

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ И ВУЛКАНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НА КАМЧАТКЕ

Чебров В.Н.

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

Камчатка и Командорские острова относятся к регионам мира, где сейсмичность, опасность цунами и вулканическая активность достигают наивысшей интенсивности на нашей планете. В среднем землетрясения с магнитудой 7.0 и выше происходят на Камчатке каждые три года. На Камчатке 29 действующих вулканов, среди которых вулкан Ключевской (4750 м) – самый высокий действующий вулкан Евразии. Ежегодно происходит несколько извержений, пепловые выбросы которых угрожают безопасности полетов в северной части Тихого океана, в том числе на авиатрассах между США, Россией и Японией. По уровню угрозы природных катастроф Камчатка, наряду с Курильскими островами, является одной из наиболее опасных территорий России. В ближайшие годы (3–5 лет) на Камчатке сильное (7 баллов или более) землетрясение ожидается с вероятностью более 50%.

Основной задачей Камчатского филиала Геофизической службы РАН (КФ ГС РАН) является обеспечение в режиме реального времени сейсмического мониторинга Камчатского региона, в том числе действующих вулканов, участие в сейсмическом мониторинге России и мира. Основная цель мониторинга - информирование органов государственной власти и МЧС о состоянии и оценке развития сейсмической и вулканической активности региона, предупреждение о возможности цунами, вызванных сильными землетрясениями.

На рисунке 1 приведена функциональная схема организации работ по мониторингу сейсмической и вулканической активности Камчатки.

Система мониторинга сейсмической и вулканической активности Камчатки включает в себя: (1) сети сейсмических станций; (2) технические и программные средства сбора, обработки и хранения данных, каналы связи; (3) методические и программные средства обработки сейсмических сигналов в автоматическом и автоматизированном режимах; (4) оценку сейсмической обстановки по ряду параметров на базе оперативного каталога землетрясений; (5) визуальные и видео наблюдения за действующими вулканами; (6) оценку состояния действующих вулканов по комплексу дистанционных методов, (7) экспертную оценку текущего состояния и возможного развития сейсмической и вулканической активности.

Камчатские сети сейсмических и геофизических наблюдений КФ ГС РАН обладают достаточной оснащенностью для осуществления непрерывного комплексного мониторинга геодинамических процессов, протекающих в регионе. Исследования ведутся на основе применения современных передовых технологий:

- цифровой регистрации сейсмических сигналов и параметров геофизических полей;
- дистанционный мониторинг Земли в широком частотном спектре по результатам спутниковых наблюдений;
- телекоммуникационных систем на базе спутниковых и кабельных каналов связи;
- системы космической геодезии GPS;
- компьютерной обработки информации в режиме, близком к реальному времени.

Применение новых технологий обеспечивает исследователей новыми уникальными данными, что позволяет получить новые теоретические и практические результаты, соответствующие динамике развития науки.

По состоянию на декабрь 2007 г. камчатские сети сейсмических и геофизических наблюдений включают в себя:

- региональную сеть сейсмических станций, объединяющую 11 стационарных цифровых сейсмостанций, 34 радиотелеметрических сейсмостанций (из них 22 станций на активных вулканах), сейсмостанцию «Петропавловск» - опорную станцию Геофизической службы РАН на Дальнем Востоке, входящую в мировую сеть наблюдений, центры сбора сейсмометрической информации (Петропавловский, Козыревский и Ключеской приемные центры РТСС);
- сеть приборов регистрации сильных движений (22 станций);

- сеть гидрогеохимических наблюдений (12 водопунктов);
- пункты гидродинамических наблюдений (2 скважины);
- сеть GPS наблюдений KamNet (20 постоянных пунктов);
- пункты измерения электротеллурических потенциалов (4 системы профилей);
- пункты регистрации сейсмических шумов (2 станции);
- пункты геомагнитных наблюдений (3 трехкомпонентных индукционных магнитометра);
- комплексную геофизическую обсерваторию «Карымшина» (регистрация сейсмических сигналов, электротеллурических потенциалов, вариаций электромагнитного поля Земли, метеорологических параметров и др.);
- пункт экспериментальных газодинамических наблюдений (концентрация водорода, радона) и нейтронного мониторинга в составе обсерватории «Карымшина»;
- пункты видеонаблюдений за активными вулканами Шивелуч, Ключевской, Безымянный, Авачинский (в экспериментальном режиме).

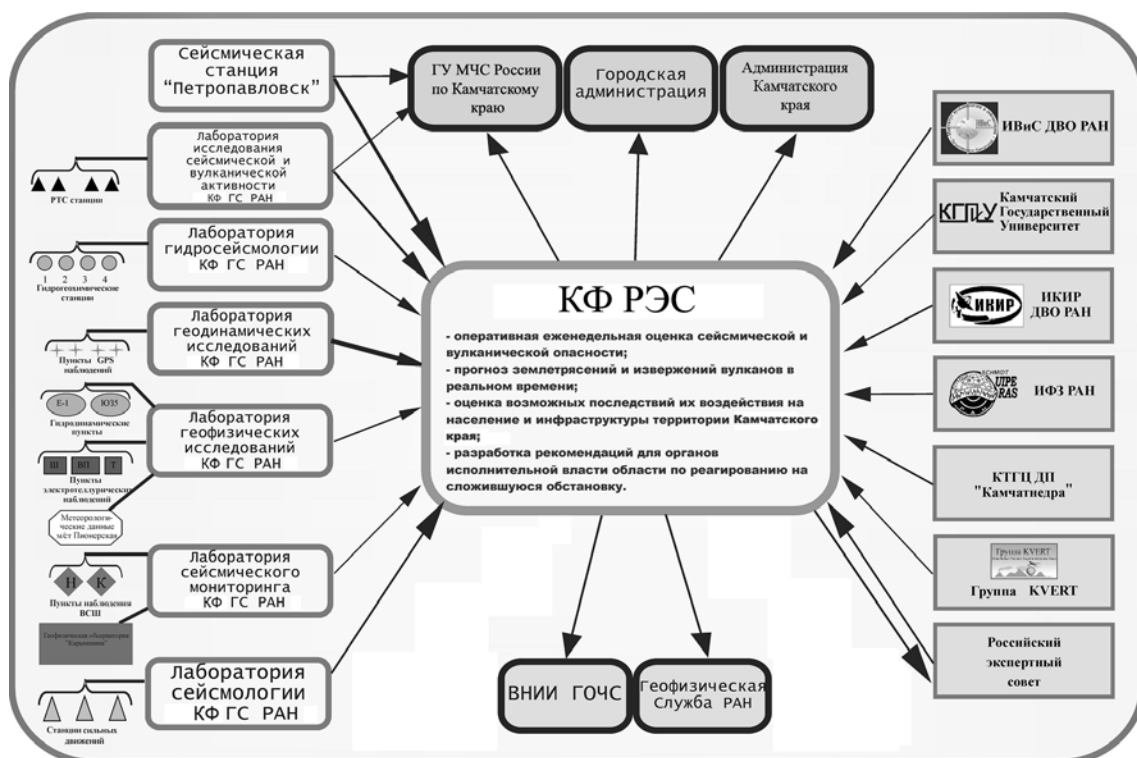


Рис. 1 Блок-схема организации работ по оценке состояния и развития сейсмической и вулканической активности Камчатки.

В основе всех работ по сбору, обработке и хранению сейсмологической и геофизической информации лежит корпоративная компьютерная сеть КФ ГС РАН [7]. По компьютерной сети организована непрерывная передача информации о землетрясениях с удаленных сейсмических станций радиотелеметрической сети. Кроме сейсмологической информации, сеть обеспечивает передачу низкоскоростных видеопотоков с систем видеонаблюдения за вулканами, расположенных в г. Ключи и п. Козыревск. Разработка и внедрение оригинальных методических и программных средств обработки сейсмических сигналов позволили создать систему контроля сейсмичности в регионе в режиме реального времени.

Система оперативного контроля сейсмичности Камчатки основывается на радиотелеметрических сейсмических станциях (РТС) [7]. Информация о сейсмических сигналах по радиоканалу поступает на приемные центры в г. Петропавловске-Камчатском, г. Ключи и п. Козыревск в реальном масштабе времени. Оценка параметров наиболее сильных землетрясений Камчатки ($M > 4.0$) производится в автоматическом и автоматизированном режимах. Система обработки сейсмологической информации в зависимости от времени выходных данных имеет три уровня: (1) служба срочных донесений (задержка 20-30 мин.); (2) оперативная обработка (задержка до 24 часов); (3) окончательная (сводная) обработка (задержка 1 год). На заключительном этапе формируется банк сейсмологической информации, который доступен всем

заинтересованным исследователям через сеть Internet.

Мониторинг сейсмической активности в районе Камчатки производится по ряду параметров, характеризующих ее состояние: сейсмическая активность A_{10} ; наклон графика повторяемости γ ; параметры, определяемые по прогностическим методикам RTL и Z-тест; вариации площади сейсмогенных разрывов ΔS ; форшоковая кластеризация [13].

Мониторинг состояния вулканов ведется дистанционными методами на основе сейсмических, визуальных, видео- наблюдений и анализа спутниковых снимков [16]. Установленные и включенные в корпоративную компьютерную сеть видеочамеры позволяют наблюдать в реальном времени за состоянием вулканов Шивелуч, Ключевской и Безымянный. Информация о текущем состоянии контролируемых вулканов, полученная на основе результатов оперативной обработки сейсмических данных, распознавания физических явлений на контролируемых вулканах с использованием базы знаний извержений, размещается в виде таблиц на странице КФ ГС РАН в Internet. В рамках работ в Камчатской группе реагирования на вулканические извержения (KVERT, <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/index.html>, [8]) информация о состоянии вулканов Камчатки передается во все крупнейшие авиакомпании мира и распространяется в России через Федеральную Авиационную Службу. В рамках научно-технического сотрудничества с Вулканологической Обсерваторией Университета штата Аляска (США), Центрами Слежения за Пепловыми Облаками в Токио (Япония) и Анкоридже (США) ведется обмен информацией о состоянии вулканов Камчатки, Северных Курил и Аляски для обеспечения безопасности полетов в северной части Тихого океана.

Экспертная оценка состояния и развития сейсмической и вулканической активности 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. Кроме КФ РЭС оценка состояния и развития сейсмической и вулканической активности проводится также Общим советом Института вулканологии и сейсмологии и КФ ГС РАН по прогнозу землетрясений и извержений вулканов.

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 [6]. 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 (в скобках указаны авторы заключений о сейсмической опасности):

сейсмологические

- вариации крутизны спада огибающей коды слабых местных землетрясений (А.А. Гусев, И.Р. Абубакиров, КФ РАН, ИВиС ДВО РАН) [1, 22];
- алгоритм М6 - комплексное использование большой совокупности различных сейсмологических параметров (В.А. Широков, ИВиС ДВО РАН) [21];
- обнаружение сейсмических затиший методами RTL и Z-тест (Г.А. Соболев, ИФЗ РАН; Н.М.Кравченко, В.А. Салтыков, КФ ГС РАН) [14, 18, 23];
- параметр TAU (вариации отношения скоростей сейсмических волн V_p/V_s), данные поля напряжений, (Л.Б. Славина, ОИФЗ РАН) [17].;
- мониторинг сдвиговых напряжений по азимутальным вариациям отношения скоростей сейсмических волн (И.А. Гарагаш, ОИФЗ РАН) [5]

- прогноз магнитуды и времени землетрясения методом «Критическое ускорение сейсмичности (КУС)» (Г.А. Соболев, ИФЗ РАН);
- временные изменения средних значений временных интервалов между сейсмическими событиями и их коэффициент вариации (Н.Г.Томилин, ФТИ РАН) [19];

геофизические

- скважинные гидрогеодинамические предвестники – вариации уровня воды в скважин (Г.Н. Копылова, КФ ГС РАН) [9];
- гидрогеодеформационный (ГГД) мониторинг - гидрогеологический эффект Вартапяна-Куликова (Н.Н. Смолина, ФГУП "Камчатгеология") [3];
- анализ атмосферно-ионосферных процессов (сводное заключение, ИКИР ДВО РАН) [2];
- вариации параметров высокочастотного сейсмического шума, связанные с изменением приливной чувствительности среды перед сильными землетрясениями (В.А. Салтыков, Ю.А.Кугаенко, КФ ГС РАН) [12, 15];
- вариации электротеллурического поля (Ю.Ф. Мороз, ИВиС ДВО РАН) [11];
- скважинные геоакустические измерения; измерения электрической составляющей электромагнитного поля Земли в СНЧ-диапазоне частот с помощью подземной антенны; мониторинг изменений плотности воды в скважине (В.А. Гаврилов, Ю.В. Морозова, ИВиС ДВО РАН) [4];

геохимический

- вариации химического состава воды в скважинах и источниках (Ю.М. Хаткевич, Г.В. Рябинин, КФ ГС РАН) [20];

геодезический

- изменения положения GPS пунктов (В.Е. Левин, КФ ГС РАН) [10];

астрономический

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

Заседания КФ РЭС проводятся еженедельно. Заключение о сейсмической и вулканической опасности передаются в РЭС, Областную и Городскую администрацию, 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.

Ежедневно информация о происшедших в регионе землетрясениях и о состоянии вулканов размещается на сервере КФ ГС РАН (<http://emsd.iks.ru>) в Интернете:

<http://data.emsd.iks.ru/regquake/> - карта эпицентров землетрясений Камчатки, Северных Курильских и Командорских островов;

<http://data.emsd.iks.ru/klyquake/index.htm> - карта эпицентров землетрясений Северной группы вулканов;

<http://data.emsd.iks.ru/avhquake/index.htm> - карта эпицентров землетрясений Авачинско-Корякской группы вулканов;

<http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm> - информация о состоянии активных вулканов Камчатки.

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

1. Абубакиров И.Р., Гусев А.А., Гусева Е.М. Отражение процесса подготовки Кроноцкого землетрясения 05.12.97 во временных вариациях скорости спада огибающих кода-волн слабых землетрясений // Кроноцкое землетрясение на Камчатке 5 декабря 1997 года: предвестники, особенности, последствия. 1998. Петропавловск-Камчатский. КГАРФ. С. 112-120.
2. Богданов В.В., Бузевич А.В., Винницкий А.В., Дружин .И., Купцов А.В., Поддельский И.Н., Смирнов С.Э., Чернева Н.В., Шевцов Б.М. 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.
3. Вартанян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли // ДАН. 1982. Вып. 2. С. 310-314.
4. Гаврилов В.А., Власов Ю.А., Денисенко В.П., Морозова Ю.В., Яковлева Ю.Ю. Опыт комплексных скважинных геофизических наблюдений в целях мониторинга состояния геосреды // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2006. №2. Вып.8. С. 43-53.
5. 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.
6. 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.
7. Гордеев Е.И., Чебров В.Н., Левина В.И., Сеньюков С.Л., Шевченко Ю.В., Ящук В.В. Система сейсмологических наблюдений на Камчатке // Вулканология и сейсмология . 2006. №3. С. 6-27
8. Кирьянов В.Ю., Чубарова О.С., Сеньюков С.Л., Евдокимова О.А., Гарбузова В.Т. 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.
9. Копылова Г.Н. Сейсмичность как фактор формирования режима подземных вод // Вестник КРАУНЦ. Серия науки о Земле. 2006. № 1. Вып. № 7. С. 50-66.
10. Левин В.Е., Магуськин М.А., Бахтиаров В.Ф., Павлов В.М., Титков В.Н. Мультисистемный геодезический мониторинг современных движений земной коры на Камчатке и Командорских островах // Вулканология и сейсмология. 2006. №3. С.54-67.
11. Мороз Ю.Ф., Мороз Т.А., Назарец В.П., Нечаев С.А., Смирнов С.Э. Электромагнитное поле земли в изучении геодинамических процессов // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. Петропавловск-Камчатский. 2004. «Камчатский печатный двор». С. 152-170.
12. 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.
13. Салтыков В.А., Кравченко Н.М. Параметры сейсмичности Камчатки в 2003 г. // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2004. №3. С. 36-45.
14. Салтыков В.А., Кугаенко Ю.А. Сейсмические затишья перед двумя сильными землетрясениями 1996 г. на Камчатке // Вулканология и сейсмология. 2000. №1. С. 57-65.
15. 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.
16. Сеньюков С.Л. Мониторинг активности вулканов Камчатки дистанционными средствами наблюдений в 2000-2004 гг. // Вулканология и сейсмология. 2006. №3. С. 68-78.
17. 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.
18. Соболев Г.А., Тюпкин Ю.С. Аномалии в режиме слабой сейсмичности перед сильными землетрясениями Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1996. №4, С.64-74
19. Томилин Н.Г., Дамастинская Е.Е., Павлов П.И. Статистическая кинетика разрушения и прогноз сейсмических явлений // Физика твердого тела. 2005. Т.47. Вып.5. С. 955-959.
20. Хаткевич Ю. М., Рябинин Г. В. Гидрогеохимические исследования на Камчатке в связи с поиском предвестников землетрясений // Вулканология и сейсмология. 2006. № 4. С. 34-42.
21. 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.
22. 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.
23. Wyss M., Habermann R.E. Precursory seismic quiescence // Pageoph. 1988. V.126. P. 319-332.