

СЛУЖБА СРОЧНЫХ ДОНЕСЕНИЙ ГС РАН

О.Е. Старовойт, Л.С. Чепкунас, М.В. Коломиец, М.И. Рыжикова

Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, kolmar@gsras.ru

Непрерывный сейсмический мониторинг территории России и сопредельных государств, как и ранее [1], в 2004 г. осуществлялся в двух режимах:

– в режиме срочных донесений при сильных землетрясениях с передачей информации заинтересованным ведомствам и организациям;

– в текущем режиме с выпуском сейсмологических бюллетеней и каталогов.

В [1–3] подробно был описан первый режим. В этой статье представлена информация о развитии Службы срочных донесений (ССД) Геофизической службы РАН о сильных и ощутимых землетрясениях и результаты ее работы в 2004 г.

По сравнению с 2003 г. [1], с апреля 2004 г. в режиме, близком к реальному времени, начали поступать волновые формы семи цифровых станций из Геофизического центра в Потсдаме (GFZ), с сентября – с восьми станций Международного проекта по установке акселерометров (IRIS-IDA). Для получения фрагментов записей волновых форм программой Xfer2wsg [4] с октября были установлены серверы на шести станциях.

В 2004 г. в ССД использовались следующие входные потоки информации:

– **волновые формы в режиме, близком к реальному времени**, с 20-ти цифровых сейсмических станций, из которых тринадцать расположены на территории России («Арти» ARU, «Кисловодск» KIV, «Обнинск» OBN, «Талая» TLY, «Ловозеро» LVZ, «Южно-Сахалинск» YSS, «Якутск» YAK, «Петропавловск-Камчатский» PET, «Магадан» MA2, «Тикси» TIXI, «Билибино» BILL, «Пулково» PUL, «Новосибирск» NVS), две – на территории стран СНГ («Боровое» BRVK в Казахстане, «Гарни» GNI в Армении), пять – за рубежом («Kongsberg» KONO в Норвегии, «College» COLA, «Hockley» HKT, «Albuquerque» ANMO в США, «Ulaanbaatar» ULN в Монголии). С апреля добавились семь станций Геофизического центра в Потсдаме (GFZ): «Apeiranthos of Naxos» APE (Греция), «Isparta» ISP (Турция), «Kasperske Hory» KHC (Чехия), «Maui» MAUI (Гавайи), «Port Moresby» PMG (Новая Гвинея), «Sanae» SNAA (Антарктида), «Vasula» VSU (Эстония). С сентября добавились восемь станций Международного проекта по установке акселерометров (IRIS-IDA): «Ala Archa» AAA (Кыргызстан), «Diego Garsia» DGAR (Индийский океан), «East Falkland Islands» EFI (Фолклендские острова), «Erimo» ERM (Хоккайдо, Япония), «Juntas de Abangares» JTS (Коста-Рика), «Kurchatov» KURK (Казахстан), «Mbaraga» MBAR (Уганда), «Tennant Creek» WRAB (Австралия);

– **фрагменты волновых форм по запросу** с 13 цифровых станций России: «Свердловск» SVE, «Оренбург» ORR, «Красноярск» KRAR, «Абакан» ABNR, «Кызыл» KZL, «Анапа» ANN, «Сочи» SOC, «Кисловодск» KIV, «Гумбаши» GUMR, «Нагутская» NAGR, «Куба-Таба» KUBR, «Шиджатмаз» SHAR, «Владикавказ» VLK (в режиме тестирования);

– **времена вступлений (ARRIVAL) основных сейсмических волн**, поступающие в базу данных ORACLE в режиме, близком к реальному времени, с восьми станций из Международного центра данных IDC СТВТО в Вене: «Залесово» ZAL (Россия), «FINESS Agrau» FINES (Финляндия), «Wonju Agrau» KSAR (Южная Корея), «Bogoin» BGCA (Центральноафриканская Республика), «Kilima Mbogo» KMBO (Кения), «Warramunga Agrau» WRA (Австралия), «Yellowknife Agrau» YKA (Канада), «Chiang Mai Agrau» SMAR (Таиланд) и шести станций из Казахстанского национального центра данных (КНЦД) ИГИ НЯЦ («Чкалово» CHKZ, «Курчатов» KURK, «Маканчи» MKAR, «Восточное» VOSK, «Каратау» K KAR, «Зеренда» ZRNK);

– **срочные сводки по телетайпу, телефону и e-mail** с цифровых и аналоговых сейсмических станций России и СНГ: с десяти цифровых станций России («Москва» MOS, «Анапа» ANN, «Сочи» SOC, «Петропавловск-Камчатский» PET, «Магадан» MA2, «Южно-Сахалинск» YSS, «Якутск» YAK, «Иркутск» IRK, «Ельцовка» ELT, «Закаменск» ZAK); с одной цифровой

станции СНГ («Симферополь» SIM); с трех аналоговых станций России («Пятигорск» PYA, «Махачкала» МАК, «Северо-Курильск» SKR) и с десяти аналоговых станций СНГ («Алма-Ата» ААА в Казахстане, «Ашхабад» АШН и «Кызыл-Арват» КАТ в Туркменистане, «Кишинев» КИС в Молдове, «Львов» LVV и «Ужгород» UZH на Украине, «Минск» MNK в Беларуси, «Ташкент» ТАС в Узбекистане, «Фрунзе» FRU в Кыргызстане, «Баку» ВАК в Азербайджане).

Станционная и сводная обработка проводилась программным комплексом WSG («Система обработки сейсмических данных») [4], уточнение параметров землетрясений осуществлялось по программе APM2 [5]. Технология процесса подробно описана в [1, 2].

Как и ранее [1, 2], для определения основных параметров землетрясения (времени возникновения t_0 , координат эпицентра φ, λ , глубин очага h) применялся годограф Джеффриса-Буллена [6] в интервале $\Delta=1-105^\circ$ и Рихтера [7] в интервале $\Delta=110-150^\circ$. Значения магнитуд MS и $MPSP$ землетрясений находились по максимальной скорости смещения $(A/T)_{\max}$ в поверхностных и объемных волнах по соответствующим калибровочным кривым [8-11].

Для повышения информативности ССД в ГС РАН широко используется **обмен данными с международными сейсмологическими центрами** [12, 13]. Станционные данные из Национального центра информации о землетрясениях (NEIC) Геологической службы США, Европейского Средиземноморского центра (CSEM), IDC СТВТО, КНЦД ИГИ НЯЦ используются на этапе получения параметров очага землетрясения, а также во время уточнения параметров гипоцентров и выпуска информационного сообщения. В свою очередь **ССД передает информацию в эти центры**, а также в Сейсмологическую службу Швейцарии (SED), в Институт физики земли (EDNES) в Страсбурге, в Наблюдательный и исследовательский Европейский сейсмологический центр (ORFEUS) в De Bilt, Нидерланды.

В 2004 г. в срочном режиме осуществлены сбор, сводная обработка и подача срочных донесений о 2415 землетрясениях территории СНГ и Земли в целом. Из них ощутимыми на территории СНГ были 89 землетрясений, в том числе 65 – на территории России. В табл. 1 помещено распределение землетрясений, локализованных ССД, по магнитудам $MPSP$ и суммарной энергии ΣE . Энергия рассчитывалась по формуле из [14]:

$$\lg E = 2.4 \cdot m_b + 5.8.$$

Таблица 1. Распределение числа землетрясений разных глубин по магнитудам $MPSP$ за 2004 г.

h , км	$MPSP$					N_Σ	ΣE , 10^{15} , Дж
	2.6–3.5	3.6–4.5	4.6–5.5	5.6–6.5	6.6–7.5		
Россия							
≤ 70	23	87	87	15	2	214	6.98
71–390	1	35	30	3		69	0.38
≥ 391		7	5	2		14	0.01
N_Σ	24	129	122	20	2	297	7.37
Земной шар							
≤ 70	40	387	950	340	12	1729	21.8
71–390	4	128	387	67	2	588	4.6
≥ 391		17	62	17	2	98	19.2
N_Σ	44	532	1399	424	16	2415	45.6

На рис. 1 показан последовательный рост числа землетрясений, обработанных в службе срочных донесений с 1996 по 2004 г. Увеличение числа землетрясений в 2004 г. произошло за счет активизации Тихоокеанского сейсмического пояса от Японии до Тимора и Западного Ириана, точнее, за счет афтершоковых процессов от землетрясений, произошедших 29 мая в 20^h56^m с $MS=6.7$ у Восточного побережья Хонсю, 11 ноября в 21^h26^m с $MS=7.1$ у о. Тимор, 26 ноября в 02^h25^m с $MS=7.0$ у Западного Ириана [15]. Но наибольшую сейсмическую активность вызвало сильнейшее землетрясение у западного побережья Северной Суматры 26 декабря в 00^h58^m с $MS=8.7$, $MPSP=7.1$ [15]. За период с 26 по 31 декабря в ССД было зарегистрировано более 160 толчков в районе Андаманских, Никобарских островов и Северной Суматры.

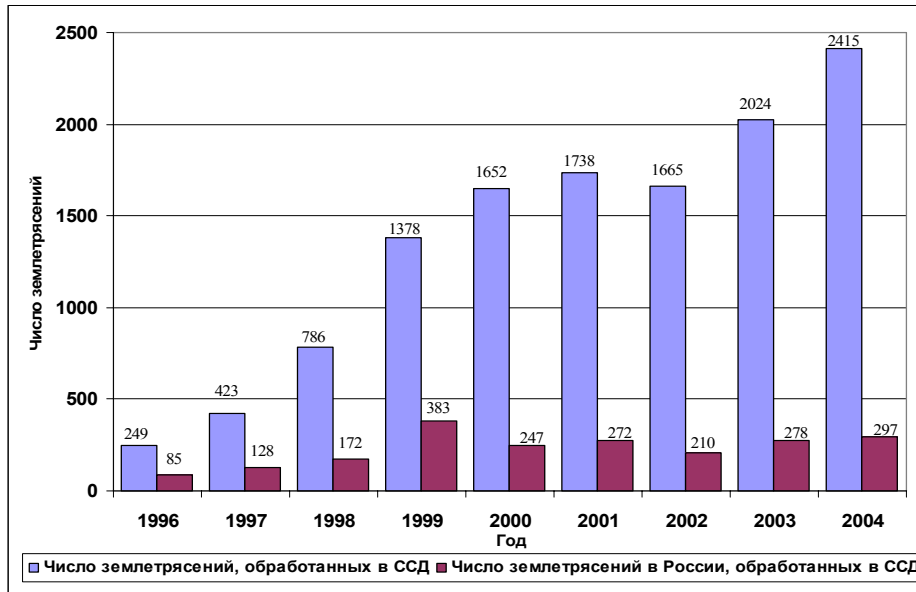


Рис. 1. Число землетрясений, обработанных в Службе срочных донесений в 1996–2004 гг. во всем мире и в России в частности

Как видно из рис. 2, почти 80% землетрясений были обработаны не позднее двух часов с момента их возникновения. При этом уменьшилось среднее время передачи первого предварительного сообщения. Для сильных землетрясений мира и ощутимых землетрясений России оно составляло 45 мин, т.е. на 5 мин меньше, нежели в 2003 г.

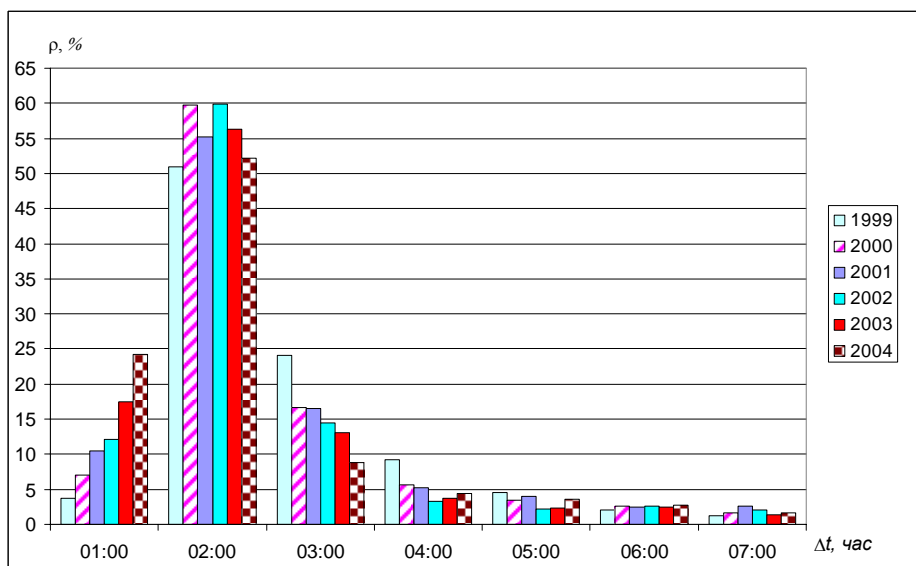


Рис. 2. Плотность $\rho\%$ распределения времени передачи Δt срочных сообщений в 1999–2004 гг.

Главным событием 2004 г. было сильнейшее на земном шаре землетрясение с $MS=8.7$ $Mw=7.9$ [15] в Индонезии, близ о. Суматра, породившее гигантскую (10 м) волну цунами. Это одно из самых разрушительных цунамигенных землетрясений за период с 1960 г.: 22.05.1960 г. – в Чили (с $MS=8.6$, $Mw=9.7$) и 28.03.1964 г. – на Аляске (с $MS=8.4$, $Mw=9.5$) [16]. На территории России максимальная интенсивность сотрясений до $I=6-7$ баллов отмечена в пос. Космодемьянский Октябрьского района г. Калининграда при Калининградском землетрясении 21 сентября в 13^h32^m [17] с $MPSP=5.1$ [15]. Оценка интенсивности I проведена на основании анализа сейсмических дислокаций и изучения характерных повреждений зданий по 12-балльной макросейсмической шкале MSK-64 [18].

Информационные сообщения об упомянутых выше двух и еще шести других землетрясениях были подготовлены и помещены в срочном режиме на Web-странице ЦОМЭ [19]. Они посвящены следующим землетрясениям:

1 – 28 мая в 12^h38^m с $MS=6.1$ [15] в Северном Иране. Эпицентр разрушительного землетрясения был расположен в 70 км к северу от Тегерана, в северных отрогах хр. Ельбороз. Погибли 55 человек, около 400 получили ранения различной степени тяжести, разрушены сотни деревень и городов на севере Ирана, нарушено электроснабжение. Особенно пострадала западная часть провинции Мазендеран в районе г. Сари, а также восточная часть провинции Гилян в районе Чалус. Землетрясение ощущалось на обширной территории от южного побережья Каспийского моря до Исфахана в центре Ирана, а также в Азербайджане (Астара, Ленкорань с $I=3-4$ балла, Баку – 2–3 балла), в Дагестане (Махачкала – 2 балла). Землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками с магнитудой от 1.7 до 4.8 [19].

2 – 30 мая в 02^h52^m с $MS=4.3$ [15] в юго-западной части о. Сахалин (прибрежная часть острова со стороны Татарского пролива). Землетрясение ощущалось в населенных пунктах о. Сахалин: Костромское с $I=6$ баллов, Южно-Сахалинск – 4 балла, Холмск – 3 балла и на Курильских островах в Южно-Курильске – 3 балла. Зона землетрясения относится в тектоническом плане к Южному Сахалину [20].

3 – 10 июня в 15^h19^m с $MPSP=6.0$ [15] в восточной части п-ва Камчатка. Землетрясение ощущалось в Петропавловске-Камчатском с интенсивностью $I=3-4$ балла. Его гипоцентр приурочен к зоне Беньюффа и расположен на глубине $h=200$ км. Знаменательно, что год назад (16 июня 2003 г.) в этой же очаговой области произошло ощутимое землетрясение близкой магнитуды и глубины [21].

4 – 5 сентября близ южного побережья о. Хонсю, Япония, два сильных землетрясения: первое возникло в 10^h07^m с $MS=7.2$ [15], второе – в 14^h57^m с $MS=7.5$ [15]. Эпицентры располагались рядом с выходящим в Тихий океан п-овом Кии. Колебания ощущались на обширной территории вплоть до Токио, который удален от этого района на 600–700 км. Подземные удары в том числе пришлось на древнюю японскую столицу Нара, где сосредоточено множество храмов. По сообщениям местных СМИ, стихия не повредила культурные ценности. В обоих случаях объявлено об опасности цунами. Если в первом случае максимальная высота приливной волны была не более 60 см, то после второго толчка – уже около метра. После первого землетрясения были даны данные о временной остановке электричек и скоростных поездов. Несколько человек пострадали, но все травмы несерьезные. В префектуре Вакаяма прекратилась подача электричества в 600 домах. В районе Осаки случился пожар, который быстро потушили. У побережья префектуры Миэ в море перевернулись четыре небольших судна. Никто не пострадал.

5 – 21 сентября на северо-западе России. Вблизи Калининграда произошло несколько землетрясений, максимальное из которых с $MPSP=5.1$ [15] реализовалось в 13^h32^m. Ему в 11^h05^m предшествовало землетрясение с $MPSP=4.6$ [15]. Более слабый последующий толчок с $MPSP=4.0$ [15] зарегистрирован в 13^h36^m. Два первых землетрясения, по данным МЧС и информационных агентств, ощущались на территории Калининградской области и в прилегающих районах Белоруссии и Прибалтийских государств, в северных районах Польши и на юге Финляндии. В Калининграде и курортных городах Светлогорск и Пионерский они ощущались с интенсивностью $I=4-5$ баллов по шкале MSK-64. 22 сентября в больницы Калининграда обратились за помощью 20 раненых, отмечены незначительные повреждения 20 зданий, в Светлогорске образовался провал глубиной 20 м. Землетрясение ощущалось в Санкт-Петербурге с $I=2$ балла. По данным Центра геофизического мониторинга НАН Беларуси, землетрясение 13^h32^m ощущалось в Минске, Гродно, Плещеницах, Нарочи с $I=3-4$ балла. По данным ИТАР-ТАСС, на 27 сентября в результате землетрясений в Калининграде различные виды повреждений получили 1146 строений, из них 1061 – жилые дома, 46 – объекты соцкультбыта, 39 – объекты коммунального хозяйства. В тектоническом плане землетрясения произошли на западе территории Восточно-Европейской платформы (ВЕП) и приурочены к Балтийской синеклизе [22]. По оценкам потенциальной сейсмической опасности территории запада ВЕП район землетрясений относится к Калининградско-Литовской сейсмогенной зоне, оценка ожидаемой интенсивности сотрясений в которой дает 7 баллов и отвечает $M_{\max}=4.0$ (при минимальных глубинах гипоцентров $h=5$ км [23]).

6 – 23 октября в 08^h56^m с $MS=6.9$ [15] близ западного побережья о. Хонсю, Япония, префектура Ниигата. Последний раз подобное землетрясение в районе префектуры Ниигата произошло в 06.06.1964 г., когда землетрясение, имеющее магнитуду $M=7.5$, и последующие толчки привели к гибели 26 человек [24]. Нынешний удар стихии стал самым катастрофичным в стране после землетрясения 1995 г., которое разрушило порт Кобе и унесло жизни более 6400 человек [25]. Землетрясение 23 октября сопровождалось многочисленными афтершоками. Разрушено множество зданий. На скоростных и обычных дорогах появились крупные разрывы. Впервые в истории скоростных дорог «Синкансэн» с рельсов сошли два состава, после чего было полностью прекращено движение поездов. Погибли более 25 человек, ранения получили свыше 2000 человек. Землетрясение никак не сказалось на работе крупнейшей в мире АЭС, расположенной на побережье Японского море в Касивадзаки (примерно в 30 км от эпицентра). Она продолжает работать в обычном режиме.

7 – 15 ноября в 10^h21^m с $MPSP=4.9$ [15] в Краснодарском крае между городами Сочи и Майкоп. Землетрясение ощущалось на обширной территории Краснодарского края: Сочи, Белореченск, Майкоп с интенсивностью $I=3-4$ балла, Краснодар – 2–3 балла; а также в Ставрополе – силой 2–3 балла. Информации о жертвах и разрушениях нет. В зоне землетрясения 15 ноября 2004 г. известно семибальное землетрясение 06.03.1963 г., имеющее небольшую магнитуду $M=3.3$, но близповерхностный очаг с глубиной 1–2 км [26]. В 1994 г. здесь произошли сильные землетрясения для этой зоны – 1 февраля в 01^h16^m с $K_p=11.6$ и 15 февраля в 22^h29^m с $K_p=12.0$, первое – в районе г. Майкопа (в 50 км от эпицентра землетрясения 15 ноября), второе – близ г. Апшеронска (не более 10 км от эпицентра 15 ноября) [27]. Происхождение их, вероятно, связано с проявлением активности разломов антикавказского простирания [28].

8 – 26 декабря в 00^h58^m с $MS=8.7$ [15] вблизи западного побережья о. Суматра, в Индонезии. Целая череда землетрясений возникла 26 декабря вдоль одного тектонического разлома. Первый толчок потряс северную часть о. Суматра, затем по цепочке толчки фиксировались до Никобарских и Андаманских островов. От них в разные стороны разошлась мощная приливная волна. Стена воды высотой до 10 м обрушилась на побережья Шри-Ланки, Индии, Индонезии, Таиланда, Малайзии. Число погибших достигло более 300 тыс. человек [29].

Как видно, эти информационные сообщения посвящены как сильным разрушительным землетрясениям (1, 4, 6, 8) мира, так и землетрясениям (2, 3, 5, 7) с меньшей магнитудой, значимым на территории России. Так, в 2004 г. анализировалось проявление сейсмической активности на западе Восточно-Европейской платформы (на территории Калининградской области), в Краснодарском крае, на Сахалине, на Камчатке.

Л и т е р а т у р а

1. Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Коломиец М.В. Служба срочных донесений ГС РАН // Землетрясения Северной Евразии в 2003 году. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 235–240.
2. Старовойт О.Е. Система информационного обеспечения о землетрясениях в России // Вестник ОГГГН РАН. – 1999. – № 1 (7). http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-99/starovt.htm#begin
3. Старовойт О.Е., Мишаткин В.Н. Сейсмические станции Российской академии наук (состояние на 2001 г.). – Москва-Обнинск: ГС РАН, 2001. – 86 с.
4. Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Международной сейсмологической школы, посвященной 100-летию открытия сейсмических станций «Пулково» и «Екатеринбург». – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.
5. Бармин М.П., Захарова А.И., Миронович В.Л., Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С. Определение координат сильных землетрясений на ЭВМ «Мир-1» в Службе срочных донесений // Физика Земли. – 1976. – № 9. – С. 87–93.
6. Jeffreys H., Bullen K.E. Seismological tables // Brit. Assoc. for the advancement of Sci. – London: Gray-Milne Trust, 1958. – 65 p.
7. Рихтер Ч. Элементарная сейсмология. – М.: ИЛ, 1963. – 670 с.

8. **Gutenberg B., Richter C.** Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seism. Soc. Am. – 1942. – 32. – N 3 – P. 163–191.
9. **Gutenberg B., Richter C.** Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seism. Soc. Am. – 1956. – 46. – N 2 – P. 105–145.
10. **Ванек И., Затопек А., Карник В., Кондорская Н.В., Ризниченко Ю.В., Саваренский Е.Ф., Соловьев С.Л., Шебалин Н.В.** Стандартизация шкал магнитуд // Известия АН СССР. – Сер. геофизическая – 1962. – № 2. – С. 153–158.
11. **Горбунова И.В., Шаторная Н.В.** О калибровочной кривой для определения магнитуды землетрясений по волнам РКИР // Физика Земли. – 1976. – № 7. – С. 77–81.
12. **Старовойт О.Е., Чернобай И.П.** Участие России в международных проектах по сейсмическим наблюдениям // Федеральная система сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений: Инф.-аналит. бюл. – М.: МЧС РФ и РАН. – 1994. – № 2. – С. 33–40.
13. **Старовойт О.Е., Габсатарова И.П., Коломиец М.В.** Использование данных и продуктов Организации по ДВЗЯИ в сейсмическом мониторинге России // Вестник НЯЦ РК. Вып.2. – Курчатов: НЯЦ РК, 2007. – С. 9–12.
14. **Касахара К.** Механика землетрясений. – М.: Мир, 1985. – С. 25.
15. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2004 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2004–2005.
16. **Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И.** Цунами: предупреждение и защита; МЧС России. – М., 2006. – С. 264. <http://www.mchs.gov.ru/mchs/library/45.PDF>
17. **Кофф Г.Л., Котлов В.Ф., Заигрин И.В., Богомолова Т.В., Чеснокова И.В.** Факторы сейсмического риска при Калининградских землетрясениях // Калининградское землетрясение 21 сентября 2004 года. Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, АНО НИИЦ «Геориск» РАЕН. Институт водных проблем РАН. РГУ им. Иммануила Канта. – Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2009. – С. 75–79.
18. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
19. **Сайт ЦОМЭ ГС РАН** <http://www.ceme.gsras.ru>
20. **Оскорбин Л.С., Бобков А.О.** Сейсмический режим сейсмогенных зон Дальнего Востока // Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Т. VI. (Проблемы сейсмической опасности Дальневосточного региона). – Южно-Сахалинск: ИМГиГ, 1997. – С. 179–197.
21. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2003 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2003–2004.
22. **Юдахин Ф.Н., Щукин Ю.К., Макаров В.И.** // Глубинное строение и современные геодинамические процессы в литосфере Восточно-Европейской платформы. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 299 с.
23. **Рейснер Г.И., Иогансон Л.И.** Сейсмический потенциал Западной России, других стран СНГ и Балтии // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. – М.: ИФЗ РАН, 1993. – С. 186–195.
24. **Сайт Национального центра информации о землетрясениях (NEIC) Геологической службы США** http://earthquake.usgs.gov/regional/world/events/1964_06_16.php.
25. **Шаторная Н.В.** Сильные землетрясения Земли в целом // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 154–158.
26. **Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебалин Н.В., Вандышева Н.В. (отв. сост.).** П б. Кавказ [50–1974 гг., $M \geq 4.0$, $I_0 \geq 5$] // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 149.
27. **Региональный бюллетень землетрясений Северного Кавказа.** – Обнинск: 1994. – Фонды ГС РАН.
28. **Рогожин Е.А.** Карта важнейших разломов Кавказского региона. – М., 1995. – 1 с. (Личный архив).
29. **Маркин В.А.** Катастрофическое землетрясение // Земля и Вселенная. – 2005. – № 2. – С. 49.