов в г. Петропав-

ловске-Камчатском) опирается главным образом на ее состояние в настоящее время и носит предположительный характер. Реальное развитие ситуации может сильно отличаться от умозрительных предположений. Очевидно, что успешность выполнения основных задач зависит не только от состояния технических средств, превентивных технических и организационных мероприятий, но и в первую очередь от готовности персонала к выполнению своих функциональных обязанностей в период сильного землетрясения. Ниже рассмотрены основные проблемы готовности системы к сильному землетрясению в г. Петропавловске-Камчатском и пути их решения.

1. Регистрация главного события и сильных афтершоков на территории г. Петропавловска-Камчатского и в эпицентральной зоне сильного землетрясения. Наиболее полные данные о сильном землетрясении и его очаге могут быть получены при организации наблюдательных сетей в его эпицентральной зоне. Это дает более глубокое понимание природы наблюдаемых событий и физических явлений, приводящих к их возникновению. В первую очередь необходима регистрация сейсмических сигналов от сильных землетрясений и деформаций земной коры. Уровень изученности параметров колебаний грунта (амплитуд, спектров, длительности) при сильных землетрясениях является основой сейсмостойкого строительства и обеспечения безопасности населения на Камчатке. Российские инженеры и проектировщики ведут расчет сооружений (на Камчатке и по России в целом) почти исключительно на основе данных о движениях грунта, полученных при землетрясениях в Калифорнии, в Японии и на других зарубежных территориях. При этом известно, что колебания грунта в разных регионах имеют свою специфику, которую необходимо учитывать в расчетах. Надежность расчетов сооружений, которые строятся на российской земле можно обеспечить, только проводя непрерывную регистрацию сильных колебаний грунта («сильных движений») при землетрясениях на территории России.

Сеть сильных движений на Камчатке в настоящее время состоит из 16 пунктов наблюдений (в начале 90-х годов прошлого века их было 26). Система в основном построена на приборах, которые уже не выпускаются промышленностью и не отвечают современным требованиям к регистраторам такого назначения. Темпы начатого переоснащения недостаточны – за 2004-2005 гг. установлено всего 4 цифровых акселерометра. Для поддержки наблюдений хотя бы на уровне 90-х годов необходимо не менее 30-50 новых цифровых регистраторов. На Камчатке, в первую очередь на территории г. Петропавловска-Камчатского, необходимо создание цифровой сети регистрации

сильных движений при землетрясениях. Это позволит получать данные о фактических колебаниях грунта и тем самым: оперативно давать оценки вероятного ущерба на основе прямых измерений; создать надежную основу для проектирования сейсмостойких зданий и сооружений; изучить характер затухания амплитуд с расстоянием, влияние грунтово-геологических условий площадок строительства, соотношение колебаний грунта с фактическими повреждениями зданий. Для проведения эпицентральных наблюдений должна быть создана и оснащена техническими средствами мобильная сейсмическая группа. Техническое оснащение мобильной сейсмической группы должно включать в себя: автономные цифровые регистраторы сейсмических сигналов с широким частотным и динамическим диапазоном; автономные GPS станции для измерений деформаций земной коры; средства связи. Данные специальных эпицентральных наблюдений дадут возможность детально изучить свойства очага землетрясения (источника колебаний).

2. Оперативный контроль сейсмичности, оценка сейсмической опасности. Центр сбора и обработки данных с приемным центром РТСС в г. Петропавловск-Камчатский расположен в пристройке к зданию ИВиС ДВО РАН, представляющей каркасное сооружение с навесными панелями. Реальная сейсмостойкость таких зданий не лучше 8 баллов. То есть при возможных сотрясениях до 9 баллов центр сбора и обработки данных потеряет свою работоспособность. Сейсмическая станция «Петропавловск» работает в непрерывном круглосуточном режиме и отвечает в настоящее время за службу срочных донесений о землетрясениях Камчатки и мира, на нее так же возложены обязанности по выдаче сигнала тревоги цунами для близких сильных землетрясений. Здание сейсмической станции «Петропавловск» построено в 50-х гг. прошлого столетия из мелких шлакоблоков. Срок эксплуатации таких зданий не более 50 лет. Расчетная сейсмостойкость здания 6-7 баллов. Возможные сотрясения на станции «Петропавловск» от сильного землетрясения в Авачинском заливе могут достигать 8 и более баллов, что может привести к потере ее работоспособности и невозможности выполнить свои задачи по службе предупреждения о цунами.

Для обеспечения непрерывного сейсмического мониторинга и оповещения о цунами на территории Камчатской области необходимо: (1) перенос центра сбора и обработки данных с приемным центром РТСС в здание с более высокой сейсмостойкостью (не менее 9 баллов) или создание его мобильного аналога; (2) создание резервного (дублирующего) центра контроля в удаленном безопасном районе. В качестве резервного центра контроля сейсмичности Кам-

чатки выше рассматривался приемный центр РТСС в г.Ключи. Уже сейчас он работает в оперативном режиме, но только по контролю сейсмичности Ключевской группы вулканов. Для полного выполнения задач сейсмического мониторинга всей Камчатки на период сильного землетрясения в г.Петропавловске-Камчатском необходимо его дооснащение каналами спутниковой связи с ГС РАН, МЧС и выходом в Internet, техническими и программными средствами обработки данных, создание условий для дополнительного персонала.

Для оперативной оценки сейсмической опасности в условиях чрезвычайной ситуации экспертная группа КамО ФЦПЗ, вне зависимости от пункта нахождения, должна иметь доступ к телефонной связи и выходу в Internet. Это позволит иметь в реальном времени доступ к данным обработки резервного центра в г. Ключи, ГС РАН в Обнинске и международных сейсмологических центров. Работа КамО ФЦПЗ может быть организована на базе комплексной геофизической обсерватории «Карымшина» или оперативного штаба МЧС. Наибольшая опасность возникновения сильных афтершоков по С. А. Федотову и др. (1993, 1998), которые могут вызвать сотрясения в г. Петропавловске-Камчатском с интенсивностью более 7 баллов – сначала первые трое суток, затем первые десять суток.

3. Геофизические, гидрогеохимические и другие наблюдения в период сильного землетрясения. 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 (Хаткевич, Рябинин, 2004; Копылова и др., 2000). На Камчатке получены уникальные комплексы данных, включающие в себя измерения: современных движений земной коры, электротеллурических потенциалов, уровня и состава воды в скважинах (ГГД мониторинг), вариаций электромагнитного поля Земли, высокочастотных сейсмических шумов и акустических сигналов в скважине (Левин и др., 2004; Мороз и др., 1995; Салтыков и др., 2004). Анализ этих данных выявил ряд особенностей, которые свидетельствуют о связи вариаций измеряемых величин 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 собы-

тия и его афтершоков сейсмическими станциями. Это имеет большое теоретическое и практическое значение для разработки моделей сейсмического процесса, для решения проблемы прогноза землетрясений.

Сейчас все геофизические и гидрогеохимические наблюдения практически сосредоточены в районе г. Петропавловска-Камчатского. Имеющаяся система сбора и обработки данных геофизических и гидрогеохимических наблюдений позволяет контролировать геодинамические процессы с периодом 7 дней. Необходимо развитие геофизических и гидрогеохимических наблюдений в других районах Камчатки, 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.

ВЫВОДЫ

В ближайшие 3-5 лет с вероятностью около 60% в районе полуострова Камчатка возможно возникновение землетрясения с магнитудой $M \geq 7.5$, которое может вызвать на территории города сотрясения с интенсивностью 7 и более баллов. В условиях неизбежности сильного землетрясения в г. Петропавловске-Камчатском кроме первоочередных работ по сейсмоусилению зданий, необходимо обеспечить возможно более полное изучение самого землетрясения и его воздействия на территорию для обеспечения безопасности населения в будущем.

Созданная система мониторинга сейсмической опасности территории Камчатки с 1996 г. апробирована на всех землетрясениях Камчатки с магнитудой более 6.0, среди которых и Кроноцкое 05.12.1997 г. с $M_w=7.8$. Критерием ее эффективности и надежности будет сильное землетрясение, которое вызовет сотрясения в г. Петропавловске-Камчатском с интенсивностью более 7 баллов.

Показано, что при интенсивности сотрясений в г. Петропавловске-Камчатском 7 и 8 баллов система обладает достаточной потенциальной надежностью по обеспечению контроля сейсмичности Камчатки. Вместе с тем по состоянию на 2005 г. система не содержит необходимого количества приборов для регистрации сильных движений на территории города и, кроме того, не сможет обеспечить непрерывность геофизических, гидро-геохимических и других наблюдений в период сильного землетрясения. По состоянию на 2005 г., КФ ГС РАН не сможет также развернуть в необходимом объеме специальные

наблюдения в эпицентральной зоне сильного землетрясения.

Список литературы

Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Левина В.И. и др. Система сейсмологических наблюдений // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск-Камчатский. 2004 а. Изд-во Камчатский печатный двор. С. 11-42.

Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Дроздин Д.В. и др. Сбор, обработка и хранение сейсмологической информации // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск-Камчатский. 2004 б. Изд-во Камчатский печатный двор. С. 43-61.

Гордеев Е. И., Салтыков В. А., Серафимова Ю. К. Камчатское отделение федерального центра прогнозирования землетрясений: опыт работы и результаты // 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 в. С. 202-215.

Гусев А.А., Шумилина Л.С. Повторяемость сильных землетрясений Камчатки в шкале моментных магнитуд // Физика Земли. 2004. № 3. С. 34-42.

Гусев А.А., Шумилина Л.С., Акатова К.Н. Об оценке сейсмической опасности для г. Петропавловска-Камчатского на основе набора сценарных землетрясений // Вестник отделения наук о Земле, Электронный научно-информационный журнал, 2005, №1.

Копылова Г.Н., Любушин А.А. (мл.), Малугин В.А. и др. Гидродинамические наблюдения на Петропавловском полигоне, Камчатка // Вулканология и сейсмология. 2000. № 4. С. 69-79.

Левин В.Е., Магуськин М.А., Бахтияров В.Ф. и др. 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.

Мороз Ю.Ф., Бахтияров В.Ф., Воронаев В.Ф. и др. О мониторинге электротеллурического поля для прогноза сильных землетрясений на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 1995. № 4-5. С. 139-149.

Салтыков В.А., Чебров В.Н., Синицын В.И. и др. 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.

Уломов В.И., Шумилина Л.С. Комплект новых карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации // Сейсмостойкое строительство. 1998. № 4. С. 30 -34.

Федотов С.А. Энергетическая классификация Курило-Камчатских землетрясений и проблема магнитуд. М.: Наука, 1972. 116 с.

Федотов С.А., Чернышева Г.В., Шумилина Л.С. Оценка сейсмической опасности с $M \geq 6$, сопровождающие сильнейшие ($M=8$) тихоокеанские землетрясения // Вулканология и сейсмология. 1993. № 6. С. 3-12.

Федотов С.А., Потапова О.В., Чернышева Г.В., Шумилина Л.С. Последовательность опасных афтершоков ($M \geq 6$) при сильнейших ($M > 7,7$) земле-

трясениях Курило-Камчатской дуги и сходных структур // Вулканология и сейсмология. 1998. № 6. С. 54-61.

Хаткевич Ю.М., Рябинин Г.В. Гидрогеохимические исследования на Камчатке // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск – Камчатский, 2004. С. 96-112.

Шебалин Н.В., Антикаев Ф.Ф. Развитие шкал типа MSK // Вычислительная сейсмология. Вып. 34. 2003. С. 210-253.

Штейнберг В.В., Сакс М.В., Антикаев Ф.Ф. и др. Методы оценки сейсмических воздействий // Вопросы инженерной сейсмологии. Вып. 34. 1993. С. 5-94.

SEISMIC HAZARD MONITORING SYSTEM: AVAILABILITY FOR LARGE EARTHQUAKE IN KAMCHATKA

V. N. Chebrov

*Kamchatka Branch of the Geophysical Survey Russian Academy of Sciences,
683006, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*

In given report seismic hazard monitoring system in Kamchatka is described.

Its work is shown for earthquake with ground motion intensity $I=7-8$ (MSK-64 scale). Main problems of system readiness for large earthquake and the ways of their solving are discussed.