

КОМПЛЕКСНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАМЧАТКИ И КОМАНДОРСКИХ ОСТРОВОВ. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ. 30 ЛЕТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КФ ГС РАН

Гордеев Е.И.^{1,2}, Чебров В. Н.²

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский*

² *Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-Камчатский*

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.

Курило-Камчатская островная дуга является одним из самых сейсмоактивных районов Земли. С 1737 г. и до начала XX-го века на Камчатке по историческим данным происходили катастрофические землетрясения (по имеющимся макросейсмическим описаниям интенсивность сотрясений от них достигала 9-10 баллов по шкале MSK-64). Крупнейшие из них – это землетрясения 1737, 1792 и 1841 гг.

В XX веке масштаб событий известен уже по инструментальным данным, рис. 1. 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.). В 1959 г. 9-10 балльные толчки почти разрушили поселок Жупаново.

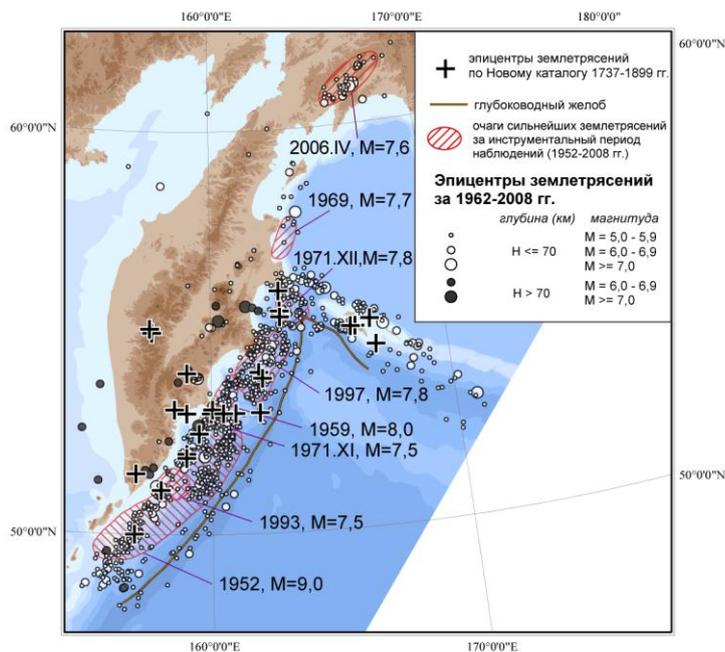


Рис. 1 Эпицентры землетрясений XVIII – XIX веков и инструментального периода 1962–2008 гг.

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 практически разрушен поселок Северо-Курильск.

Нет никаких сомнений в том, что природные катастрофы на Камчатке будут возникать и впредь. Чтобы снизить опасность и уменьшить тяжелые последствия природных катастроф, необходимы постоянный мониторинг опасных природных явлений, накопление данных о них, научные исследования их природы, поиск средств снижения опасности.

История инструментальных сейсмологических наблюдений на Камчатке началась в 1915 г. с создания по инициативе академика Б.Б. Голицина сейсмической станции "Петропавловск", которая с перерывами проработала до 1927 г. В марте 1951 г. сейсмическая станция "Петропавловск" была

Свидетельством высокой сейсмической опасности территории служит и землетрясение на территории Корякского автономного округа (20 апреля 2006 г., магнитуда 7.6) 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.

Катастрофические эксплозивные (взрывные) извержения вулканов происходили в 20 веке на Камчатке в 1907г. (Ксудач), 1956г. (Безымянный) и 1964 г. (Шивелуч), при каждом их них выбрасывалось от 0.7 до 2.5 кубических километров пепла и вулканических бомб и полностью опустошались территории в сотни и тысячи кв. км.

Мощные цунами обрушивались на побережье Камчатки в 1923 г. (2 раза,

создана заново и стала одной из основных станций единой сети сейсмологических наблюдений (ЕССН) в СССР.

В 1961 г. Тихоокеанской сейсмической экспедицией Института физики Земли АН СССР под руководством С.А. Федотова (с 1971 по 2002 гг. директор Института вулканологии ДВО РАН, академик РАН) совместно с Камчатской геолого-геофизической обсерваторией Сибирского отделения АН СССР (Токарев П.И.) создается региональная сеть сейсмических станций. В 1972 г. сеть сейсмических станций была передана в Институт вулканологии ДВНЦ АН СССР. В 1972-1978 гг. под руководством В.Д. Феофилактова проводились работы по оптимизации сети сейсмических станций, было внедрено оборудование для проведения сейсмологических наблюдений путем создания временных сетей сейсмических станций, начаты работы по созданию радиотелеметрических сейсмических станций (РТСС). После разрушительных землетрясений в Газли (Узбекистан) 8 апреля и 17 мая 1976 г. и землетрясения в Румынии (4 марта 1977 г.), которое ощущалось в Москве с интенсивностью в 3-4 балла, 23 февраля 1978 г. было принято Постановление ЦК КПСС и СМ СССР об усилении работ по прогнозу землетрясений. В 1979 г. на базе лаборатории сейсмометрии и группы сводной обработки из лаборатории сейсмологии Института вулканологии была создана Опытно-методическая сейсмологическая партия с самостоятельным балансом. С 1 июля 1979 г. Опытно-методическая сейсмологическая партия (ОМСП) Института вулканологии ДВНЦ АН СССР начала работу. Организатором и директором ОМСП с 1979 по 2004 гг. был Е.И. Гордеев, ныне директор Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, академик РАН.

ОМСП продолжила непрерывные сейсмологические наблюдения на территории Камчатки и Командорских о-вов, одновременно совершенствуя и расширяя эти наблюдения. Создание ОМСП обеспечило приток молодых квалифицированных специалистов, что позволило усилить работы по разработке, созданию и внедрению современных технических средств регистрации и обработки сейсмических сигналов. Развитие получили радиотелеметрические сети сейсмических станций, был создан аппаратно-методический комплекс для сейсмологических исследований сетями временных автономных сейсмических станций, увеличилось число пунктов регистрации сильных землетрясений в г. Петропавловск-Камчатский и на восточном берегу Камчатки. Кроме сейсмологических наблюдений в ОМСП в 1980-1985 гг. получили развитие наблюдения за предвестниками землетрясений (гидрогеохимические и геодезические).

В конце 1980-х и в 1990-х гг. вместе с широким внедрением компьютеров, активизировались работы по автоматизации сейсмологических наблюдений, обработке и хранению данных.

В значительной степени развитие и совершенствование наблюдательных сетей и систем сбора и обработки информации в трудные 1990-е годы были поддержаны созданием в мае 1994 г. Геофизической службы Российской академии наук (ГС РАН). Определяющий вклад в создание ГС РАН и сохранение системы сейсмологических наблюдений на территории России внес ее первый директор О.Е. Старовойт. В феврале 1997 г. в Геофизическую службу РАН были переведены Опытно-методические партии и экспедиции. С 1997 г. Опытно-методическая сейсмологическая партия Института вулканологии ДВО РАН стала называться Камчатской опытной-методической сейсмологической партией Геофизической службы РАН. В декабре 1997 г. в КОМСП ГС РАН был передан Камчатский центр мониторинга сейсмической и вулканической активности, который принадлежал до этого Камчатской областной администрации, а с 1 июня 1998 г. к КОМСП была присоединена сейсмостанция "Петропавловск". С этого времени все обязанности по службе срочных донесений о сильных землетрясениях и предупреждению об опасности цунами на территории Камчатки стали выполняться в КОМСП. Основными приоритетными задачами последующих лет (до 2005 г.) стали работы по развитию геофизических, гидрогеохимических, гидрогеодинамических и геодезических наблюдений; по модернизации сети стационарных сейсмических станций; по оптимизации хранения первичных данных наблюдений и результатов их обработки в виде баз данных и организации доступа к ним. В рамках международного сотрудничества с университетами Японии и США была создана сеть непрерывных GPS наблюдений. В 1999 г. открыта российско-японская геофизическая обсерватория "Карымшина". В 2002-2005 гг. разработано оборудование цифровой регистрации для модернизации сети стационарных сейсмических станций Камчатки и начаты работы по его установке, создана на базе РТСС система мониторинга и прогноза активности вулканов Авачинский и Ключевской; проведены работы по развитию компьютерных сетей с целью организации сбора и обработки данных в режиме реального времени.

В 2004 г. после избрания Е.И. Гордеева на должность директора ИВиС ДВО РАН директором КОМСП ГС РАН был назначен В.Н. Чебров.

С 1 апреля 2005 г. КОМСП была переименована в Камчатский филиал Геофизической службы РАН (далее КФ ГС РАН).

В 2005-2009 гг. сеть стационарных сейсмических станций Камчатки полностью переведена на цифровую регистрацию с передачей данных в центр сбора и обработки в реальном масштабе времени; открыты новые стационарные сейсмические станции в северной части Камчатки (Тиличики, Палана); сеть станций сильных движений оснащена цифровыми акселерографами; в 2008 г. в КФ ГС РАН из Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН передана для осуществления режимных наблюдений с целью поиска предвестников сильных землетрясений сеть пунктов измерений концентрации радона, водорода и акустического мониторинга. Для проведения этих работ в КФ ГС РАН создана лаборатория акустического и радонового мониторинга. За последние пять лет получила существенное развитие сеть РТСС, установлено 11 новых станций, система мониторинга и прогноза вулканической активности расширена на вулканы Шивелуч, Безымянный, Корякский, Мутновский, Горелый.

С 2006 г. в деятельности КФ ГС РАН заметное место занимают работы в рамках ФЦП "Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года" по проекту "Развитие сети сейсмологических наблюдений и средств обработки и передачи данных в целях предупреждения о цунами". Эти работы имеют большое научное и социальное значение. В результате их выполнения на Дальнем Востоке России в 2010 г. будет создана сейсмическая подсистема для службы предупреждения о цунами, соответствующая лучшим образцам по времени формирования сигналов предупреждения об этом грозном явлении. По существу, в 2010 г. будет создана цифровая широкополосная сеть сейсмологических наблюдений для фундаментальных исследований физики сейсмического процесса, изучения очагов слабых и сильных землетрясений на мировом уровне.

Отдельное место в работах КФ ГС РАН занимают работы по организации и проведению экспертной оценки сейсмической и вулканической опасности на территории Камчатского края. В мае 1998 г. было создано Камчатское отделение Федерального центра прогнозирования землетрясений (КамО ФЦПЗ), в которое вошли ведущие специалисты по прогнозу землетрясений и извержений вулканов из академических и других организаций Камчатской области, занимающихся этими проблемами. В 2006 г. в соответствии с совместным решением РАН и МЧС на базе КамО ФЦПЗ создан Камчатский филиал Российского экспертного совета по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска (КФ РЭС).

На основе, заложенной в 1960-х и 1970-х годах работами ИФЗ АН СССР и ИВ ДВНЦ АН СССР, и в результате плодотворной 30-ти летней деятельности КФ ГС РАН на территории Камчатки и Командорских островов обеспечен разномасштабный мониторинг сейсмической активности. Проводится регистрация сейсмических сигналов и геофизических полей, ведутся поиск и исследование предвестников землетрясений и вулканических извержений. Организованы работы по обслуживанию и расширению сетей наблюдений, архивизации и хранению информации, разрабатывается необходимое программное обеспечение, выявляются корреляционные связи между геофизическими полями и сейсмическим режимом, исследуются параметры и структура геофизических полей с целью оценки сейсмической и вулканической опасности. Системы сбора, обработки, хранения и представления сейсмологической информации объединены корпоративной вычислительной сетью КФ ГС в единую структуру. Это позволяет эффективно проводить работы по исследованию сейсмичности Камчатки и Командорских островов, вести поиск и изучение предвестников сильных землетрясений и извержений вулканов, обеспечивать данными наблюдений фундаментальные исследования других учреждений РАН.

Созданная в КФ ГС РАН система комплексных геофизических наблюдений, сбора, обработки и хранения сейсмологической информации является лучшей территориальной системой в России. В 2009 г. на информационно-обрабатывающем центре КФ ГС РАН собираются и доступны в масштабе реального времени данные 73 сейсмических станций (11 стационарных, 38 радиотелеметрических, 14 станций сейсмической подсистемы СПЦ, 10 станций IRIS). В районе г. Петропавловска-Камчатского создан геодинамический полигон, где проводятся поиск и исследования предвестников сильных землетрясений по данным комплексных наблюдений, рис. 2.

Результаты долговременных детальных сейсмологических исследований 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

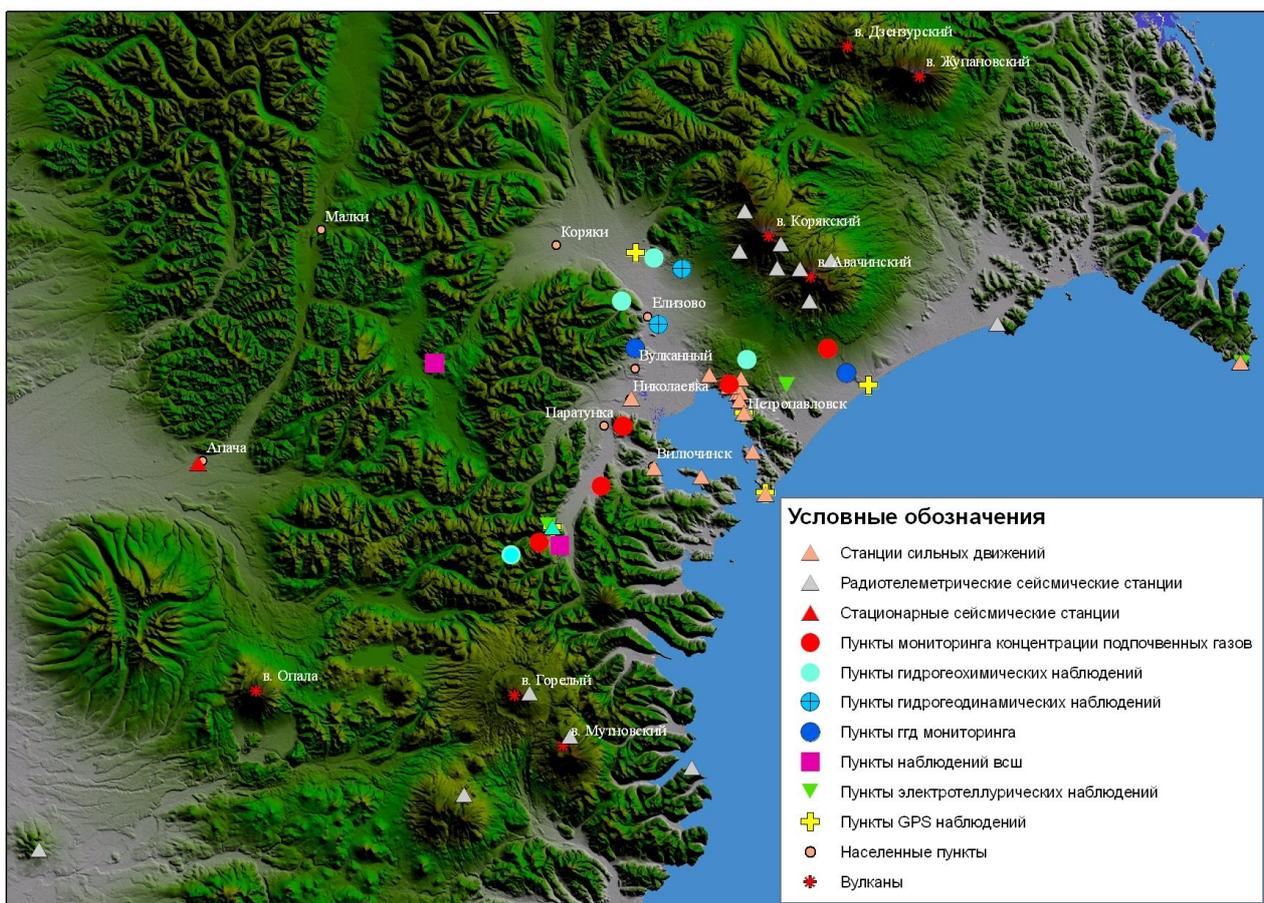


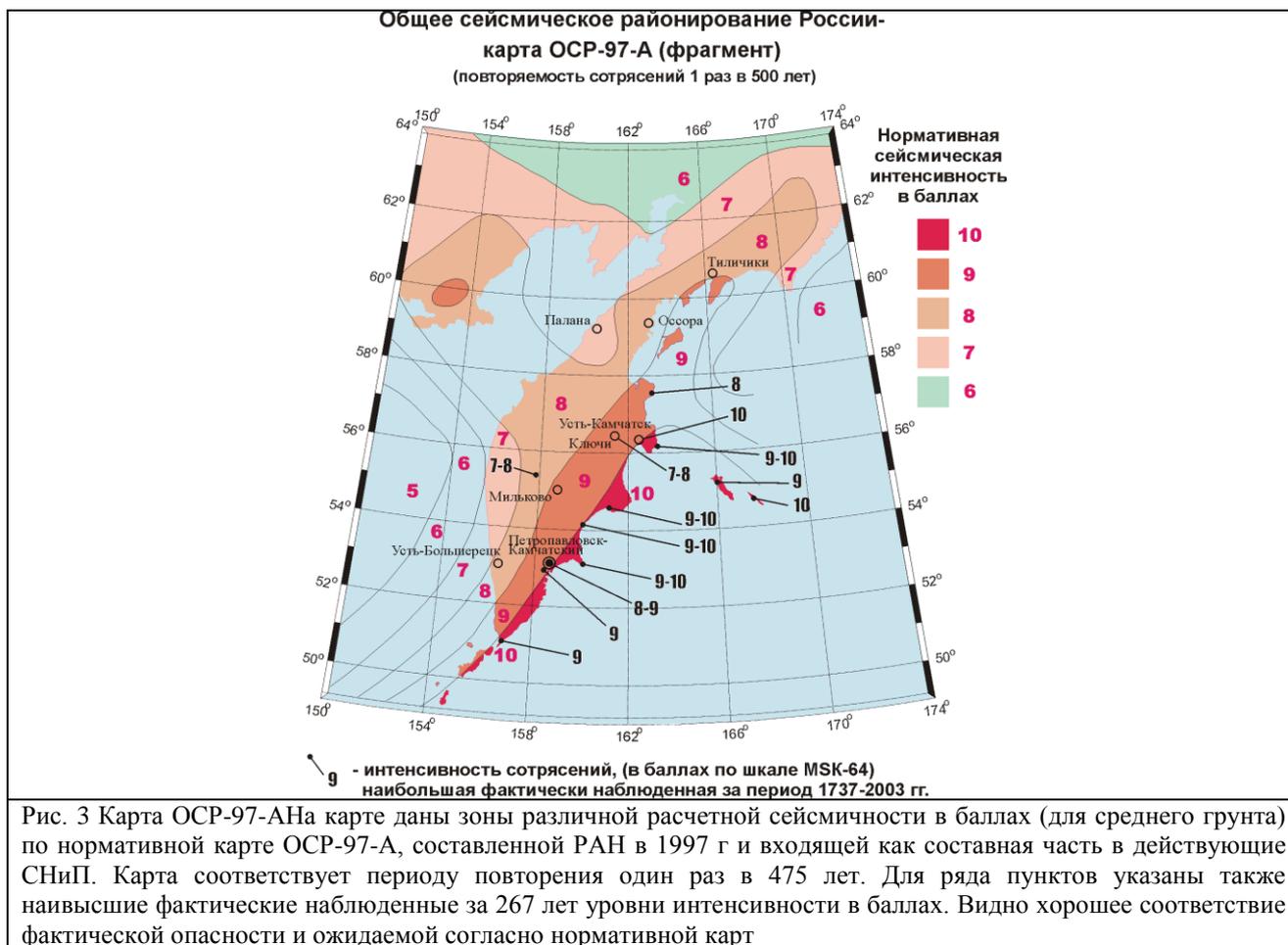
Рис. 2 Геодинамический полигон в районе г. Петропавловска-Камчатского

территории. Это позволило получить важный практический результат о 9-балльном уровне расчетной сейсмичности для г. Петропавловска-Камчатского, что уже было принято в картах сейсмического районирования территории СССР СР-68 и ОСР-78. На основе данных детальных сейсмологических исследований коллективом авторов (А.А. Гусев, Л.С. Шумилина, В.М. Павлов и др.) под руководством проф. В.И. Уломова, ИФЗ РАН, были выполнены работы по Камчатке в рамках создания карты общего сейсмического районирования ОСР-97, рис. 3.

Результаты комплексных геофизических исследований КФ ГС РАН сильных землетрясений и оценки их воздействия на территорию Камчатки, сейсмической и вулканической активности, выполненные КФ ГС РАН, имеют большое практическое и научное значение. Наиболее ярким результатом последних лет являются детальные исследования Олюторского землетрясения (20(21).04.2006 г., $M_w = 7.6$), имеющие существенное значение для адекватной оценки сейсмической опасности территории Камчатки и построения тектонических моделей северо-восточной части Тихого океана, рис. 4.

Получены важнейшие данные о свойствах очагов сильных землетрясений и параметрах сейсмических воздействий на территории Камчатки, о деятельности и строении вулканов и об отражении процесса их активизации в сейсмичности. Данные 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. Эти данные и результаты их интерпретации лежат в основе экспертных оценок текущей сейсмической и вулканической опасности.

Основные результаты работы системы комплексного мониторинга 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 доступны широкому кругу пользователей через страницу в Internet.



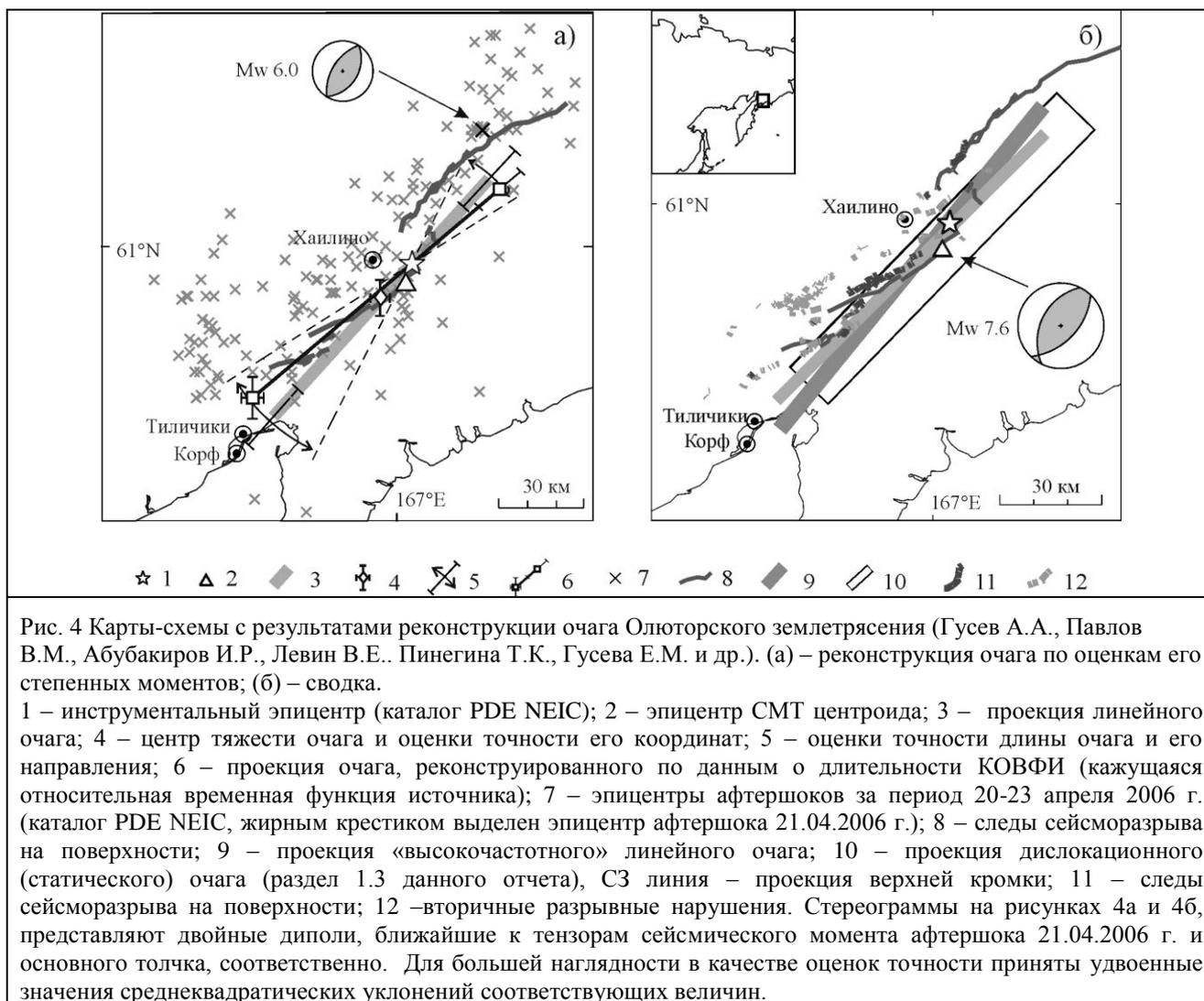
Информационные ресурсы КФ ГС РАН, созданные на основе систематизации и обработки данных комплексных геофизических и сейсмологических наблюдений и доступные через Internet, включают в себя следующие основные компоненты:

1. База данных "Региональный каталог Камчатки и Командорских островов", зарегистрирована в Федеральном агентстве по информационным технологиям и включена в Государственный регистр баз и банков данных за № 0220711890. По состоянию на 1 января 2009 г. каталог содержит более 107 000 записей о землетрясениях Камчатки, Командорских островов и северо-западной окраины Тихого океана за 1962-2009 гг. Обновление информации проводится ежедневно. Адрес доступа для внешних пользователей: http://data.emsd.iks.ru/dbquaketxt_min/index_r.htm#tops.

2. Информационно-вычислительная система "Землетрясения Камчатки" на основе цифрового архива волновых форм, полученных на региональных сейсмических станциях Камчатки с 1996 г. по настоящее время. Система разрабатывается совместно с Институтом вычислительной математики и математической геофизики СО РАН при финансовой поддержке РФФИ, грант 07-07-00106. Прототип функционирует в пробном режиме и размещен в Интернете по адресу <http://opg.sccc.ru/kg/>.

3. Информационная система "Монитор сейсмической активности Дальнего Востока России" по данным опорной сети широкополосных сейсмических станций. Разработка ведется в рамках ФЦП "Снижение рисков и смягчение последствий чрез-вычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 г.". Макет размещен в Internet по адресу <http://ts.emsd.ru>.

4. Фактографическая база данных "Активность вулканов Камчатки", обобщающая результаты обработки сейсмических, спутниковых, визуальных данных и видео-наблюдений за одиннадцатью наиболее активными вулканами Камчатки. По полученным данным производится оценка состояния вулканов Камчатки и определяется степень их опасности. Ресурс зарегистрирован в Федеральном агентстве по информационным технологиям и включен в Государственный регистр баз и банков данных, № 0220711891. Обновление производится ежедневно. Адрес в Internet: <http://emsd.iks.ru/~ssl/monitoring/main.htm>.



5. Оперативные данные.

Ежедневно информация о происшедших в регионе землетрясениях и о состоянии вулканов передается по установленному регламенту в заинтересованные организации и размещается на сервере КФ ГС РАН в Интернете:

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

<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-Коряжской группы вулканов;

<http://www.emsd.ru/> - видеонаблюдения в реальном времени за состоянием вулканов Шивелуч, Ключевской и Безымянный.

Тридцатилетний юбилей Камчатский филиал ГС РАН встречает как сложившаяся организация, коллектив которой состоит из высококвалифицированных специалистов (более 70 % от общего числа работающих имеют высшее образование, 89 научных сотрудников, 12 специалистов высшей квалификации) способных решать сложные проблемы по организации наблюдений и применению современных методов обработки информации.

КФ ГС РАН принимает активное участие в международных сейсмологических, геофизических проектах и в глобальной системе сейсмологических наблюдений.

КФ ГС РАН состоит из 15-ти структурных подразделений, которые обеспечивают непрерывные наблюдения и обработку сейсмологических, геофизических, гидрогеохимических и геодезических данных. Наблюдательные сети КФ ГС РАН в 2009 г. включают: 49 сейсмических станций (12 стационарных, 38 радиотелеметрических); 27 (из них 23 цифровых) станции для регистрации сильных движений; 18 постоянных станций по измерениям деформаций с применением

спутниковых приемников GPS; 4 группы скважин и естественных источников подземных вод; комплексную российско-японскую геофизическую обсерваторию "Карымшина"; пункты по регистрации электротеллурических потенциалов, уровня воды в скважинах, радона, водорода и акустических сигналов; пункты по регистрации высокочастотных сейсмических шумов. На рис.5 приведена схема сети сейсмических станций на Камчатке, состояние на 01.01.2010 г.

Высокий научный потенциал сотрудников КФ ГС РАН отражен в многочисленных публикациях в России и за рубежом. Научный международный авторитет КФ ГС РАН создан успешным сотрудничеством со многими странами, в первую очередь, с Японией, США, Италией и Германией. Система наблюдений по предупреждению об извержениях вулканов и слежению за распространением вулканических облаков в целях обеспечения безопасности авиapolетов в сотрудничестве с Институтом вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и Геологической службой США является одной из лучших в мире.

Все достижения и результаты в работе КФ ГС РАН – это заслуга сотрудников, которые с высокой ответственностью создавали и поддерживали сети сейсмических станций, организовывали наблюдения и получали уникальные данные регистрации геофизических, геохимических, геодезических и других параметров.

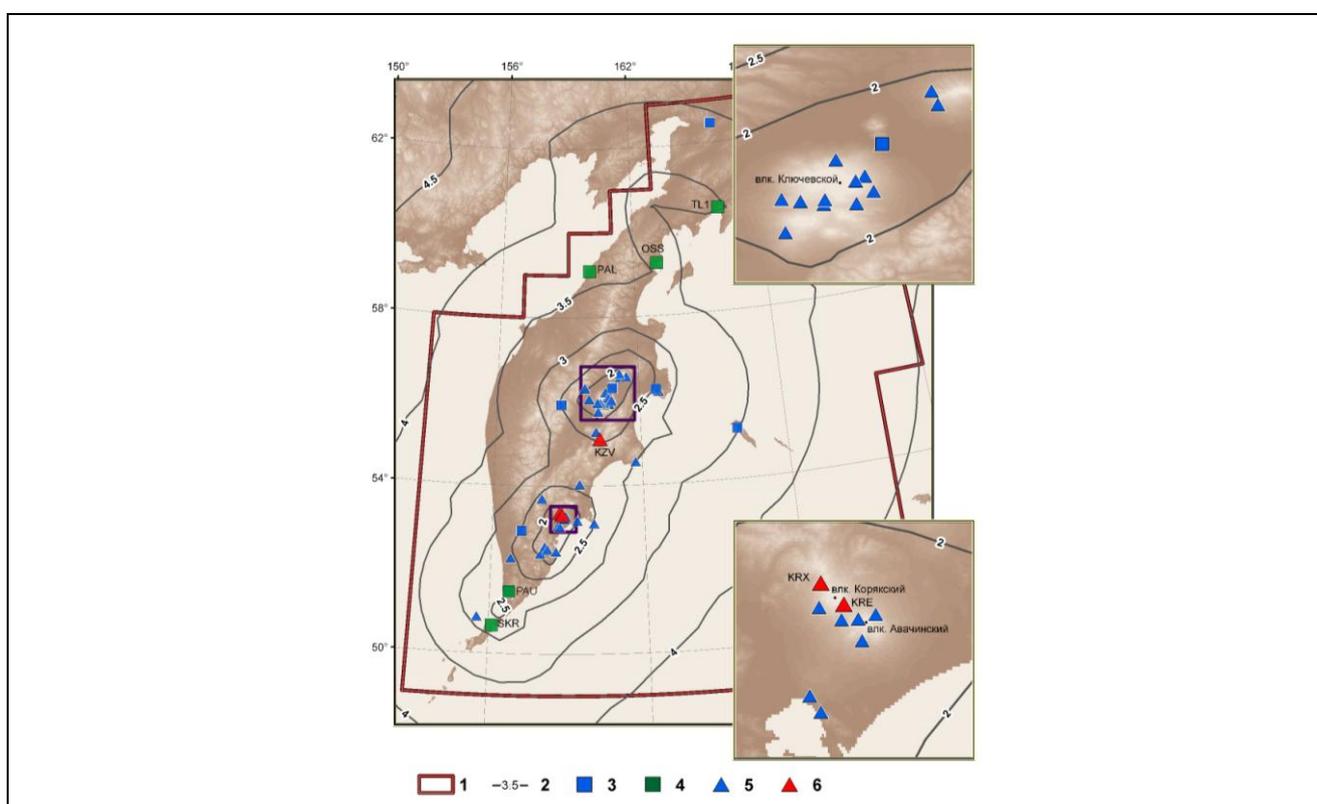


Рис. 5 Сеть сейсмических станций Камчатки. 1 – граница сейсмоактивного региона «Камчатка и Командорские острова» ; 2 - расчетные контуры надежной регистрации землетрясений с указанной магнитудой М_l; 3 - стационарные цифровые станции; 4 – модернизированные в 2009 г. стационарные станции; 5 - станции РТСС по состоянию на 1.01.2009; 6 – станции РТСС, установленные в 2009 г.

Наибольший вклад в организацию и развитие комплексных сейсмологических и геофизических наблюдений на Камчатке внесли С.А. Федотов, Е.И. Гордеев, В.Н. Чебров, П.И. Токарев, В.Д. Феофилактов, В.В. Степанов, А.А. Гусев, В.М. Зобин, В.А. Гаврилов, В.И. Левина, В.П. Митякин, Е.И. Савинов, В.В. Марфель, В.В. Яшук, Ю.М. Хаткевич, В.Е. Левин, Ю.В. Шевченко, В.А. Салтыков, Ю.А. Куганко, Г.Н. Копылова, И.Р. Абубакиров, В.М. Павлов, В.Ф. Воропаев, С.Л. Сенюков, Д.В. Дроздин, В.А. Сергеев, В.И. Синицын, В.Ф. Бахтияров, Г.М. Бахтиярова и многие, многие другие.