

**ОПЕРАТИВНАЯ ОБРАБОТКА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ МИРА  
ПО ТЕЛЕСЕЙСМИЧЕСКИМ НАБЛЮДЕНИЯМ ГС РАН**

**Л.С. Чепкунас, Н.В. Болдырева, С.Г. Пойгина**

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

Оперативный сейсмологический бюллетень в 2007 г., так же, как и ранее [1], составлялся на основе следующих потоков входной информации:

– ежедневных оперативных сводок со станций России и СНГ, поступавших по электронной почте (в коде МСК-85);

– сводок по конкретным землетрясениям (в коде МСК-85), формируемых в Службе срочных донесений (ССД) [2] по данным цифровых станций, участвующих при сводной обработке по программе WSG [3] на основе волновых форм, поступивших в Обнинск в режиме, близком к реальному времени;

– оперативных сводок, создаваемых в Информационно-обрабатывающем центре (ИОЦ) ГС РАН: для десяти цифровых станций («Абакан», «Красноярск», «Кызыл», «Большая речка», «Кутурчин», «Орьё», «Табат», «Тиберкуль», «Хову-Аксы») – по результатам выборочной обработки записей волновых форм землетрясений Восточной Сибири, Алтая, Монголии, пограничных территорий России с Монголией и Дальнего Востока, получаемых в режиме, близком к реальному времени; для станции «Владивосток» – по результатам обработки волновых форм записей землетрясений из регионов Дальнего Востока, Монголии и границы России с Монголией, получаемых с дисков;

– оперативных сводок из региональных сейсмологических центров России и СНГ по 11 станциям Камчатского филиала ГС РАН, семи – Сахалинского филиала ГС РАН и 13 – Казахстанского национального центра данных;

– оперативных сводок, создаваемых в ИОЦ ГС РАН из ежедекадных станционных бюллетеней на бумажных носителях по данным десяти телесейсмических и региональных станций, из которых семь («Бодайбо», «Гофицкое», «Закаменск», «Кульдур», «Монды», «Северо-Курильск», «Чита») расположены в России и три («Львов», «Ужгород», «Делиси») – в СНГ;

– ежемесячных бюллетеней Алтае-Саянского и Байкальского филиалов ГС СО РАН со сводной обработкой землетрясений Алтая, Саян, пограничных областей России с Монголией и Китаем, Байкальской зоны;

– ежемесячных бюллетеней Магаданского филиала ГС РАН со сводной обработкой землетрясений Северо-Востока России;

– ежемесячных бюллетеней Дагестанского, Северо-Осетинского филиалов ГС РАН и лаборатории сейсмического мониторинга КМВ ГС РАН со сводной обработкой землетрясений Восточного и Северного Кавказа;

– ежедневных оперативных сводок из 11 стран мира (Болгария, Германия, Голландия, Дания, Польша, Португалия, Румыния, Словакия, США, Финляндия, Чехия), поступавших по электронной почте;

– бюллетеней сводной обработки землетрясений со станционными данными сети сейсмических станций Крыма для землетрясений западной зоны Северного Кавказа, Турции и Румынии, поступавших из Симферополя согласно научно-техническому договору с отделом сейсмологии Института геофизики НАН Украины;

– сейсмологических каталогов и бюллетеней международных сейсмологических центров США (NEIC), Австрии (IDC) и Франции (CSEM), содержащих результаты сводной обработки землетрясений и станционные данные.

Всего в Оперативной службе ГС РАН в 2007 г. использовались данные 731 сейсмической станции ГС РАН и мировой сети, изображенных на рис. 1. Как видно, подавляющее число используемых станций размещено в Северном полушарии, особенно в районах самой высокой плотности населения – в Европе. Список всех станций дан в Приложении к наст. сб. [4]. Проведено сравнение списка станций, участвовавших в оперативной службе в 2006 [5] и 2007 гг. [4]. Сравнение показало, что в 2006 г. в оперативной службе участвовало 737 станций, из них в 2007 г. нет 56 станций, в том числе 14 российских. В 2007 г. – 731 станция, из них в 2006 г. не было 52 станций, в т.ч. 9 российских.

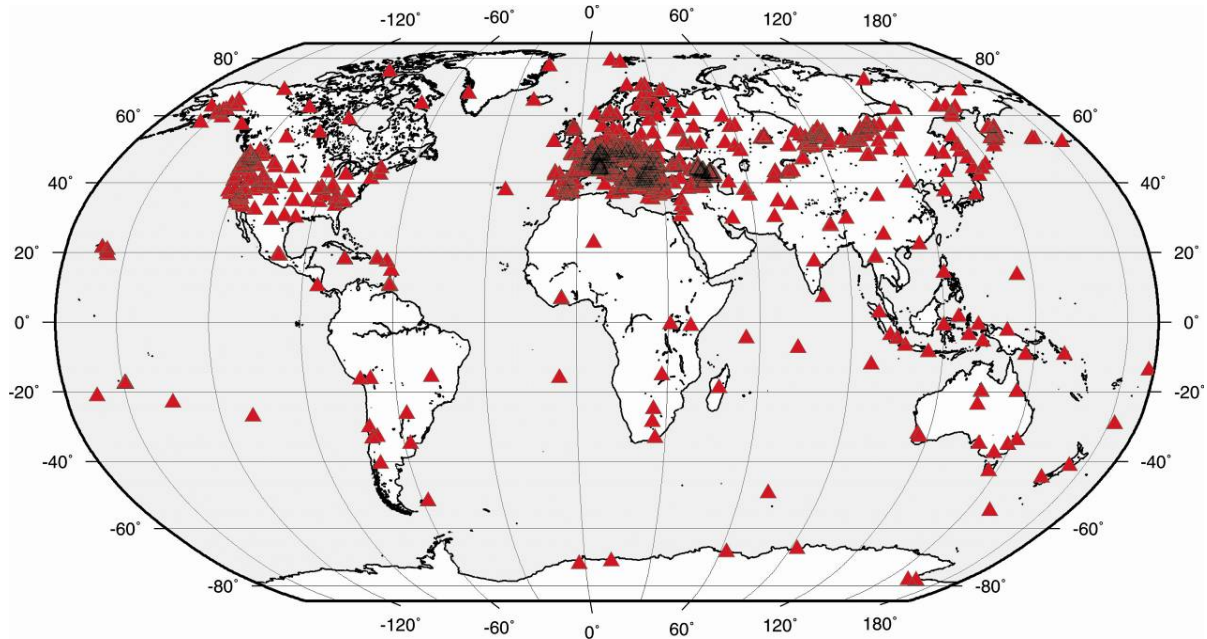


Рис. 1. Сейсмические станции мира, данные которых использовались при составлении Сейсмологического бюллетеня за 2007 г.

Сеть станций ГС РАН на территории России, участвовавших в оперативной обработке в 2007 г., по сравнению с таковой в 2006 г. [1], количественно почти не изменилась. 28 июля из-за пожара прекратила работу станция IRIS «Магадан» (МА2), вместо нее 17 сентября 2007 г. на новом месте открыта цифровая станция «Магадан» (NMA2,  $\varphi=59.55^\circ\text{N}$ ,  $\lambda=150.80^\circ\text{E}$ ,  $h=50\text{ м}$ ), оснащенная сейсмометрами СМЕ-4011 [6].

Описанная сеть станций обеспечила в 2007 г., как это следует из графика повторяемости, построенного для 6156 землетрясений с  $h \leq 70\text{ км}$  (рис. 2), значение уровня представительной магнитуды для всей Земли  $M_{\min}=5.0$ . Уравнение графика имеет вид:

$$\lg N = (6.9 \pm 0.07) - (0.78 \pm 0.01) \cdot MS. \quad (1)$$

Для его построения использованы наблюдаемые магнитуды землетрясений  $MS$  ( $N_{MS}=1317$ ) и пересчетные магнитуды  $MS^*$  ( $N_{MS^*}=4839$ ) из [7, 8] по формуле из [9]:

$$MS^* = 1.59 \cdot MPSP - 3.67, \quad h \leq 70\text{ км}. \quad (2)$$

Выходные потоки информации включали ежедекадные оперативные каталоги и сейсмологические бюллетени ГС РАН [7, 8], т.е. 36 выпусков за год, а также их регулярное размеще-

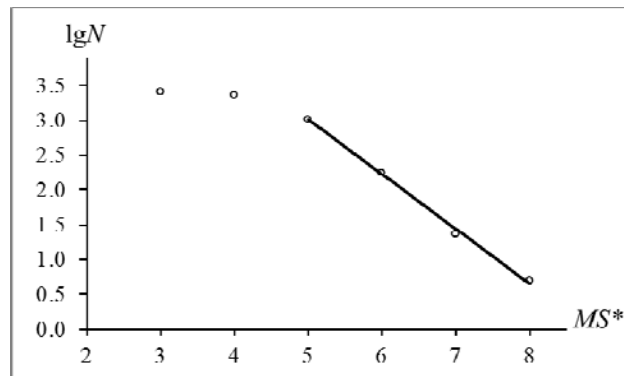


Рис. 2. График повторяемости землетрясений Земли с  $h \leq 70\text{ км}$  за 2007 г.

ние на Web-странице ГС РАН ([www.ceme.gsras.ru](http://www.ceme.gsras.ru)). Их рассылка осуществлялась в основном по электронной почте в заинтересованные государственные учреждения и региональные сейсмологические центры России (57 адресов), в сейсмологические центры СНГ (14 адресов), а также в международные сейсмологические центры в Великобритании (ISC) и США (NEIC).

**Методика расчета** основных параметров землетрясений, по сравнению с таковой в [1], не изменилась. Координаты гипоцентра ( $\phi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) и время  $t_0$  возникновения землетрясения определялись по программе ЭПИ-74 [10] с использованием телесейсмических [11–13] и региональных [14, 15] годографов на основании данных о временах прихода продольных  $P$ (PKIKP)-волн на сейсмические станции. Максимум поверхностных волн  $LRM$  выделялся в соответствии с годографами [16–18], определение магнитуд  $MS$  и  $MPSP$  производилось по максимальной скорости смещения  $(A/T)_{\max}$  в поверхностных и объемных волнах и соответствующим калибровочным кривым [18–22].

Оперативный сейсмологический каталог за 2007 г. включает параметры 7438 землетрясений с  $MPSP=3.4-7.4$  [8].

Распределение землетрясений Земли с  $M$  ( $MS$ ,  $MPLP$ ,  $MPSP$ )  $\geq 6.0$  в зависимости от магнитуды, но без дифференциации их по глубинам очагов, приведено в табл. 1 в сопоставлении с аналогичными данными за предыдущие 16 лет [1]. Как видим, в 2007 г. число землетрясений в интервале  $M=6.0-6.9$  составило  $N=185$ , что выше среднего  $N=142 \pm 30$  за 17 лет, в диапазоне  $M=7.0-7.9$  оно равно  $N=20$  и также выше среднего значения  $N=13 \pm 4$ .

**Таблица 1.** Распределение числа землетрясений Земли в различных интервалах магнитуд с  $M \geq 6.0$  за 1991–2007 гг.

Год	$N(\Delta M)$			$N_{\Sigma}$	Год	$N(\Delta M)$			$N_{\Sigma}$
	6.0–6.9	7.0–7.9	8.0–8.9			6.0–6.9	7.0–7.9	8.0–8.9	
1992	117	13		130	2003	138	14	2	154
1993	97	7		104	2004	153	14	3	170
1994	136	14	1	151	2005	190	13	1	204
1995	242	28		270	2006	154	15	2	171
1996	217	15		232	Сумма за 15 лет	2147	200	8	2355
1997	151	5		156	Среднее за 15 лет	143.1	13.3	0.5	157
1998	113	12		125	2007	185	20	3	208
1999	159	21		180					
2000	169	17		186					
2001	126	16	1	143					
2002	139	11		150					

Распределение числа землетрясений Земли по интервалам глубин и магнитуд  $MS$  и суммарная сейсмическая энергия в 2007 г. даны в табл. 2. Для построения табл. 2 использованы наблюдаемые магнитуды землетрясений  $MS$  и пересчетные ( $MS^*$ ) по формуле (2) для неглубокофокусных землетрясений, а для глубокофокусных – по формулам (3) и (4) из [9]:

$$MS^* = 1.77 MPSP - 5.2, h = 71-390 \text{ км}, \quad (3)$$

$$MS^* = 1.85 MPSP - 4.9, h > 390 \text{ км}. \quad (4)$$

Сейсмическая энергия, в отличие от предыдущих лет, рассчитывалась только из  $MS$  ( $MS^*$ ) по формуле К. Касахара [23]:

$$\lg E, \text{ эрг} = 11.8 + 1.5 MS, \text{ или } \lg E, \text{ Дж} = 4.8 + 1.5 MS. \quad (5)$$

По данным Сейсмологического бюллетеня ГС РАН [7], общее количество выделившейся в 2007 г. энергии на земном шаре равно  $\Sigma E = 644.59 \cdot 10^{15}$  Дж, что больше таковой в 2005 г. ( $\Sigma E = 221.48 \cdot 10^{15}$  Дж [1]) и 2006 г. ( $\Sigma E = 196.64 \cdot 10^{15}$  Дж [1]). Это связано, прежде всего, с резким ростом сейсмической энергии в Индийском сейсмическом поясе (IV) за счет двух катастрофических землетрясений с  $MS=8.3$  и  $8.0$ , произошедших 12 января на о. Южная Суматра, а также в Тихоокеанском поясе за счет землетрясения в районе Курильских островов с  $MS=8.2$  13 января. Характеристики землетрясений в этих поясах в 2007 г. рассматриваются ниже более детально.

**Таблица 2.** Распределение общего числа землетрясений Земли в Сейсмологическом бюллетене [7] по интервалам глубин и магнитуд  $MS(MS^*)$  и суммарная сейсмическая энергия в 2007 г.

$h$ , км	$MS(MS^*)$							$N_{\Sigma}$	$\Sigma E$ , $10^{15}$ Дж
	$\leq 2.5$	2.6–3.5	3.6–4.5	4.6–5.5	5.6–6.5	6.6–7.5	7.6–8.5		
$\leq 70$	489	2069	2348	1044	178	23	5	6156	507.6
71–390	525	344	127	44	22	5	4	1071	136.2
$> 390$	36	58	81	28	8	–	–	211	0.8
$N_{\Sigma}$	1050	2471	2556	1116	208	28	9	7438	644.6

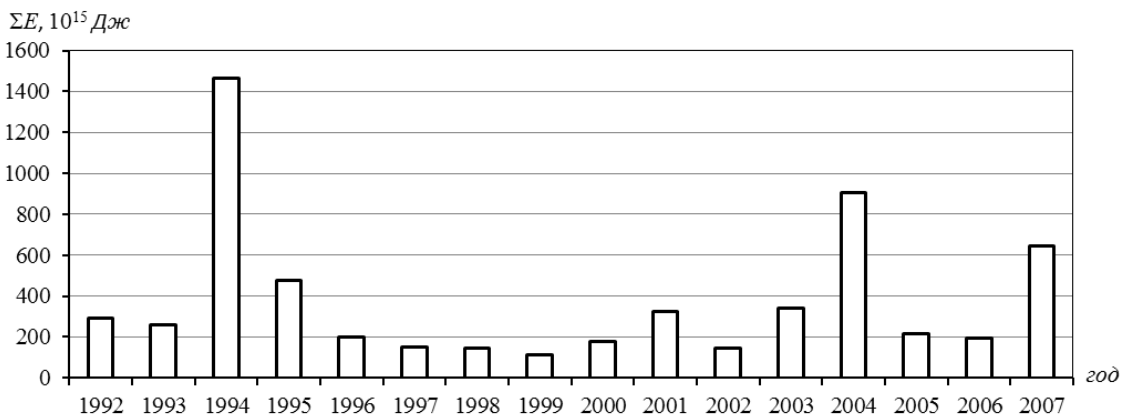
Распределение суммарной сейсмической энергии, выделившейся в 2007 г. при землетрясениях с  $M(MS, MPLP, MPSP) \geq 6.0$  в различных сейсмических поясах приведено в табл. 3.

**Таблица 3.** Распределение числа землетрясений с  $M \geq 6.0$  и суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E$  по сейсмическим поясам в 2007 г.

№	Сейсмический пояс	Число землетрясений с $M$		$\Sigma E$ , $10^{15}$ Дж
		6.0–6.9	$\geq 7.0$	
I	Тихоокеанский	140	20	369.1
II	Трансазиатский	5	–	0.4
III	Атлантический	7	–	22.9
IV	Индийский	31	3	247.2
V	Восточно-Африканские грабены	2	–	0.03
	Сумма	185	23	639.6

Как и в 2005–2006 гг. [1], в табл. 3 включен сейсмический пояс V (Восточно-Африканские грабены [24]), связанный с внутренними разломами континентальных структур, т.к. в его пределах в 2007 г. произошло два сильных ( $MPSP \geq 6.0$ ) землетрясения: 12 февраля у северо-западной оконечности Африки с  $MPSP=6.3$  и 28 марта в районе оз. Танганьика с  $MPSP=6.0$ .

На рис. 3 показано распределение сейсмической энергии землетрясений за 1992–2007 гг. по данным [1, 7, 25], рассчитанной единообразно из  $MS(MS^*)$  по формуле (5) из [23]. Как видим, уровень выделившейся в 2007 г. сейсмической энергии третий по величине за последние 16 лет.



**Рис. 3.** Годовые значения сейсмической энергии землетрясений Земли в 1992–2007 гг.

На рис. 4 представлено географическое распределение землетрясений Земли. На карте показаны границы основных сейсмических поясов по [24] – Тихоокеанского (I), Трансазиатского (II), Атлантического (III), Индийского (IV), Африканского грабена (V).

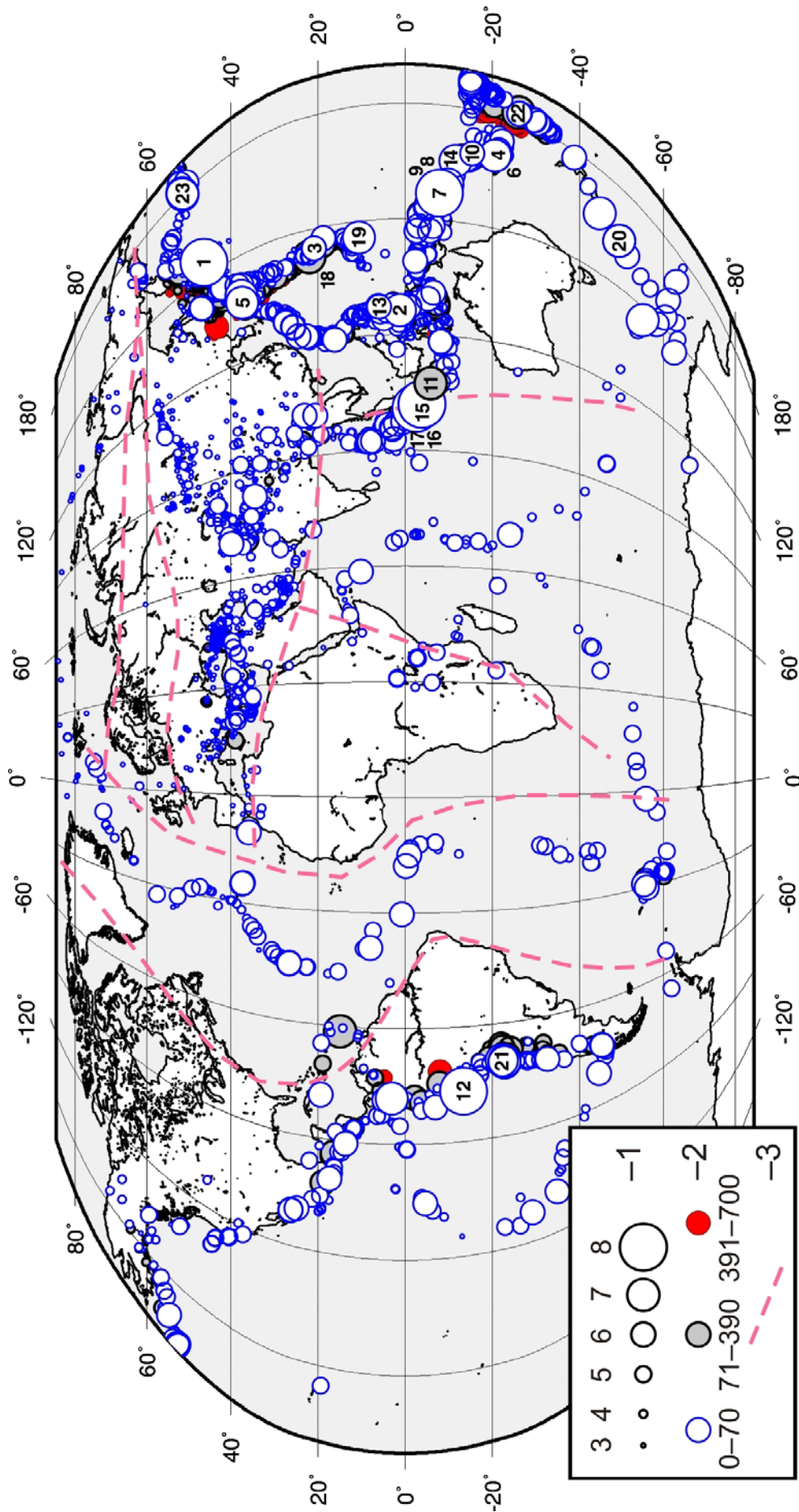


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений Земли за 2007 г.

1 – магнитула  $M_S/M_S^*$ ; 2 – глубина  $h$  гипоцентра, км; 3 – граница сейсмического пояса.

Далее дано описание распределения землетрясений в пределах границ сейсмических поясов в 2007 г., приведен список наиболее сильных землетрясений и таблица их механизмов, а затем дано описание сильнейших землетрясений.

Из 23 сильнейших землетрясений Земли с  $M (MS, MPLP, MPSP) \geq 7.0$ , список которых приведен в табл. 4, 20 землетрясений (1–14, 18–23) локализованы в Тихоокеанском сейсмическом поясе; три (15–17) – в Индийском поясе на о. Южная Суматра.

Таблица 4. Список сильных землетрясений мира с  $M \geq 7.0$  в 2007 г.

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$M_0$ , Н·м (OBN)	Магнитуды			Сейсмический пояс	Географический регион [26]
			$\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$			MS/n	MPLP/n	MPSP/n		
1	13.01	04 23 25.2	46.214	154.514	54		8.2/71	7.9/8	7.4/75	I	Восточнее Курильских островов
2	21.01	11 27 44.5	1.174	126.324	33f	$1.5 \cdot 10^{20}$	7.2/86	7.1/8	7.0/64	I	Север Молуккского моря
3	30.01	21 37 44.7	20.917	144.885	33f		6.5/88	7.0/6	6.6/98	I	Марианские острова
4	25.03	00 40 01.2	-20.566	169.336	36		7.0/73		6.7/54	I	Острова Вануату
5	25.03	00 41 58.5	37.329	136.596	23	$1.2 \cdot 10^{19}$	7.0/50	7.0/13	6.2/139	I	Западное побережье Хонсю, Япония
6	25.03	01 08 17.5	-20.691	169.327	27		7.0/15		6.2/35	I	Острова Вануату
7*	01.04	20 40 00.9	-7.819	157.028	33f	$4.5 \cdot 10^{20}$	7.8/84	7.5/5	6.9/36	I	Соломоновы острова
8	01.04	20 47 34.6	-7.096	155.835	33f		7.5/6		6.7/27	I	Соломоновы острова
9	01.04	21 11 36.0	-7.252	155.791	33f		7.1/8		6.5/63	I	Соломоновы острова
10	01.08	17 08 53.5	-15.682	167.693	147		6.8/43	7.0/6	6.2/64	I	Острова Вануату
11	08.08	17 04 56.6	-5.856	107.724	292		6.7/20	7.2/10	6.4/44	I	Ява, Индонезия
12*	15.08	23 40 55.8	-13.327	-76.770	33f		7.9/74		6.6/105	I	Побережье Перу
13	20.08	13 46 19.4	6.205	127.467	33f		6.2/87	7.1/10	6.8/66	I	Район Филиппинских островов
14	02.09	01 05 17.2	-11.491	165.814	38	$1.1 \cdot 10^{20}$	7.1/61	7.1/5	5.9/52	I	Острова Санта-Крус
15	12.09	11 10 28.5	-3.857	102.023	34	$5.6 \cdot 10^{20}$	8.3/53	7.8/8	6.9/70	IV	Южная Суматра, Индонезия
16*	12.09	23 49 02.1	-2.537	100.893	33f	$7.2 \cdot 10^{20}$	8.0/81	7.7/8	6.8/74	IV	Южная Суматра, Индонезия
17	13.09	03 35 28.1	-2.066	99.704	27	$5.8 \cdot 10^{19}$	7.2/102	7.0/6	6.4/117	IV	Южная Суматра, Индонезия
18*	28.09	13 38 57.6	21.985	142.758	270		7.1/40	7.1/5	6.9/99	I	Район Марианских островов
19	30.09	02 08 32.1	10.666	145.696	33f	$2.7 \cdot 10^{19}$ (ARU)	7.0/107	7.0/4	6.7/90	I	Южнее Марианских островов
20	30.09	05 23 37.3	-49.307	163.904	37		7.3/82	7.3/4	6.1/24	I	Район островов Окленд, Новая Зеландия
21*	14.11	15 40 47.8	-22.205	-69.823	33f		7.4/88		6.9/113	I	Северное Чили
22	09.12	07 28 20.1	-25.939	-177.585	158		7.0/20	7.2/4	6.7/28	I	Южнее островов Фиджи
23	19.12	09 30 27.2	51.392	-179.475	42	$7.0 \cdot 10^{19}$	6.9/90	7.0/9	6.5/123	I	Андреяновские острова, Алеуты

Примечание. Знак \* указывает на наличие в [7] параметров механизма очага по первым вступлениям  $P$ -волн; в графе 6 буквой «f» индексирована фиксированная глубина.

В табл. 5 и на рис. 5 представлены решения механизмов очагов всех землетрясений, кроме (8). Для землетрясений (1, 7, 12, 15, 18, 21) они получены в ГС РАН [7] по знакам первых вступлений продольных  $P$ -волн по программе А.В. Ландера [27], а для (2–6, 9–11, 13, 14, 16, 17, 19–20, 22, 23) – по методу тензора момента центра (ТМЦ) по данным Колумбийского университета США (код GCMT) [28]. Отметим согласованность решений, полученных разными методами.

Таблица 5. Механизмы очагов сильных землетрясений мира в 2007 г.

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	Магнитуды			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
				$M_w$	$MS$	$MPSP$	$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$			
							$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	13.01	04 23 25.2	54	8.1	8.2	7.4	12	310	20	45	66	192	16	37	-125	237	60	-66	MOS
2	21.01	11 27 44.5	33f	7.4*	7.2	7.0	75	68	10	200	11	292	34	35	108	193	57	78	GCMT
3	30.01	21 37 44.7	33f	6.6	6.5	6.6	48	111	33	247	23	353	237	76	124	128	37	24	GCMT
4	25.03	00 40 01.2	36	7.1	7.0	6.7	81	68	1	334	9	244	154	54	91	333	36	89	GCMT
5	25.03	00 41 58.5	23	6.7*	7.0	6.2	77	51	11	201	6	292	34	40	108	192	52	76	GCMT
6	25.03	01 08 17.5	27	6.9	7.0	6.2	76	80	3	337	14	246	159	59	94	331	31	83	GCMT
7	01.04	20 40 00.9	33f	7.7*	7.8	6.9	59	91	18	329	24	231	288	26	46	155	72	109	MOS
9	01.04	21 11 36.0	33f	6.9	7.1	6.5	62	117	25	125	11	229	160	61	119	291	40	49	GCMT
10	01.08	17 08 53.5	147	7.2	6.8	6.2	73	114	5	6	17	274	330	30	155	82	78	62	GCMT
11	08.08	17 04 56.6	292	7.5	6.7	6.4	49	321	27	88	28	194	82	78	62	330	30	155	GCMT
12	15.08	23 40 55.8	33f	8.0	7.9	6.6	63	70	9	321	25	227	296	21	63	145	71	100	MOS
13	20.08	13 46 19.4	33f	6.4	6.2	6.8	5	70	2	340	85	231	339	50	-92	162	40	-88	GCMT
14	02.09	01 05 17.2	38	7.3*	7.1	5.9	67	49	4	149	82	240	147	67	86	338	23	101	GCMT
15	12.09	11 10 28.5	34	7.8*	8.3	6.9	53	29	3	123	37	216	328	9	114	123	82	86	GCMT
16	12.09	23 49 02.1	33f	7.9*	8.0	6.8	51	32	5	297	38	203	261	8	54	117	84	95	MOS
17	13.09	03 35 28.1	27	7.1*	7.2	6.4	55	42	0	132	35	222	312	10	90	132	80	90	GCMT
18	28.09	13 38 57.6	270	7.5	7.1	6.9	71	304	14	81	12	174	282	35	115	72	59	73	MOS
19	30.09	02 08 32.1	33f	6.9*	7.0	6.7	19	333	71	149	1	242	16	76	167	109	77	15	GCMT
20	30.09	05 23 37.3	37	7.4	7.3	6.1	67	39	18	181	13	276	170	61	69	29	36	123	GCMT
21	14.11	15 40 47.8	33f	7.7	7.4	6.9	62	51	11	162	25	257	9	22	119	158	71	79	MOS
22	09.12	07 28 20.1	158	7.8	7.0	6.7	55	204	19	84	28	343	269	75	110	34	25	38	GCMT
23	19.12	09 30 27.2	42	7.2*	6.9	6.5	62	319	10	67	26	162	274	21	118	64	72	80	GCMT

Примечание. Параметры землетрясений в графах 2–4, 6 и 7 соответствуют таковым в каталоге [8]; в графе 5 дана  $M_w$ , полученная при определении механизма очага: по методу ТМЦ [28] – для землетрясений (1, 3, 4, 6, 9–13, 18, 20–22); знаком \* выделено определение  $M_w$  в ГС РАН [7] для землетрясений (2, 5, 7, 15–17, 23) по станции OBN, для (14) – TLY, (19) – ARU.

Ниже приводятся описания решений механизмов очагов 22 землетрясений из табл. 5 по сейсмическим поясам I и IV. При их описании приводится магнитуда  $MS$  из табл. 4.

**В пределах Тихоокеанского пояса (I)** сосредоточена большая часть (87%) сильных ( $M \geq 7.0$ ) землетрясений (1–14, 18–23).

Симуширское-II землетрясение (1) с  $MS=8.2$  произошло 13 января в районе Курильских островов под действием напряжений растяжения, ориентированных на северо-запад. Одна нодальная плоскость  $NP1$  имеет северо-восточное простирание ( $STK=16^\circ$ ) и залегает более полого ( $DP=37^\circ$ ), чем  $NP2$  ( $DP=60^\circ$ ) юго-западного простирания ( $STK=237^\circ$ ). Движение по обеим плоскостям представлено сбросом с элементами сдвига (по плоскости  $NP1$  – правостороннего, по плоскости  $NP2$  – левостороннего). Землетрясение 13 января 2007 г. – второе сильнейшее на Средних Курилах за последнее время, первое произошло 15 ноября 2006 г. с  $MS=8.0$ . Этим событиям в наст. сб. посвящена отдельная статья [29]. Землетрясения вызвали огромный интерес, им посвящены многочисленные публикации [30–35] как в России, так и за рубежом, оба они сопровождалась цунами практически во всей акватории Тихого океана [30, 34].

В [34] подчеркивается, что цунами от Симуширского-I землетрясения 15.11.2006 г. с  $MS=8.0$  было наиболее интенсивным транстихоокеанским цунами за последние 42 года (после Аляскинского землетрясения 28.03.1964 г. с  $M=8.3$ ). Высокая вероятность возникновения сильного ( $M_w > 8.5$ ) землетрясения и связанного с ним разрушительного цунами в этом районе была выявлена заранее, район предполагаемого очага землетрясения был исследован, а возможные сценарии развития цунами были промоделированы. На основе GPS-наблюдений наиболее предпочтительным представляется источник цунами дипольного типа.



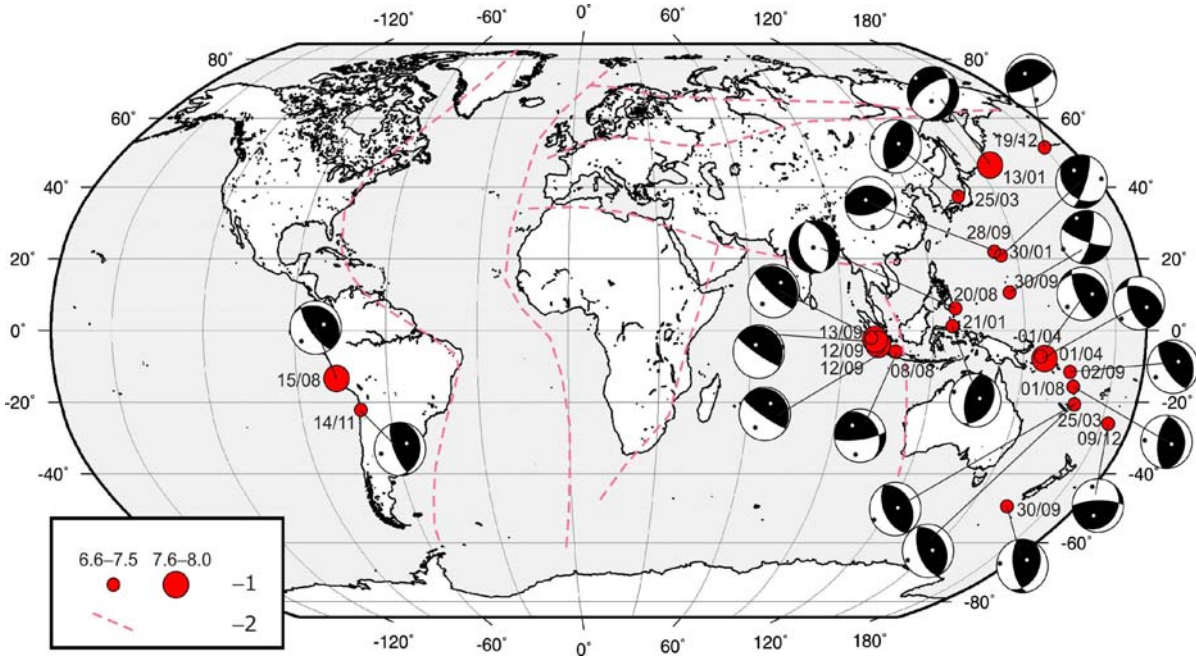


Рис. 5. Стереогаммы механизмов очагов сильных землетрясений за 2007 г. в проекции нижней полусферы.

1 – магнитуа  $MS/MS^*$ ; 2 – граница сейсмического пояса.

Предполагается [35], что землетрясения Симуширское-I и Симуширское-II представляли собой характерный для района Средних Курил «дуплет»: два толчка через малый промежуток времени при небольшом расстоянии между их очагами. В [31] приведены результаты глубинного сейсмического зондирования по профилю ГСЗ, который был проведен из Охотского моря через Курильскую островную дугу в Тихий океан, пересек о. Симушир и прошел через очаговые зоны Симуширских -I и -II землетрясений. Сопоставление данных показало, что гипоцентр главного толчка Симуширского-I землетрясения был расположен под приостровным склоном желоба в базальтовом слое коры, на внешней западной части сейсмофокальной зоны. Очаг Симуширского-II землетрясения был расположен на границе верхнего осадочного и нижнего базальтового слоев коры, под осью глубоководного желоба. В [32] Симуширское-I землетрясение было успешно предсказано на основе метода «сейсмических брешей» и сейсмического цикла. Попытка оценить сейсмический потенциал зоны до Симуширского-I землетрясения выполнена в [33]. Ошибочный вывод о слабой сейсмической активности был связан с тем, что для Средних Курильских островов продолжительность сейсмического цикла может быть 150–200 лет.

Землетрясение (5) с  $MS=7.0$  произошло в районе западного побережья Хонсю, Япония. В его очаге преобладали напряжения сжатия, ориентированные на северо-запад. Простирающиеся плоскости  $NP1$  – северо-восточное ( $STK=34^\circ$ ),  $NP2$  – близмеридиональное ( $STK=192^\circ$ ). Плоскости наклонены к горизонту под близкими углами (табл. 5). Тип движения по обеим плоскостям – взброс с компонентами сдвига: левостороннего – по  $NP2$  и правостороннего – по  $NP1$ .

Землетрясения (7–9) с  $MS=7.1–7.8$  произошли в районе Соломоновых островов [36–38]. Для (8) решение механизма очага отсутствует, так как землетрясение возникло через семь минут после достаточно сильного толчка (7) с  $MS=7.8$  из того же региона. Механизмы очагов (7, 9) близки. Одна из нодальных плоскостей  $NP1$  – крутопадающая ( $DP=61–72^\circ$ ), вторая –  $NP2$  – залегает более полого ( $DP=26–40^\circ$ ). Простирающиеся  $NP1$  – юго-восточное,  $NP2$  – близширотное. Землетрясения (7, 9) произошли под действием напряжений сжатия, ориентированных на юго-запад. Тип движения – взброс по крутопадающей плоскости  $NP1$  с компонентами правостороннего сдвига, а для  $NP2$  в первом случае – надвиг, а во втором – взброс с компонентами левостороннего сдвига.

Землетрясение (7), произошедшее 1 апреля на о. Нью-Джорджия в 45 км к юг-юго-востоку от г. Гизо, ощущалось на всех Соломоновых островах и на западе Папуа–Новой Гви-



неи [36–38]. Некоторые здания в г. Гизо были разрушены. Погибли 35, ранены около 9000 человек. Землетрясение сопровождалось многочисленными афтершоками. Оно произошло на надвиге, протянувшемся в направлении северо-запад–юго-восток. Согласно [37, 38], в результате землетрясения образовалось цунами. Максимальная высота наката волны составила 12 м. Произошло тектоническое поднятие суши до 3.6 м, а опускание – на 1.5 м. Через несколько минут после землетрясения цунами пришло в Гизо. Свидетели сообщали, что там не было первоначального опускания уровня. По словам очевидцев, высота волны в Гизо была не менее 5 м. Опросы, проведенные среди жителей племен в 65 поселениях на 13 островах, показали, что передающийся из поколения в поколение опыт спасения от землетрясений и цунами бегством на высокие места и в этот раз помог спасти множество человеческих жизней.

Землетрясения (2, 3, 4, 6, 10, 14) локализованы в районе островов Вануату и Санта-Крус. Механизмы очагов землетрясений (4, 6, 10) близ островов Вануату с  $MS=6.8–7.0$  сходны. Отмечается ориентация крутопадающих ( $DP=54–62^\circ$ ) плоскостей  $NP1$  в направлении юг–юго-восток, более пологих ( $DP=29–36^\circ$ )  $NP2$  – в север–северо-западном направлении. Движения в очагах произошли под действием напряжений сжатия, ориентированных на запад–юго-запад. Тип движения в очаге землетрясения (4) – чистый взброс по обеим плоскостям, в очаге (6) – также взброс по  $NP1$  и  $NP2$ , в очаге (10) – взброс по крутопадающей плоскости  $NP1$  и надвиг по  $NP2$ .

Землетрясение (2) с  $MS=7.2$  возникло в районе Молуккского моря под действием напряжений сжатия, ориентированных на запад–северо-запад. Для нодалной плоскости  $NP1$  простирание северо-восточное, для  $NP2$  – близмеридиональное. Тип движения в очаге – взброс по крутопадающей плоскости  $NP2$  с компонентами левостороннего сдвига и с компонентами правостороннего сдвига – по более пологой  $NP1$ .

Землетрясение (3) с  $MS=6.5$  произошло вблизи Марианских островов под действием напряжений сжатия, ориентированных в восточном направлении. Нодалная плоскость  $NP1$  залегает круто, ее простирание – юго-западное, плоскость  $NP2$  – более пологая, ее простирание – юго-восточное. Тип движения в очаге – взброс (с компонентами правостороннего сдвига по  $NP1$ ) и левосторонний сдвиг с компонентами взброса по  $NP2$ .

Механизм землетрясения (14) в районе Санта-Крус с  $MS=7.1$  типичен для землетрясений Тихоокеанского пояса. Обе нодалные плоскости имеют близкое простирание – северо-запад–юго-восток. Движение в очаге произошло под действием превалирования напряжения сжатия, ориентированного на юго-запад, напряжение растяжения ориентировано на северо-восток. Плоскость  $NP1$  имеет крутое ( $DP=67^\circ$ ) залегание, тип движения по ней – взброс с компонентой левостороннего сдвига. Движение по плоскости  $NP2$ , залегающей полого ( $DP=23^\circ$ ), представлено надвигом с компонентами правостороннего сдвига.

Землетрясение (13) с  $MS=6.2$  близ Филиппинских островов произошло под действием напряжений растяжения, ориентированных на северо-восток. Обе нодалные плоскости имеют простирание северо-запад–юго-восток, тип движения в очаге по обеим нодалным плоскостям – «чистый» сброс.

Землетрясения (18, 19) из района Марианских островов с магнитудами  $MS=7.1$  и  $7.0$  произошли под действием напряжения сжатия. В очаге (18) оно направлено на юг, в (19) – на юго-запад. Тип движения в очаге первого из них по обеим плоскостям близширотного простирания и близкого падения ( $DP=35–59^\circ$ ) представлен взбросами с компонентами сдвига (правостороннего – по  $NP1$  и левостороннего – по  $NP2$ ). Механизм очага второго представлен сдвигами с компонентами взброса: левосторонним – по плоскости  $NP1$  и правосторонним – по  $NP2$ .

Очаг землетрясения (22) из района островов Фиджи с  $MS=7.0$  возник на глубине 158 км. Землетрясение произошло при превалировании напряжений сжатия, ориентированных на север–северо-запад. Нодалная плоскость  $NP1$  крутого залегания имеет близширотное простирание, тип движения по ней – взброс с компонентой правостороннего сдвига. Плоскость  $NP2$  – пологая, тип движения по ней представлен левосторонним сдвигом, простирание плоскости – северо-восточное.

Землетрясение (20) из района Новая Зеландия с  $MS=7.3$  произошло в условиях преобладания напряжений сжатия, ориентированных на запад. Простирание плоскости  $NP1$  – близмеридиональное, тип движения по ней – взброс с компонентой левостороннего сдвига. Вторая

плоскость  $NP2$  простирается в северо-восточном направлении, движение по ней представлено взбросом с компонентой правостороннего сдвига.

Землетрясения (12, 21) в районе Южной Америки с  $MS=7.9$  и  $7.4$  произошли в условиях преваляирования напряжений сжатия, ориентированных на запад–юго-запад. В очагах этих землетрясений нодальные плоскости  $NP2$  залегают круто ( $DP=71^\circ$ ) и ориентированы в юго-восточном–северо-западном направлениях. Тип движения по этим плоскостям – взброс. Плоскости  $NP2$  более пологие ( $DP=21–22^\circ$ ) и ориентированы на запад–северо-запад в очаге (12) и близмеридионально – в очаге (21), тип движения по ним – надвиг с небольшими компонентами сдвига.

В очаге землетрясения (23) с  $MS=6.9$  в районе Андреяновских островов отмечается превалярующее действие напряжений сжатия, ориентированных на юго-восток. Плоскость  $NP2$  залегают достаточно круто ( $DP=72^\circ$ ), ее простирание – северо-восточное, тип движения – взброс с элементами левостороннего сдвига. Плоскость  $NP1$  имеет близширотное простирание, пологое залегание ( $DP=21^\circ$ ), тип движения – надвиг с элементами правостороннего сдвига.

У землетрясения (11) нодальная плоскость  $NP1$  имеет близширотное простирание и крутое залегание, тип движения представлен взбросом с компонентами левостороннего сдвига. Нодальная плоскость  $NP2$  залегают более полого ( $DP=30^\circ$ ), чем  $NP1$ , и имеет северо-западное простирание. Тип движения – правосторонний сдвиг с компонентами надвига.

**В Индийском сейсмическом поясе (IV)** произошли сильные землетрясения (15–17) в районе Индонезии, о. Южная Суматра. Механизмы их очагов практически одинаковы. Одна из нодальных плоскостей  $NP1$  – пологая ( $DP=8–10^\circ$ ), другая –  $NP2$  – крутопадающая ( $DP=80–84^\circ$ ). Простирание  $NP1$  в очаге (16) – близширотное, в (15, 17) – северо-западное. Простирание  $NP2$  во всех очагах – северо-восточное. Движение произошло под действием близких по величине напряжений сжатия, ориентированных на юг–юго-запад, и растяжения, ориентированных на север–северо-восток. Тип движения – надвиги по пологим и взбросы – по крутопадающим плоскостям. Согласно [39–40], в результате землетрясений отмечалось цунами. По записям цунами мареографами методом нелинейной инверсии [39] получено распределение смещений и скорость вспарывания для Южно-Суматранского землетрясения (15) с  $MS=8.3$ . Отмечены большие величины ( $\sim 10$  м) подвижек в области  $100 \times 50$  км<sup>2</sup> в глубинном диапазоне 20–30 км на расстояниях  $\sim 100$  км к северо-западу от эпицентра. Скорость вспарывания разлома составляла  $2.1 \pm 0.4$  км/с. Объяснением малых разрушений при цунами может быть относительно большая глубина очага землетрясения.

В заключение отметим, что в 2007 г. на земном шаре произошло 23 землетрясения с магнитудой  $M \geq 7$ , среди них три события с магнитудой  $MS \geq 8$  – уникальное Симуширское-II с  $MS=8.2$  и два – на острове Южная Суматра с  $MS=8.0$  и  $8.3$ . Суммарная сейсмическая энергия, выделившаяся в 2007 г. на земном шаре, превышает энергию, выделившуюся за 2005–2006 гг. (см. рис. 3). Более половины (57.7%) всей энергии в 2007 г. пришлось на Тихоокеанский сейсмический пояс, где произошли 20 сильнейших землетрясений года.

#### Л и т е р а т у р а

1. Чепкунас Л.С., Болдырева Н.В., Пойгина С.Г. Оперативная обработка землетрясений мира по телесеизмическим наблюдениям ГС РАН // Землетрясения Северной Евразии, 2006 г. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 264–276.
2. Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Коломиец М.В. Служба срочных донесений ГС РАН. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
3. 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.
4. Болдырева Н.В., Пойгина С.Г. Список сейсмических станций России и мира ( $N=731$ ), используемых в ГС РАН при создании Сейсмологического бюллетеня за 2007 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).

5. **Болдырева Н.В.** Список сейсмических станций России и мира ( $N=737$ ), использованных при создании Сейсмологического бюллетеня за 2006 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – (На CD).
6. **Алёшина Е.И., Гунбина Л.В., Карпенко Л.И., Седов Б.М.** Северо-Восток России (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
7. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2007 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2007–2008. [Электронный ресурс]. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2007](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2007).
8. **Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Малянова Л.С., Рыжикова М.И., Щербачева А.И.** Каталог землетрясений Земли ( $N=7438$ ) за 2007 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. **Кондорская Н.В., Горбунова И.В., Киреев И.А., Вандышева Н.В.** О составлении унифицированного каталога сильных землетрясений Северной Евразии по инструментальным данным (1901–1990 гг.) // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. – М.: АН СССР, 1993. – С. 70–79.
10. **Епифанский А.Г.** Определение параметров гипоцентров и магнитуд землетрясений в телесеismicкой зоне (ЭПИ-74) // Алгоритмы и практика определения параметров гипоцентров землетрясений на ЭВМ. – М.: Наука, 1983. – С. 92–97.
11. **Рихтер Ч.** Элементарная сейсмология. – М.: ИЛ, 1963. – 670 с.
12. **Jeffreys H., Bullen K.E.** Seismological tables // Brit. Assoc. for the advancement of Sci. – London: Gray-Milne Trust, 1958. – 65 p.
13. **Bolt B.A.** Estimation of *PKP* travel times // Bull. Seism. Soc. Am. – 1968. – Vol. 58, N 4. – P. 1305–1324.
14. **Голенецкий С.И., Круглякова М.И., Первалова Т.И.** Годографы сейсмических волн землетрясений Прибайкалья // Сейсмичность и глубинное строение Прибайкалья. – Новосибирск: Наука (СО), 1978. – С. 30–38.
15. **Wadati K.** Travel time *P* and *S*-waves // Geophys. Mag. – 1933. – N 11.
16. **Архангельская В.М.** Использование записей поверхностных волн при интерпретации сейсмограмм // Бюллетень Совета по сейсмологии. – М.: АН СССР, 1957. – № 6. – С. 81–88.
17. **Горбунова И.В., Захарова А.И., Чепкунас Л.С.** Максимальная фаза поверхностной волны Релея по наблюдениям различной аппаратурой в ЦСО «Обнинск» // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. Т. II. – М.: ИФЗ АН СССР, 1974. – С. 19–25.
18. **Gutenberg B., Richter C.** Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seism. Soc. Am. – 1942. – Vol. 32, N 3. – P. 163–191.
19. **Gutenberg B., Richter C.** Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seism. Soc. Am. – 1956. – Vol. 46, N 2. – P. 105–145.
20. **Ванек И., Затопек А., Карник В., Кондорская И.В., Ризниченко Ю.В., Саваренский Е.Ф., Соловьёв С.Л., Шебалин Н.В.** Стандартизация шкал магнитуд // Известия АН СССР. Серия геофизическая. – 1962. – № 2. – С. 153–158.
21. **Горбунова И.В., Шаторная Н.В.** О калибровочной кривой для определения магнитуды землетрясений по волнам *PKIKP* // Физика Земли. – 1976. – № 7. – С. 77–81.
22. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР.** – М.: Наука, 1982. – 273 с.
23. **Касахара К.** Механика землетрясений. – М.: Мир, 1985. – С. 25.
24. **Гутенберг Б., Рихтер Ч.** Сейсмичность Земли. – М.: ИЛ, 1948. – 160 с.
25. **Оперативный сейсмологический каталог (ежедекадный) за 1991–2006 гг.** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ЦОМЭ ИФЗ РАН, 1991–2004; ГС РАН, 2005–2007.
26. **Young J.B., Presgrave B.W., Aichele H., Wiens D.A., Flinn E.A.** The Flinn-Engdahl Regionalisation Scheme: the 1995 revision // Physics of the Earth and Planetary Interiors. – 1996. – 96. – P. 223–297.
27. **Ландер А.В.** Комплекс программ определения механизмов очагов землетрясений и их графического представления // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов (01.01.2003 г.–31.12.2003 г.) // Отчет КОМСП ГС РАН. – Петропавловск-Камчатский: Фонды КОМСП ГС РАН, 2004. – С. 359–380.
28. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2007.** – Berkshire: ISC, 2007–2008.

29. **Рогожин Е.А., Левина В.И.** Симуширские землетрясения 15 ноября 2006 г. (I) и 13 января 2007 г. (II) с  $M_w=8.3$  и  $M_w=8.1$  Средние Курилы). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.). ориентировочное название Сильные землетрясения на Средних Курилах. (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
30. **Ивельская Т.Н., Поплавский А.А., Спирин А.И., Золотухин Д.Е.** Симуширские цунами 2006 и 2007 гг.: проявления на Курильских островах и акватории Тихого океана // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России: Первая региональная научно-техническая конференция. Тезисы докладов. – Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН. 2007. – С. 40. // →РЖ «Физика Земли». – 2008. – № 10 (реф. 38).
31. **Полец А.Ю., Некрасов М.А.** Морские сейсмические исследования ГСЗ в очаговой зоне катастрофических Симуширских землетрясений 15.11.2006 г. и 13.01.2007 г. в северо-западной части Тихого океана. Океанологическое исследование // Тезисы докладов Конференции молодых ученых Тихоокеанского океанологического института им. В. И. Ильичева ДВО РАН. – Владивосток: ТОЙ ДВО РАН, 2008. – С. 53. //→РЖ «Физика Земли». – 2008. – № 12 (реф. 42).
32. **Федотов С.А., Соломатин А.В., Чернышёв С.Д.** Афтершоки и область очага Средне-Курильского землетрясения 15.11.2006 г.,  $M_S=8.2$ . Долгосрочный сейсмический прогноз для Курило-Камчатской дуги на 04.2008–03.2013 гг. // Вулканология и сейсмология. – 2008. – № 6. – С. 3–23. //→РЖ «Физика Земли». – 2009. – № 6 (реф. 175).
33. **Тараканов Р.З.** Уроки Симуширских землетрясений 15 ноября 2006 г. ( $M_w=8.3$ ) и 13 января 2007 г. ( $M_w=8.1$ ) // Вулканология и сейсмология. – 2008. – № 6. – С. 41–54 //→РЖ «Физика Земли». – 2009. – № 6 (реф. 176).
34. **Лобковский Л.И., Рабинович А.Б., Куликов Е.А. Иващенко А.И., Файн И.В., Томсон Р.Е., Ивельская Т.Н., Богданов Г.С.** Курильские землетрясения и цунами 15 ноября 2006 г. и 13 января 2007 г. (наблюдения, анализ и численное моделирование) // Океанология. – 2009. – 49. – № 2. – С. 181–197 //→РЖ «Физика Земли». – 2009. – № 10 (реф. 37).
35. **Викулин А.В., Викулина С.А., Водинчар Г.М.** Землетрясения-дуплеты и пары землетрясений – закономерность сейсмического процесса // Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Первая Региональная научно-техническая конференция. Тезисы докладов. – Петропавловск-Камчатский: КФ ГС РАН. 2007. – С. 36 //→РЖ «Физика Земли». – 2008. – № 10 (реф. 39).
36. **Dengler Lori.** Solomon Islands earthquake and tsunami of April 1, 2007 // EERI Newsletter. – 2007. – 41. – N 5. – P. 6 //→РЖ «Физика Земли». – 2008. – № 6 (реф. 63).
37. **Fritz Hermann M., Kalligeris Nikos.** Ancestral heritage saves tribes during 1 April 2007 Solomon Islands tsunami // Geophys. Res. Lett. – 2008. – 35. – N 1. – P. L01607/1–L01607/5 //→РЖ «Физика Земли». – 2009. – № 2 (реф. 53).
38. **Lubis Ashar Muda, Isezaki Nobuhiro.** Shoreline changes and vertical displacement of the 2 April 2007 Solomon Islands earthquake  $M_w=8.1$  revealed by ALOS PALSAR images // Phys. and Chem. Earth. Pts A. B. C. – 2009. – 34. – N 6–7. – P. 409–415 //→РЖ «Физика Земли». – 2009. – № 12 (реф. 48).
39. **Lorito Stefano, Romano Fabrizio, Piatanesi Alessio, Boschi Enzo.** Source process of the September 12, 2007,  $M_w=8.4$  southern Sumatra earthquake from tsunami tide gauge record inversion // Geophys. Res. Lett. – 2008. – 35. – N 2. – P. L02310/1–L02310/6 //→РЖ «Физика Земли». – 2009. – № 12 (реф. 52).
40. **Konca A. Ozgun, Avouac Jean-Philippe, Sladen Anthony, Meltzner Aron J., Sieh Kerry, Fang Peng, Li Zhenhong, Galetzka John, Genrich Jeff, Chlieh Mohamed, Natawidjaja Danny H., Bock Yehuda, Fielding Eric J., Ji Chen, Helmberger Don V.** Partial rupture of a locked patch of the Sumatra megathrust during the 2007 earthquake sequence // Nature (Gr. Brit.). – 2008. – 456. – N 7222. – P. 631–635 //→РЖ «Физика Земли». – 2009. – № 12 (реф. 53).