

## **СЛУЖБА СРОЧНЫХ ДОНЕСЕНИЙ ГС РАН**

**О.Е. Старовойт, Л.С. Чепкунас, М.В. Коломиец**

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

Непрерывный сейсмический мониторинг территории России и сопредельных государств, как и ранее [1], осуществлялся в 2003 г. 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.

Первый режим подробно был описан в [1–3]. Ниже представлена информация о развитии Службы срочных донесений (ССД) о сильных и ощутимых землетрясениях Геофизической службы РАН и результаты ее работы в 2003 г. Следует отметить два новых элемента:

– с апреля 2003 г. в режиме, близком к реальному времени, начали поступать волновые формы цифровой станции «Новосибирск»;

– внедрена новая программа «Xfer2wsg» для получения фрагментов волновых форм с цифровых станций.

Использовались следующие входные потоки информации:

– **волновые формы в режиме, близком к реальному времени**, с 20-ти цифровых сейсмических станций, из которых тринадцать («Арти», «Кисловодск», «Обнинск», «Талая», «Ловозеро», «Южно-Сахалинск», «Петропавловск-Камчатский», «Якутск», «Магадан», «Тикси», «Библино», «Пулково», «Новосибирск») расположены на территории России, две («Боровое», «Гарни») – на территории стран СНГ (в Казахстане и Армении), пять – за рубежом («Kongsberg» – в Норвегии, «College», «Hockley», «Albuquerque» – в США, «Ulaanbaatar» – в Монголии);

– **времена вступлений (ARRIVAL) основных сейсмических волн**, поступавшие в базу данных ORACLE в режиме, близком к реальному времени, с восьми станций Международного центра данных IDC СТВО в Вене [станции «Залесово» (Россия), «FINESS Argay» FINES (Финляндия), «Wonju Argay» (Южная Корея), «Vogoin» (Центральноафриканская Республика), «Kilima Mbogo» (Кения), «Waggamunga Argay» (Австралия), «Yellowknife Argay» (Канада), «Chiang Mai Argay» (Таиланд)] и шести станций Казахстанского национального центра данных (КНЦД) ИГИ НЯЦ в Алматы («Чкалово», «Курчатов», «Маканчи», «Восточное», «Каратау», «Зеренда»);

– **срочные сводки по телетайпу, телефону и e-mail** с цифровых и аналоговых сейсмических станций России и СНГ: девяти цифровых станций России («Москва» MOS, «Сочи» SOC, «Петропавловск-Камчатский» PET, «Магадан» MA2, «Южно-Сахалинск» YSS, «Якутск» YAK, «Иркутск» IRK, «Ельцовка» ELT, «Закаменск» ZAK), одной цифровой станции СНГ («Симферополь» SIM), четырех аналоговых станций России («Анапа» ANN, «Пятигорск» PYA, «Махачкала» MAK, «Северо-Курильск» SKR) и десяти аналоговых станций СНГ («Алма-Ата» AAA в Казахстане, «Ашхабад» ASH и «Кызыл-Арват» KAT в Туркменистане, «Кишинёв» KIS в Молдове, «Львов» LVV и «Ужгород» UZH на Украине, «Минск» MNK в Беларуси, «Ташкент» TAS в Узбекистане, «Фрунзе» FRU в Кыргызстане, «Баку» BAK 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]. Впервые в 2003 г. в ССД было организовано получение по запросам фрагментов волновых форм по стандартному протоколу передачи сейсмических данных Xfer. Этот протокол является основным для системы Near Real-Time System (NRTS), разработанной в рамках проекта IDA Калифорнийского университета в Сан-Диего, США. Для этого А.П. Акимовым [4] была составлена про-

грамма Xfer2wsg, которая позволяет запрашивать по сети Интернет данные с компьютеров, где установлено программное обеспечение, поддерживающее протокол Xfer. Это дало возможность получать фрагменты волновых форм с цифровых станций «Анапа», «Сочи», «Кисловодск», а также четырех радиотелеметрических пунктов на полигоне Кавказских Минеральных Вод («Гумбаши», «Нагутская», «Куба-Таба» и «Шиджатмаз»).

Как и ранее [1, 2], для определения основных параметров землетрясения (времени возникновения  $t_0$ , координат эпицентра  $\varphi, \lambda$ , глубины 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 широко используется обмен данными с международными сейсмологическими центрами [12, 13]. Станционные данные из Национального центра информации о землетрясениях (NEIC) Геологической службы США, Европейского Международного 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.

ССД в свою очередь 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 2003 г. в срочном режиме осуществлены сбор, сводная обработка и подача срочных донесений о 2024 землетрясениях территории стран СНГ и других стран мира, из них ощутимых на территории СНГ – 116, в том числе на территории России – 69. В табл. 1 помещено распределение этих землетрясений по магнитудам и суммарная энергия, рассчитанная по формуле

$$\lg E \text{ (эрг)} = 5.8 + 2.4 m_b \text{ [14].}$$

**Таблица 1.** Распределение числа землетрясений  $N$  по магнитудам  $MPSP$  за 2003 г.

$h$ , км	$MPSP$						$N_\Sigma$	$\Sigma E$ , $10^{15}$ Дж
	2.6–3.5	3.6–4.5	4.6–5.5	5.6–6.5	6.6–7.5	7.6–8.5		
Россия								
$\leq 70$	22	101	78	9			210	0.28
71–390	1	28	27	5			61	0.27
$\geq 391$		3	2	1	1		7	2.30
$N_\Sigma$	23	132	107	15	1		278	2.85
Земной шар								
$\leq 70$	52	404	736	201	8	1	1402	33.20
71–390	1	135	358	65			559	1.92
$\geq 391$		7	34	21	1		63	2.76
$N_\Sigma$	53	546	1128	287	9	1	2024	37.88

На рис. 1 показан рост числа землетрясений  $N$ , обработанных в службе срочных донесений в 1996–2003 гг. Увеличение в последние годы связано с использованием современных технологий приема сбора и обработки сейсмологической информации и данных цифровых станций в режиме близком к реальному времени. В 2003 г. увеличение числа землетрясений в России произошло за счет активизации сейсмичности Алтае-Саянского региона в сентябре-октябре после сильного ( $MS=7.3$ ) землетрясения 27 сентября в  $11^h33^m$ , во всем мире – за счет афтершоковых процессов от землетрясений 25 сентября в  $19^h50^m$  с  $MS=8.3$  в районе Хоккайдо и 17 ноября в  $06^h43^m$  с  $MS=7.5$  в районе Крысых островов [15].

Почти 80% землетрясений были локализованы не позднее двух часов с момента их возникновения (рис. 2). При этом среднее время передачи первого предварительного сообщения уменьшилось на 10%. Для сильных землетрясений мира и ощутимых землетрясений России оно составляло  $50^m$ .

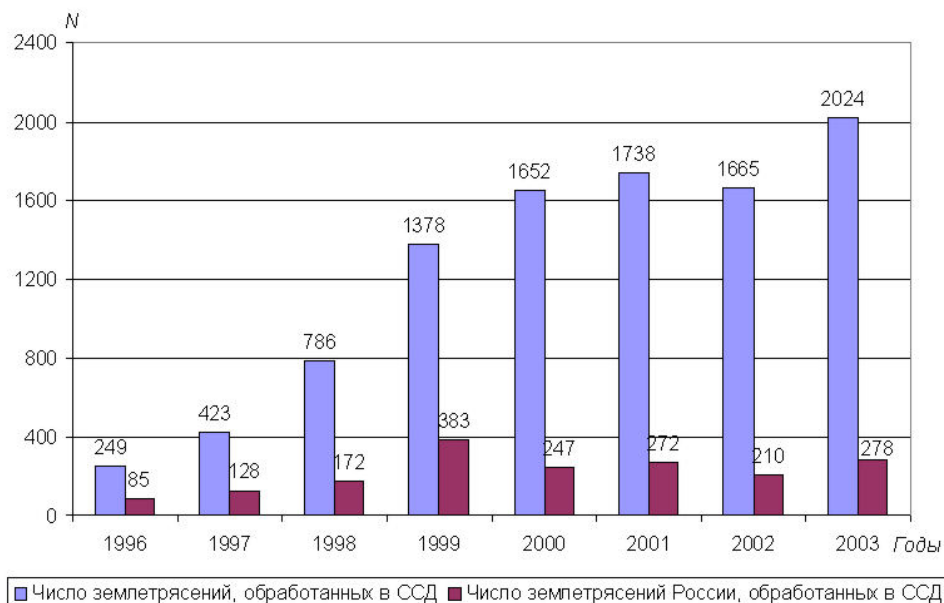


Рис. 1. Число землетрясений во всем мире и в России в частности, обработанных в Службе срочных донесений в 1996–2003 гг.

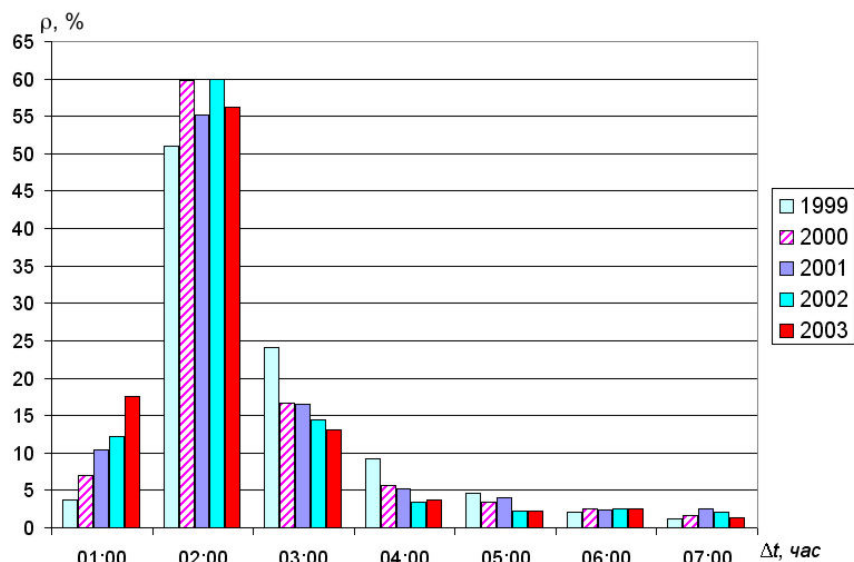


Рис. 2. Плотность  $\rho$  % распределения времени передачи срочных сообщений разной длительности о землетрясениях в 1999–2003 гг.

Максимальная интенсивность сотрясений  $I_0=9-10$  баллов [16] отмечена в 2003 г. на Алтае при землетрясении 27 сентября с  $MS=7.3$  [17]. Всего в 2003 г. подготовлено и помещено на Web-страницу ГС РАН [18] одиннадцать информационных сообщений о землетрясениях, произошедших:

– 24 февраля в 02<sup>h</sup>03<sup>m</sup> с  $MS=6.3$  [15] в Синьцзян-Уйгурском автономном районе Китая. Его эпицентр располагался в сейсмически активном регионе Южного Тянь-Шаня. Очаг приурочен к молодому активному Кашгарскому разлому, который с юга обрамляет Южный Тянь-Шань и отделяет его от Таримской впадины. Наиболее пострадал уезд Бачу, расположенный на границе Китая с Кыргызстаном и Таджикистаном. Эпицентр землетрясения удален от населенного пункта Кашгар (Китай) на 100 км, от Нарына (Кыргызстан) – 220 км. В результате землетрясения разрушено более 9 000 домов, ранено более 4 000 человек, погибших – 261. Землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками;

– 15 марта в 19<sup>h</sup>41<sup>m</sup> с  $MS=5.8$  близ восточного побережья п-ва Камчатка, очаг которого расположен в Тихом океане в 120 км к восток–юго-востоку от г. Петропавловска-Камчатского. Землетрясение ощущалось с интенсивностью 2–3 балла в Петропавловске-Камчатском и сопровождалось многочисленной серией афтершоков в первые двое суток после него;

– 1 мая в 00<sup>h</sup>27<sup>m</sup> с  $MS=6.3$  в Восточной Турции в 665 км от столицы Анкары, которое ощущалось на значительной части территории восточной Турции. Погибли 167 человек, более 500 получили ранения, разрушено большое число зданий. Территория Турции относится к тектонически активной зоне столкновения Аравийской и Евразийской тектонических плит [19], в результате чего часто происходят разрушительные землетрясения. Большая часть континентальной коры представлена Анатолийским блоком, испытывающим сжатие в западном направлении. Блок ограничен с севера Северо-Анатолийским, с юго-востока Восточно-Анатолийским разломами. Эпицентр землетрясения 1 мая приурочен к восточному краю Восточно-Анатолийского разлома [20];

– 21 мая в 18<sup>h</sup>44<sup>m</sup> с  $MS=6.6$  в прибрежной северной части Алжира, в 60 км к востоку от столицы, в результате которого погибли 538 человек, около 5000 ранены, имеются разрушения. Землетрясение вызвало панику среди населения. Наиболее пострадали города Фения и Рубеа. Это землетрясение дополнило ряд катастрофических землетрясений, известных на территории этого государства в прошлом веке: 09.09.1954 г. с магнитудой  $M=6.7$ , когда погибли более 1000 человек; 10.10.1980 г.  $M=7.1$ , унесшего жизни не менее 5000 человек; 29.10.1989 г.  $M=5.9$ , погибших 30 человек [21];

– 22 мая в 18<sup>h</sup>11<sup>m</sup> с  $MS=5.5$  на границе Казахстан-Кыргызстан, в 15 км от г. Джамбул (Казахстан), 65 км от г. Талас и в 160 км от г. Бишкек (Кыргызстан), в 230 км от г. Наманган (Узбекистан) и ощущалось на значительной территории Средней Азии: в Кыргызстане (с. Луговое – с  $I=6$  баллов, Бишкек – 4–5 баллов), в Казахстане (Алма-Ата – 3–4 балла), в Узбекистане (Андижан, Ташкент – 2–3 балла);

– 16 июня в 22<sup>h</sup>08<sup>m</sup> с  $MS=6.2$  на Восточном побережье п-ва Камчатка, в долине р. Сторож, в 280 км к северо-востоку от г. Петропавловска-Камчатского и в 130 км к югу от г. Ключи. Гипоцентр с  $h=200$  км приурочен к зоне Беньоффа [22]. Землетрясение ощущалось в Камчатской области: в Усть-Камчатске и Крутоберегово с интенсивностью 5 баллов, Петропавловске-Камчатском – до 4 баллов, Ключах – 3 балла, Елизово – 2 балла;

– 23 июня в 12<sup>h</sup>12<sup>m</sup> с  $MS=7.1$  на Крысьих островах, Алеуты. Землетрясение произошло в сейсмически активном районе, в 85 км к северо-западу от вулкана Кыска;

– 16 сентября в 11<sup>h</sup>24<sup>m</sup> с  $MS=5.8$  в районе оз. Байкал [23]. Оно ощущалось в ряде поселков Бурятии и Иркутской области (Кумора, Уоян, Даван с интенсивностью 5 баллов, Нижнеангарск, Северобайкальск – 4 балла, Магистральный, Таксимо, Бодайбо, Улюнхан, Северомуйск – 3–4 балла, Неляты – 3 балла) и в городах (Чита – 3 балла, Иркутск – 2 балла). Отметим также в пограничной области России и Монголии еще три ощутимых землетрясения: 17 сентября в 02<sup>h</sup>59<sup>m</sup> с  $MS=4.4$ , вызвавшее сотрясения с  $I=5$  баллов в Монды, 3–4 балла – в Аршане и Иркутске, 3 балла – в Ангарске, 2 балла – в Орлике; 18 сентября в 23<sup>h</sup>03<sup>m</sup> с  $MS=3.7$  – с  $I=3$  балла в пос. Монды; 20 сентября в 09 в 05<sup>h</sup>01<sup>m</sup> с  $MS=4.2$  – с интенсивностью 2 балла в пос. Орлик;

– 25 сентября в 19<sup>h</sup>50<sup>m</sup> с  $MS=8.4$  на севере Японии. Эпицентр разрушительного землетрясения располагался близ о. Хоккайдо. Землетрясение сопровождалось цунами по всему побережью Японских островов. На юге Курильских островов, в Южно-Курильске оно вызвало сотрясения с интенсивностью до 5 баллов. Землетрясение произошло в сейсмически активном регионе и сопровождалось большим числом афтершоков;

– 27 сентября в 11<sup>h</sup>33<sup>m</sup> с  $MS=7.3$  Алтайское землетрясение [16], ощущавшееся на обширной территории России и в Казахстане [24]. Обращаясь к сейсмической истории [25] можно назвать четыре сильнейшие землетрясения с  $M>8$ , произошедшие в Алтае-Саяно-Монгольской орогенной области: Монгольское (09.12.1761 г. с  $M=8.3$ ), Цэцэрлэгское (09.07.1905 г. с  $M=8.2$ ), Монгольско-Алтайское (10.08.1931 г. с  $M=8$ ) и Гоби-Алтайское (04.12.1957 г. с  $MS=8.1$ ), самое южное в этой зоне. Непосредственно в эпицентральной зоне землетрясения 27 сентября за период около 80 лет известны лишь два толчка с магнитудами, меньшими на 2–3 единицы: 14.09.1923 г. с  $M=6.0$  и 20.09.1960 г. с  $M=5.1$ . Сеймотектонические исследования [26] в сопряженных с Горным Алтаем районах Монголии и северо-западного Китая выявили высокий

сейсмический потенциал Горного Алтая, характеризующийся максимально возможной магнитудой ожидаемых землетрясений в  $7.5 \pm 0.2$  [27]. Средний интервал повторения сильнейших землетрясений зависит от местных структурно-геологических условий и оценивается от 1000 до 3000 лет.

– 26 декабря в  $01^{\text{h}}56^{\text{m}}$  с  $MS=6.5$  на юго-востоке Ирана с эпицентром вблизи уездного г. Бам провинции Керман. Этот древний город с населением около 100 000 человек был разрушен практически на 90 %. Жертвами стихии стали более 41 000 человек. Землетрясение произошло в сейсмически активном регионе, характеризующемся многочисленными катастрофическими землетрясениями в XX столетии, унесшими жизни, по крайней мере, 126 000 человек [28, 29]. Наиболее сильные из них произошли 16.09.1978 г. с  $MS=7.8$  [30] и 20.06.1990 г. с  $MS=7.7$  [31].

### 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, 2002 г. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 267–273.
2. Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Коломиец М.В. Служба срочных донесений ГС РАН // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 252–258.
3. Старовойт О.Е. Система информационного обеспечения о землетрясениях в России // Вестник ОГГГН РАН. – 1999. – № 1 (7).
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. – № 3. – P. 163–191.
9. Gutenberg B., Richter C. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seism. Soc. Am. – 1956. – 46. – № 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. геофизич. – 1962. – № 2. – С. 153–158.
11. Горбунова И.В., Шаторная Н.В. О калибровочной кривой для определения магнитуды землетрясений по волнам РККР // 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 2003 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2003–2004.
16. Рогожин Е.А., Овсяченко А.Н., Мараханов А.В. Сеймотектонические и сейсмогравитационные проявления Алтайского землетрясения 27 сентября 2003 г. с  $M=7.3$ ,  $I_0=9-10$  (Горный Алтай). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).

17. Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. Параметры землетрясения 27 сентября 2003 года на Алтае по инструментальным данным // Вестник ОГГГГН РАН. – 2003. – № 21.
18. Сайт ГС РАН <http://www.ceme.gsras.ru>
19. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). – М.: Научный мир, 2001. – С. 13–17, 38–452.
20. Чепкунас Л.С., Болдырева Н.В., Пойгина С.Г. Оперативная обработка землетрясений мира по телесеismicким наблюдениям ГС РАН. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
21. <http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqarchives/poster/2003/20030521.php>
22. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики. – М.: КГУ, 2005. – 553 с.
23. Радзиминович Н.А., Гилёва Н.А., Радзиминович Я.Б., Кустова М.Г., Чечельницкий В.В., Мельникова В.И. Куморское землетрясение 16 сентября 2003 года с  $M_w=5.6$ ,  $K_p=14.3$ ,  $I_0=7$  (Прибайкалье). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
24. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.И., Фатеев А.В., Филина А.Г. Чуйское землетрясение 27 сентября 2003 г. с  $M_s=7.3$ ,  $K=17$  (Горный Алтай). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
25. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. Ч. II. Сейсмологические данные по регионам / Ред. Н.В. Кондорская, Н.В. Шебалин. – М.: Наука, 1977. – С. 298–333.
26. Рогожин Е.А., Платонова С.Г. Очаговые зоны сильных землетрясений Горного Алтая в голоцене. – М.: ОИФЗ РАН, 2002. – 130 с.
27. Захарова А.И., Рогожин Е.А. Сейсмический режим Горного Алтая и сильное землетрясение 2003 г. // Сильное землетрясение на Алтае 27 сентября 2003 г. Материалы предварительного изучения. – М.: ИФЗ, ГС РАН, 2004. – С. 50–54.
28. <http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqarchives/poster/2003/20031226.php>
29. Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. Хроника сейсмичности Земли: трагедия города Бам в Иране // Земля и Вселенная. – 2004. – № 3. – С. 102–104.
30. PDE (Preliminary determination of epicenters). U.S. Department of the Interior // Geological Survey National Earthquake Information Service. – Monthly listing, September, 1978. – P. 7.
31. PDE (Preliminary determination of epicenters). U.S. Department of the Interior // Geological Survey National Earthquake Information Service. – Monthly listing, June, 1990. – P. 10–11.