

ДЕСЯТЬ ЛЕТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАМЧАТСКОГО ФИЛИАЛА РЭС ПО ПРОГНОЗУ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ: ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

В.Н. Чебров, В.А. Салтыков, Ю.К. Серафимова

Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский,
e-mail: chebr@emsd.ru

В соответствии с картой общего сейсмического районирования территории России ОСР-97 на Камчатке сильные землетрясения $M > 7.0$ происходят в среднем раз в 3-4 года; $M > 8.0$ – в 50–60 лет. На территории г. Петропавловска-Камчатского эти землетрясения вызывают сотрясения 7 баллов в среднем один раз в 30-40 лет, 8 баллов – 90-110 лет, 9 баллов – 500-700 лет. Безопасность населения и снижение экономических потерь от сильных землетрясений определяется знанием реальной сейсмической опасности, сейсмостойкостью зданий и сооружений, готовностью служб и органов власти к стихийному бедствию. Существенное значение для уменьшения последствий сильных землетрясений имеет прогноз времени, места и энергии сильных землетрясений. Это дает возможность проведения превентивных мероприятий.

Возможность прогноза времени, места и энергии сильных землетрясений определяется изученностью пространственно-временных закономерностей сейсмичности конкретного региона и ее отражения в параметрах геофизических полей (сейсмометрические, гравиметрические, магнитометрические, геодезические и др. данные), в геохимических и гидрогеологических характеристиках района и т.д. В зависимости от времени упреждения различают три вида прогнозов: долгосрочный; среднесрочный, краткосрочный. Долгосрочный прогноз (время упреждения более года) - по существу попытка локализации оценок общего сейсмического районирования в пространстве и времени.

Среднесрочный прогноз сильных землетрясений (время упреждения от месяца до года) основывается на закономерностях сейсмического режима конкретного региона и на отражении процессов подготовки этих землетрясений в параметрах геофизических полей. Методы среднесрочного и долгосрочного прогнозов в России и мире наиболее разработаны и могут лежать в основе принятия решения о проведении превентивных мероприятий. Краткосрочный прогноз сильных землетрясений (время упреждения от часов до нескольких недель) до настоящего момента на уровне имеющихся знаний является нерешенной проблемой.

Задача своевременной и надежной оценки текущей сейсмической опасности для г. Петропавловска-Камчатского крайне важна. В настоящее время пока невозможно говорить о надежном и точном краткосрочном прогнозе времени, места и энергии сильных землетрясений. Однако имеются многие успехи (в том числе и на Камчатке) в методах долгосрочных, среднесрочных да и краткосрочных оценок сейсмической опасности.

Экспертная оценка состояния и развития сейсмической и вулканической активности на Камчатке с февраля 2006 г. проводится Камчатским филиалом Российского экспертного совета (КФ РЭС). КФ РЭС был создан в соответствии с Положением о РЭС, утвержденным совместным решением РАН и МЧС России 15 марта 2003 г. До 2006 г. (с 1998 г.) эти функции выполняло Камчатское отделение Федерального центра прогнозирования землетрясений. Основная функция КФ РЭС – оперативная оценка сейсмической опасности, прогноз землетрясений и извержений вулканов, возможных последствий их воздействий. На этом этапе мониторинга производится комплексирование более 20 методов прогноза [Гордеев, Салтыков, Серафимова, 2004; Сеньюков, 2006]. В настоящее время в работе КФ РЭС принимают участие шесть научно-исследовательских организаций:

- Камчатский филиал Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН);
- Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (ИВиС ДВО РАН);
- Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН (ИКИР ДВО РАН);
- ФГУП "Камчатгеология";
- Институт физики Земли РАН (ИФЗ РАН, Москва);
- Физико-технический институт РАН (ФТИ РАН, Санкт-Петербург).

Кроме того, рассматриваются прогностические оценки, сделанные частными лицами. С 2006 г. в работе РЭС регулярно участвует представитель Центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций ГУ МЧС по Камчатской области.

При оценке сейсмической опасности рассматриваются следующие основные методы наблюдений за предвестниками сильных землетрясений:

сейсмологические

- вариации крутизны спада огибающей коды слабых местных землетрясений (КФ РАН, ИВиС ДВО РАН) [Абубакиров, Гусев, Гусева, 1998; Gusev, 1997];
- алгоритм М6 - комплексное использование большой совокупности различных сейсмологических параметров (ИВиС ДВО РАН) [Широков, 2001];
- обнаружение сейсмических затиший методами RTL и Z-тест (ИФЗ РАН, КФ ГС РАН) [Салтыков, Кугаенко, 2000; Соболев, Тюпкин, 1996; Wyss, Habermann, 1988];
- параметр TAU (вариации отношения скоростей сейсмических волн V_p/V_s), данные поля напряжений (ИФЗ РАН) [Славина, Мячкин, Левина, 2004].;
- - мониторинг сдвиговых напряжений по азимутальным вариациям отношения скоростей сейсмических волн (ИФЗ РАН) [Гарагаш, 1998]
- прогноз магнитуды и времени землетрясения методом «Критическое ускорение сейсмичности (КУС)» (ИФЗ РАН) [Соболев, Пономарев, 2003];
- временные изменения средних значений временных интервалов между сейсмическими событиями и их коэффициент вариации (ФТИ РАН) [Томилин, Дамаскинская, Павлов, 2005];

геофизические

- скважинные гидрогеодинамические предвестники – вариации уровня воды в скважин (КФ ГС РАН) [Копылова, 2006];
- гидрогеодеформационный (ГГД) мониторинг - гидрогеологический эффект Вартапяна-Куликова (ФГУП "Камчатгеология") [Вартапян, Куликов, 1982];
- анализ атмосферно-ионосферных процессов (сводное заключение ИКИР ДВО РАН) [Богданов и др., 2004];
- вариации параметров высокочастотного сейсмического шума, связанные с изменением приливной чувствительности среды перед сильными землетрясениями (КФ ГС РАН) [Рыкунов и др., 1998; Салтыков, Сеницын, Кугаенко, 2007];
- вариации электротеллурического поля (ИВиС ДВО РАН) [Мороз, Мороз, Назарец, 2004];
- скважинные геоакустические измерения; измерения электрической составляющей электромагнитного поля Земли в СНЧ-диапазоне частот с помощью подземной антенны; мониторинг изменений плотности воды в скважине (ИВиС ДВО РАН) [Гаврилов и др., 2006];

геохимический

- вариации химического состава воды в скважинах и источниках (КФ ГС РАН) [Хаткевич, Рябинин, 2006];

геодезический

- изменения положения GPS пунктов (КФ ГС РАН) [Левин, Магуськин, Бахтиаров, 2006];

астрономический

- расчет силового воздействия на конкретную территорию по данным движения объектов Солнечной системы (А.Я. Лездиньш, частное лицо).

Заседания КФ РЭС проводятся, как правило, еженедельно. При нештатной обстановке (усиление сейсмической и вулканической активности или прогнозы сильных землетрясений от других организаций и физических лиц) заседания проводятся так часто, как это необходимо. За 10 лет работы проведено более 500 заседаний. Заключение о сейсмической и вулканической опасности передаются в РЭС, областную и городскую администрации, Главное Управление МЧС России по Камчатской области, Геофизическую службу РАН; центр "Антистихия" МЧС РФ; управление ФСБ по Камчатской области. Передача заключений в средства массовой информации осуществляется через пресс-центр ГУ МЧС по Камчатской области.

В соответствии с экспертной оценкой КФ РЭС 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 [Чебров, Салтыков, Серафимова, 2006].

Среди основных задач КФ РЭС, связанных с экспертной оценкой состояния и развития сейсмической и вулканической активности на Камчатке, значительное место занимают задачи систематизации выявленных по различным методам предвестников землетрясений и оценка их эффективности.

В 1998 – 2008 гг. в Камчатском регионе произошло более 20 землетрясений с магнитудой $M > 6.0$, большинство из которых предварялись предвестниками. Очевидно, что выявленные предвестники и данный по ним прогноз являются для конкретного землетрясения успешными. Однако следует отметить, что проявления большинства из выявленных предвестников и их связь с параметрами землетрясений носят нестабильный (хаотический) характер.

Рассмотрены результаты применения разработанных методик, алгоритмов и программ прогнозирования сейсмической опасности. Показаны выявленные предвестники землетрясений и примеры успешного прогноза. Приводятся описание методики расчета эффективности прогнозирования землетрясений и результаты расчета по каждому методу.

Необходимыми условиями для успешного решения задачи, связанной с получением надежных текущих оценок вероятности возникновения сильных землетрясений являются:

- разработка методики комплексного анализа предвестников различной природы;
- внедрение в систему комплексного геофизического мониторинга прямых измерений изменений состояния геологической среды (деформометрические, наклономерные, гравиметрические и др. наблюдения);
- развитие методов выделения (распознавания) предвестников сильных землетрясений и их комплексной экспертизы.

Рассмотрены перспективы комплексного использования всех возможных видов предвестников.

Выводы

Камчатка является ценнейшим исследовательским полигоном с высоким уровнем современной тектонической активности, определяющим ее сейсмичность и вулканическую активность. В связи с этим в регионе существует постоянная угроза возникновения чрезвычайных ситуаций природного и природно-техногенного происхождения, что требует выработки мер по снижению риска катастроф на основе современных научных разработок, в том числе совершенствование получения комплексной оценки состояния и развития сейсмической и вулканической активности для Камчатского региона. Для решения этих задач и предназначена, созданная система мониторинга и экспертной оценки состояния и развития сейсмической и вулканической активности.

Список литературы

Абубакиров И.Р., Гусев А.А., Гусева Е.М. Отражение процесса подготовки Кроноцкого землетрясения 05.12.97 во временных вариациях скорости спада огибающих кодаволн слабых землетрясений // Кроноцкое землетрясение на Камчатке 5 декабря 1997 года: предвестники, особенности, последствия. 1998. Петропавловск-Камчатский. КГАРФ. С. 112-120.

Богданов В.В., Бузевич А.В., Винницкий и др. О влиянии солнечной активности на атмосферные и сейсмические процессы Камчатки // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск-Камчатский. 2004. «Камчатский печатный двор». С. 259-278.

Варганян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли // ДАН. 1982. Вып. 2. С. 310-314.

Гаврилов В.А., Власов Ю.А., Денисенко и др. Опыт комплексных скважинных геофизических наблюдений в целях мониторинга состояния геосреды // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2006. № 2. Вып.8. С. 43-53.

Гарагаш И.А. Анализ изменений напряженного состояния земной коры при подготовке Кроноцкого землетрясения // Кроноцкое землетрясение на Камчатке 5 декабря 1997 года: предвестники, особенности, последствия, 1998. Петропавловск-Камчатский. С. 106-111.

Гордеев Е.И., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К. Предвестники камчатских землетрясений (по материалам Камчатского отделения Федерального центра прогнозирования землетрясений, 1998-2004 гг.) // Вулканология и сейсмология, 2006. № 4. С. 3-13.

Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Левина В.И. и др. Система сейсмологических наблюдений на Камчатке // Вулканология и сейсмология, 2006. № 3. С. 6-27

Кириянов В.Ю., Чубарова О.С., Сениюков С.Л. и др. Группа по обеспечению безопасности полетов от вулканических пеплов (КВЕРТ): 8 лет деятельности // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. ИВГиГ ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский. 2001. С. 408-423.

Копылова Г.Н. Сейсмичность как фактор формирования режима подземных вод // Вестник КРАУНЦ. Серия науки о Земле, 2006. № 1. Вып. № 7. С. 50-66.

Левин В.Е., Магуськин М.А., Бахтиаров В.Ф. и др. Мультисистемный геодезический мониторинг современных движений земной коры на Камчатке и Командорских островах // Вулканология и сейсмология, 2006. № 3. С. 54-67.

Мороз Ю.Ф., Мороз Т.А., Назарец В.П. и др. Электромагнитное поле земли в изучении геодинамических процессов // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск-Камчатский. 2004. «Камчатский печатный двор». С. 152-170.

Рыкунов Л.Н., Салтыков В.А., Сеницын В.И., Чебров В.Н. Характерные параметры высокочастотного сейсмического шума перед сильными камчатскими землетрясениями 1996 г. // Доклады РАН, 1998. Т. 361. № 3. С. 402-404.

Салтыков В.А., Кравченко Н.М. Параметры сейсмичности Камчатки в 2003 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле, 2004. № 3. С. 36-45.

Салтыков В.А., Кугаенко Ю.А. Сейсмические затишья перед двумя сильными землетрясениями 1996 г. на Камчатке // Вулканология и сейсмология, 2000. № 1. С. 57-65.

Салтыков В.А., Сеницын В.И., Кугаенко Ю.А. Мониторинг сейсмических шумов и его использование для прогноза сильных землетрясений на камчатке // Девятые геофизические чтения им. В.В. Федынского. Тезисы докладов. Москва, 1-3 марта 2007 г. М.: ЦГЭ, 2007. С. 84.

Сениюков С.Л. Мониторинг активности вулканов Камчатки дистанционными средствами наблюдений в 2000-2004 гг. // Вулканология и сейсмология, 2006. № 3. С. 68-78.

Славина Л.Б., Мячкин В.В., Левина В.И. Опыт применения кинематических предвестников сейсмического поля для прогноза землетрясений на Камчатке // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск-Камчатский. 2004. «Камчатский печатный двор». С. 216-227.

Соболев Г.А., Тюпкин Ю.С. Аномалии в режиме слабой сейсмичности перед сильными землетрясениями Камчатки // Вулканология и сейсмология, 1996. № 4. С.64-74.

Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. М.: Наука, 2003. 270 с.

Томилин Н.Г., Дамаскинская Е.Е., Павлов П.И. Статистическая кинетика разрушения и прогноз сейсмических явлений // Физика твердого тела, 2005. Т. 47. Вып.5. С. 955-959.

Хаткевич Ю. М., Рябинин Г. В. Гидрогеохимические исследования на Камчатке в связи с поиском предвестников землетрясений // Вулканология и сейсмология, 2006. № 4. С. 34-42.

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.

Широков В.А. Опыт краткосрочного прогноза времени, места и силы камчатских землетрясений 1996-2000 гг. с магнитудой $M=6-7.8$ по комплексу сейсмологических данных // Геодинамика и вулканизм Курило-Камчатской островодужной системы. Петропавловск-Камчатский. 2001. С. 95-116.

Gusev A. Temporal variations of the coda decay rate on Kamchatka: are they real and precursory? // JGR, 1997. Vol.102. No. B4. P. 8381-8396.

Wyss M., Habermann R.E. Precursory seismic quiescence // Pageoph. 1988. V.126. P. 319-332.