

**ОПЫТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА КАМЧАТКЕ В
60-х гг. XX в. – НАЧАЛЕ XXI в. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМИ СОВЕТАМИ***Серафимова Ю.К.**Камчатский филиал Учреждения Российской академии наук геофизической службы РАН,
г. Петропавловск-Камчатский, yulka@emsd.ru*

Природные катастрофы в современном мире – источники глубочайших социальных потрясений, сопровождаемых гибелью людей и огромными материальными потерями. Наиболее распространенными опасными природными явлениями в мире являются тропические штормы и наводнения (по 32%), землетрясения (12%), другие природные процессы (14%) [6]. За последние пятьдесят лет количество природных катастроф на Земле увеличилось почти в три раза, что выдвигает в качестве приоритетной новую задачу: прогнозирование и предупреждение природных катастроф. Одна из важнейших проблем в науках о Земле - прогноз времени и места будущих разрушительных землетрясений.

С 1961 г. на Камчатке проводятся детальные сейсмологические наблюдения. С 1970-х гг. здесь интенсивно развиваются и другие виды наблюдений (светодальномерные, гидрогеохимические, гидродинамические и др.), а также методы анализа сейсмичности, направленные на поиск предвестников землетрясений. В 1960-х гг. в Институте вулканологии (ИВ) ДВНЦ АН СССР были начаты исследования по прогнозу землетрясений, которые продолжаются до настоящего времени в рамках различных специализированных советов. Основу работы советов составляют результаты обработки и интерпретации данных комплексных сейсмологических, геофизических и других видов наблюдений.

В 60-70-х гг. XX в. С.А. Федотовым разработан метод *долгосрочного прогноза* сильных ($M \geq 7.7$) Курило-Камчатских землетрясений с глубинами менее 100 км, основанный на концепциях "сейсмических брешей" и "сейсмического цикла". В результате исследований режима сильных землетрясений Курило-Камчатской и Алеутской сейсмических зон В.А. Широковым найдена закономерность, связанная с т.н. лунным циклом длительностью 18.6 г., на основании которой был составлен *долгосрочный прогноз* времени возникновения сильных землетрясений Камчатки с магнитудой $M \geq 7$. С 1972 по 1974 гг. реализовывалась программа пробного *краткосрочного прогноза* неглубоких камчатских землетрясений с $K \geq 13$ ($M \geq 5.5$), составленная С.А. Федотовым и Г.А. Соболевым на основании ряда предвестников, проявившихся за 5-20 суток до землетрясения [8].

В мае 1978 г. в ИВ был создан Совет по прогнозу землетрясений и извержений вулканов, непрерывная работа которого продолжается более 30-ти лет [9]. С 2004 г. и по настоящее время Совет, сохранивший свои организацию, комплекс методов и задачи, называется общим Советом Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН и Камчатского филиала Геофизической службы (КФ ГС) РАН по прогнозу землетрясений и извержений вулканов [7, 9].

Развитие системы комплексных наблюдений на территории Камчатки в 1980-1990-х гг. позволило создать базу, на основе которой ряд научных коллективов и отдельные ученые, проводили исследования, направленные на поиск предвестников землетрясений. Возникла необходимость объединения этих усилий в рамках одной программы, работающей на основную цель – прогноз землетрясений. В 1994 г. распоряжением Губернатора Камчатской области был создан Камчатский центр мониторинга сейсмической и вулканической активности (КЦМСиВА) при Администрации области. Для решения вопросов прогнозирования землетрясений и оценки сейсмической опасности в текущем режиме в августе 1995 г. в рамках Межведомственного научно-технического экспертного совета (МНТЭС) при КЦМСиВА была создана постоянно действующая рабочая экспертная группа, включающая специалистов по различным видам наблюдений. Эта группа работала до конца 1997 г. [1, 4].

С 1998 г. работы по прогнозированию сейсмической опасности в Камчатской области осуществляются Камчатским отделением Федерального центра прогнозирования землетрясений (КамО ФЦПЗ), которое было учреждено как структурное подразделение ГС РАН в рамках целевой программы "Развитие Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений на 1995-2000 гг." на базе Камчатской опытно-методической сейсмологической партии ГС РАН (с 2004 г. КФ ГС РАН). При создании КамО ФЦПЗ использовался опыт работы общего

Совета ИВиС ДВО РАН и КФ ГС РАН по прогнозу землетрясений и рабочей экспертной группы МНТЭС при КЦМСиВА. В соответствии с Положением о Российском экспертном совете по прогнозу землетрясений, оценке сейсмической опасности и риска (РЭС), утвержденным Совместным решением Российской Академии наук и МЧС России от 15 марта 2003 г., предусматривалось создание Камчатского филиала РЭС на базе КФ ГС РАН и ИВиС ДВО РАН. В феврале 2006 г. КамО ФЦПЗ было реорганизовано и продолжает свою работу до настоящего времени в качестве Камчатского филиала Российского экспертного совета (КФ РЭС).

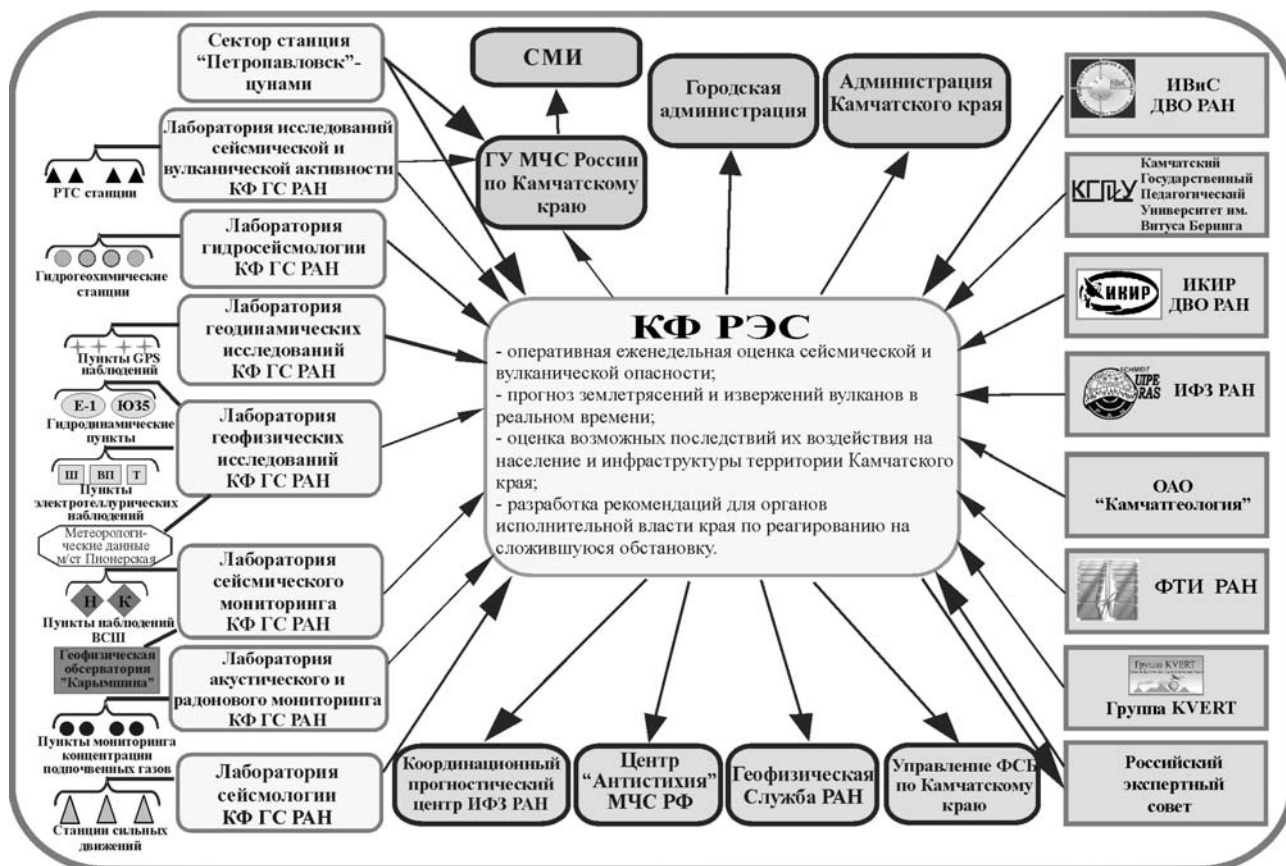


Рис. 1. Схема организации работ по оценке сейсмической и вулканической активности Камчатки [11]

В состав КФ РЭС входит 15 специалистов – представителей различных организаций: КФ ГС РАН, ИВиС ДВО РАН, ИКИР ДВО РАН, ОАО "Камчатгеология", а также Камчатского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [2, 3]. В 2006 г. в состав КФ РЭС включен представитель Центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций ГУ МЧС по Камчатскому краю.

Основными функциями КФ РЭС являются оперативная оценка сейсмической опасности, прогноз землетрясений, извержений вулканов и возможных последствий их воздействия. На этом этапе мониторинга производится комплексирование более 20-ти методов прогноза. В настоящее время в работе КФ РЭС регулярно принимают участие семь научных, производственных и образовательных учреждений, занимающихся исследованиями сейсмичности и предвестников землетрясений. На рис. 1 приведена схема организации работ и взаимодействия КФ РЭС по сбору и передаче сейсмопрогностической информации в текущем (еженедельном) режиме. В соответствии с Положением о КФ РЭС возможность подать прогноз предоставляется всем желающим, поэтому на заседаниях рассматриваются также прогнозы и оценки, подаваемые другими организациями и частными лицами на нерегулярной основе.

При оценке сейсмической опасности рассматриваются данные наблюдений за предвестниками сильных землетрясений, которые можно разделить на несколько групп в соответствии с природой наблюдаемых полей: сейсмологические, геофизические, геохимические, геодезические.

При оценке вулканической обстановки рассматриваются заключения Камчатской группы реагирования на вулканические извержения, или KVERT – (Kamchatkan Volcanic Eruption Response

Team, <http://www.kcs.iks.ru/ivgig/kvert/index.html#>), а также данные о сейсмической и других видах активности вулканов, полученные в КФ ГС РАН.

Основными достижениями в период становления работ по прогнозу и деятельности Совета ИВ являются успешные долгосрочные прогнозы сильных Курило-Камчатских землетрясений 1971-1975 гг. (С.А. Федотов), Южно-Курильской серии землетрясений 1978 г. с $M \sim 8$ (С.А. Федотов, С.Д. Чернышев, А.В. Викулин), Шикотанского землетрясения 04.10.1994 г., $M = 8.2$ (С.А. Федотов, С.Д. Чернышев), Кроноцкого землетрясения 05.12.1997 г., $M = 7.9$ (С.А. Федотов, С.Д. Чернышев, Ю.Д. Матвиенко, Н.А. Жаринов) и Симуширского землетрясения 15.11.2006 г., $M_w = 8.3$ (С.А. Федотов, А.В. Соломатин, С.Д. Чернышев). Развитие методов среднесрочного прогноза позволило дать успешный прогноз сильного (M около 7) землетрясения 18 августа 1983 г. в Камчатском заливе (А.А. Гусев, В.К. Лемзиков) и спрогнозировать серию землетрясений с M порядка 6 в Авачинском заливе в 1980 г. (Ю.Д. Матвиенко) [7, 9, 10].

Анализ результатов работы экспертной группы при КЦМСиВА в 1995-1997 гг. показывает, что на основании комплекса сейсмопрогностических данных были удачно спрогнозированы два сильных землетрясения – 21.06.1996 г., $M_w = 7.0$ и 16.07.1996 г., $M_w = 6.6$. Ретроспективный анализ показал, что при своевременном поступлении информации об аномалиях и предвестниках и ее оперативной обработке экспертной группой не было бы пропущено и третье землетрясение – 01.01.1996 г., $M_S = 6.9$ [4]. В период работы экспертной группы КЦМСиВА произошло Кроноцкое землетрясение 05.12.1997 г., $M_w = 7.8$, одно из сильнейших на Камчатке за период детальных сейсмологических наблюдений. При ретроспективном анализе данных комплексных наблюдений показано, что в течение нескольких месяцев до землетрясения проявлялся широкий набор аномалий – возможных предвестников землетрясения 05.12.1997 г. (рис. 2). Это указывает на потенциальную возможность своевременной оценки времени возникновения землетрясений, подобных Кроноцкому [5].

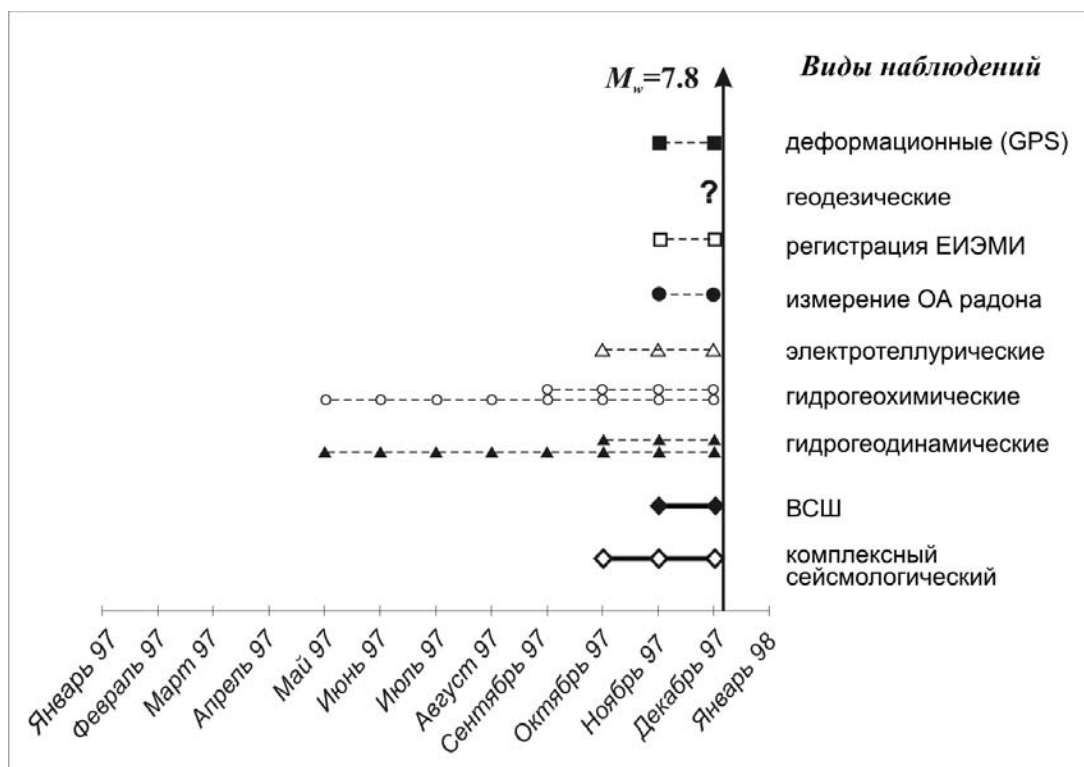


Рис. 2. Временные интервалы проявления аномальных изменений параметров перед Кроноцким землетрясением 05.12.1997 г., $M_w = 7.8$ (вертикальная стрелка). Жирными горизонтальными линиями показаны виды наблюдений, по которым давались прогнозы до землетрясения; пунктирными линиями – виды наблюдений, по которым предвестники были выявлены ретроспективно. “?” – аномалии выявлены, но нет оценок времени их проявления.

В 1998 – 2009 гг. в Камчатском регионе произошло 23 землетрясения с магнитудами $M_w \geq 6.0$ (табл.). Перед 17-ю землетрясениями выделены предвестниковые аномалии в параметрах нескольких полей в режиме реального времени, либо ретроспективно; либо перед ними были даны прогнозы, впоследствии реализовавшиеся (рис. 3).

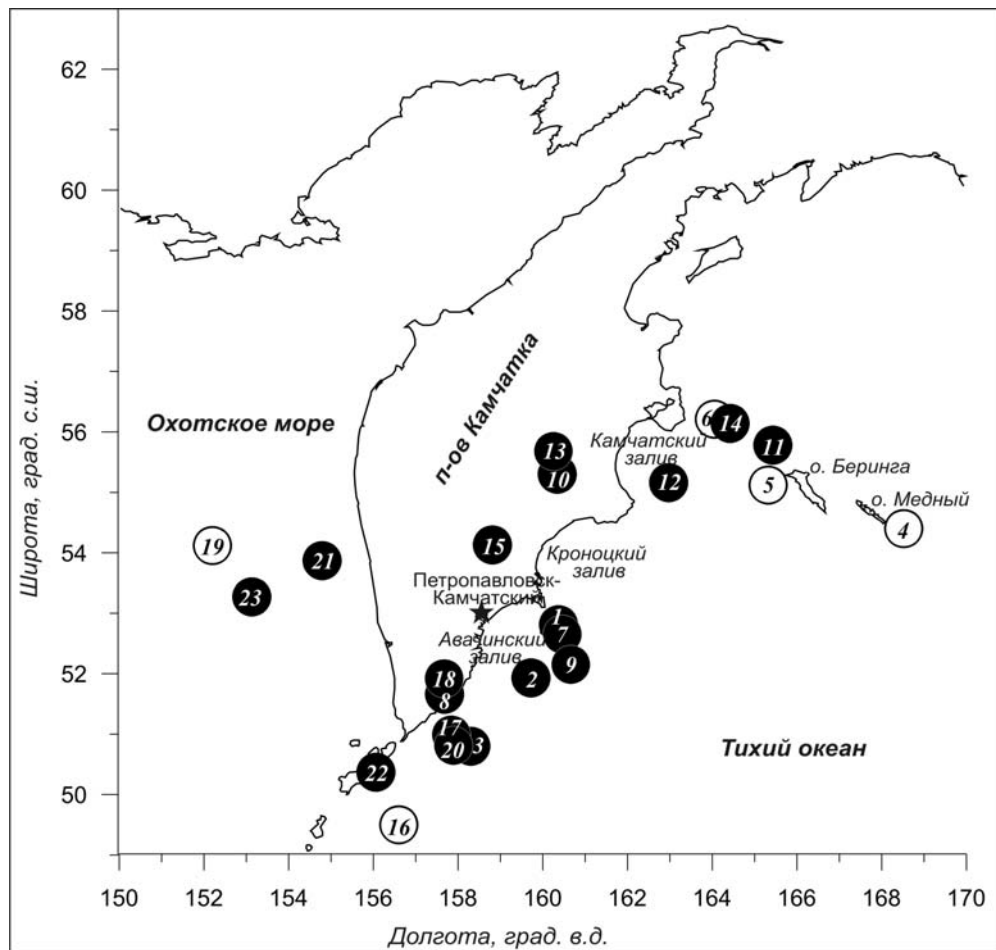


Рис.3. Карта эпицентров камчатских землетрясений с $M_w \geq 6.0$ в 1998-2009 гг. (нумерация согласно табл.). Черными кружками отмечены землетрясения, перед которыми выявлены предвестники в реальном времени.

Таблица. Параметры землетрясений $M_w \geq 6.0$ по данным КФ ГС РАН, произошедших в Камчатском регионе в 1998 - 2009 гг.

№	ггггммдд	ч:мин:сек	$\varphi, \text{°N}$	$\lambda, \text{°E}$	H, км	$K_s^{\text{Ф68}}$	M_w, NEIC^*
1	19980601	05:34:03	52.81	160.37	31	13.8	6.5
2	19990308	12:25:43	51.93	159.72	7	14.3	6.9
3	19990918	21:28:34	50.99	157.84	40	13.8	6.0
4	19990928	05:00:39	54.40	168.52	40	13.4	6.1
5	19991126	00:28:59	55.12	165.32	39	13.2	6.0
6	20010802	23:41:08	56.21	164.05	25	13.8	6.3
7	20011008	18:14:26	52.62	160.46	31	13.8	6.5
8	20021016	10:12:23	51.66	157.68	108	13.2	6.2
9	20030315	19:41:24	52.15	160.66	4	13.3	6.1
10	20030616	22:08:02	55.30	160.34	190	14.7	6.9
11	20031205	21:26:14	55.78	165.43	29	14.8	6.7
12	20040414	01:54:08	55.16	162.97	48	13.4	6.2
13	20040610	15:19:56	55.68	160.25	208	14.8	6.9
14	20060412	01:06:50	56.14	164.42	1	13.1	6.0
15	20060522	13:08:00	54.13	158.81	213	13.5	6.2
16	20060820	03:01:00	49.50	156.60	37	13.5	6.0
17	20060824	21:50:37	50.81	157.89	26	14.3	6.5
18	20070530	20:22:12	51.92	157.67	129	13.6	6.4
19	20080705	02:12:01	54.12	152.20	594	14.2	7.7
20	20080724	01:43:17	50.80	158.30	36	14.0	6.2
21	20081124	09:02:53	53.87	154.79	559	16.9	7.3
22	20090421	05:26:09	50.37	156.06	179	13.6	6.2
23	20091210	02:30:55	53.27	153.13	597	14.4	6.3

Примечание: * - по данным каталога NEIC [<http://neic.usgs.gov/neis/epic>]

Следует отметить, что землетрясения №№ 4-6 произошли на севере Камчатской сейсмоактивной зоны в районах Камчатского пролива и Командорских островов, где наблюдательные сети либо отсутствуют, либо их плотность существенно ниже, чем на юге Камчатки. Землетрясение № 16 относится к Северо-Курильскому региону, также не охваченному наблюдательными сетями, за исключением сейсмометрической. Землетрясение № 19 является глубоким ($H \sim 600$ км).

Анализ работ по прогнозированию землетрясений специализированными советами показывает, что уровень сейсмопрогностических работ на Камчатке пока не соответствует требованиям выдачи социально значимого средне-краткосрочного прогноза для административных органов. Тем не менее, развитие наблюдательных сетей, разработка различных методов обнаружения предвестников землетрясений и методик прогнозирования, их комплексное использование и накопленный опыт работы специализированных советов направлены на увеличение эффективности прогнозирования сильных камчатских землетрясений и выдачу социально значимого прогноза. В настоящее время на Камчатке существует реальная возможность среднесрочного прогнозирования землетрясений с магнитудами 6–7 и более.

Список литературы

1. Викулин А.В. О работе экспертной группы КЦМСИВА. Взгляд изнутри // Опыт прогнозирования сейсмической опасности на Камчатке в 1995-1996 гг. (по материалам работы Межведомственного научно-технического экспертного совета при Камчатском центре мониторинга сейсмической и вулканической активности). Петропавловск-Камчатский: КОМСП ГС РАН, 1999. С. 21-24.
2. Гордеев Е.И., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К. Камчатское отделение Федерального центра прогнозирования землетрясений: опыт и результаты // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки. К 25-летию Камчатской опытно-методической сейсмологической партии ГС РАН. Петропавловск-Камчатский, 2004. С. 202-215.
3. 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.
4. Копылова Г.Н., Жалыева Ю.К. О работе экспертной группы секции прогноза землетрясений Межведомственного научно-технического экспертного совета при Камчатском центре мониторинга сейсмической и вулканической активности в 1995-1996 гг. // Опыт прогнозирования сейсмической опасности на Камчатке в 1995-1996 гг. (по материалам работы Межведомственного научно-технического экспертного совета при Камчатском центре мониторинга сейсмической и вулканической активности). Петропавловск-Камчатский: КОМСП ГС РАН, 1999. С. 4-21.
5. Копылова Г.Н., Жалыева Ю.К. Прогнозы и предвестники Кроноцкого землетрясения 5 декабря 1997 г. (по материалам работы Межведомственного научно-технического экспертного совета при Камчатском центре мониторинга сейсмической и вулканической активности) // Проблемы сейсмичности Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский. КОМСП ГС РАН, 2000. С. 146-154.
6. Осипов В.И. Оценка и прогнозирование рисков природных катастроф на территории России (доклад на заседании Президиума РАН 17 февраля 2004 г.) // Электронный ресурс [http://www.geoenv.ru/science/osipov_paper/osipov_paper-rus.htm]
7. Федотов С.А., Магуськин М.А., Матвиенко Ю.Д., Лемзиков В.К. Работы Института вулканологии по прогнозу землетрясений и извержений вулканов в 1971-2002 годах // Современный вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы юбилейной сессии Камчатского научного центра ДВО РАН, посвященной 40-летию Института вулканологии. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КГПУ, 2003. С. 68-74.
8. Федотов С.А., Соболев Г.А., Болдырев С.А. и др. Долгосрочный и пробный краткосрочный прогноз камчатских землетрясений // Поиски предвестников землетрясений. Материалы Международного симпозиума, Ташкент, 27 мая – 3 июня 1974 г. Ташкент: Изд-во "ФАН" УзССР, 1976. С. 49-61.
9. Федотов С.А. К 30-летию Совета Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и Камчатского филиала ГС РАН по прогнозу землетрясений и извержений вулканов // Вулканология и сейсмология. 2008. №6. С. 78-80.
10. Федотов С.А., Соломатин А.В., Чернышев С.Д. Афтершоки и область очага Средне-Курильского землетрясения 15.XI. 2006 г., $M_S = 8.2$; Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на IV 2008 – III 2013 гг. // Вулканология и сейсмология. 2008. № 6. С. 3-23.
11. Чебров В.Н. Организация работ по оценке сейсмической и вулканической активности на Камчатке // Геофизический мониторинг и проблемы сейсмической безопасности Дальнего Востока России: в 2 томах. Труды региональной научно-технической конференции, Петропавловск-Камчатский, 11-17 ноября 2007 г. Т. 2. Петропавловск-Камчатский: ГС РАН, 2008. С. 4-8.