

**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 2008 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 станций «Обнинск», «Билибино», «Кисловодск» и «Цей» по результатам обработки записей всех землетрясений, а также станции «Владивосток» по результатам обработки записей землетрясений из регионов Дальнего Востока, Монголии и границы России с Монголией;

– оперативных сводок из региональных сейсмологических центров России и СНГ по 29 станциям Камчатского филиала ГС РАН, семи – Сахалинского филиала ГС РАН и 19 – Казахстанского национального центра данных;

– оперативных сводок, создаваемых в ИОЦ ГС РАН из ежедекадных станционных бюллетеней на бумажных носителях по данным 12 телесеизмических и региональных станций, из которых девять («Бодайбо», «Гофицкое», «Закаменск», «Кульдур», «Монды», «Николаевск-на-Амуре», «Северо-Курильск», «Тымовское» и «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 10 стран мира (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 2008 г. использовались данные 728 сейсмических станций ГС РАН, ГС СО РАН, других российских ведомств 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].

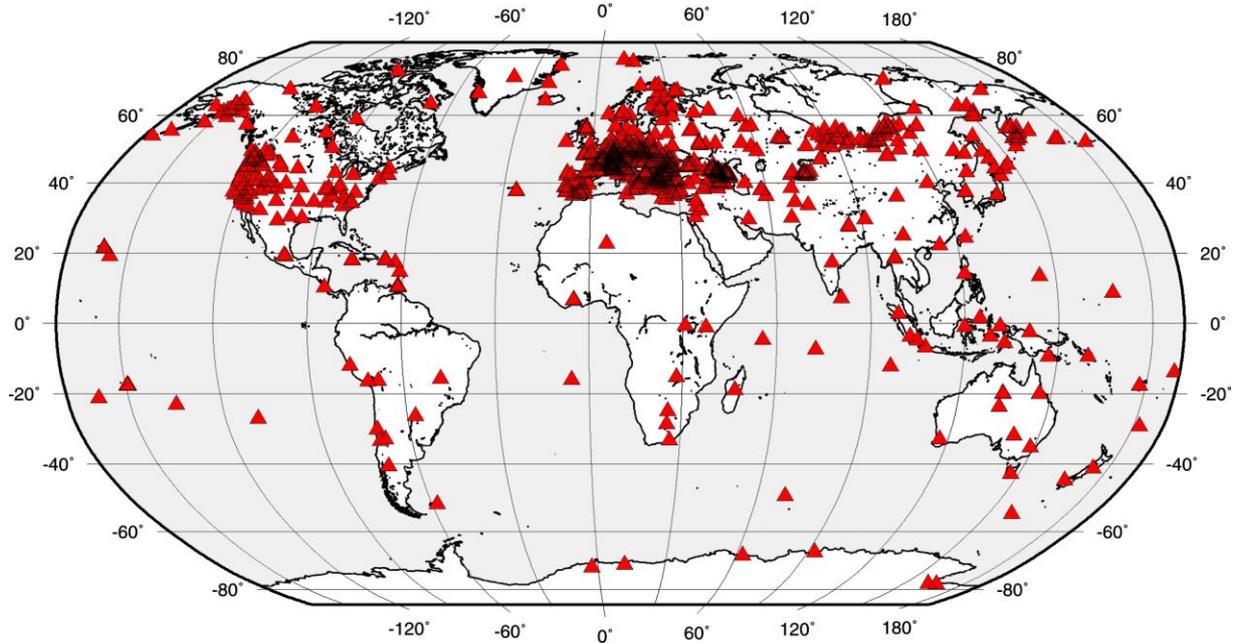


Рис. 1. Сейсмические станции мира, данные которых использовались при составлении Сейсмологического бюллетеня за 2008 г. по [4]

Проведено сравнение списка станций, участвовавших в оперативной службе в 2007 [5] и 2008 гг. [4]. В 2008 г. при составлении Сейсмологического бюллетеня использовались данные 728 станций, в 2007 г. – 731 станции. Сравнение показало, что 52 станции (в т.ч. восемь российских, из них две – новые) из списка 2008 г. не использовались в сводной обработке в 2007 г. В то же время 53 станции из списка 2007 г. (в т.ч. две российские) не участвовали в Сейсмологическом бюллетене за 2008 г. В оперативную службу в 2008 г. начали поступать данные новых станций – «Грозный» (GRO) [6] и «Магадан» (NMA2, открыта в 2007 г.), а также с шести давно действующих станций, но прежде не используемых при составлении бюллетеня – «Берчикуль» (BRCR), «Эссо» (ESO), «Мина» (MINR), «Орьё» (ORY), «Степной дворец» (STD) и «Тоджа» (TDGR). Со станций «Лабинск», «Нейтрино» и «Мыс Шульца» информация для Сейсмологического бюллетеня в 2008 г. не поступала.

Описанная сеть станций обеспечила в 2008 г., как это следует из графика повторяемости, построенного для 4681 землетрясений с $h \leq 70$ км (рис. 2), значение уровня представительной магнитуды для всей Земли $M_{\min} = 5.0$. Уравнение графика имеет вид:

$$\lg N = (7.8 \pm 0.8) - (0.95 \pm 0.11) \cdot MS. \quad (1)$$

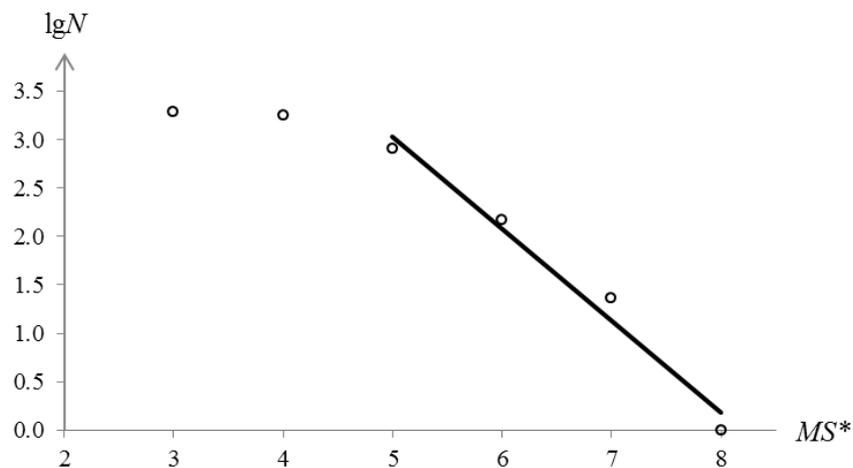


Рис. 2. График повторяемости землетрясений Земли с $h \leq 70$ км за 2008 г.

Для его построения использованы наблюдаемые магнитуды землетрясений MS ($N_{MS}=1131$) и пересчетные магнитуды MS^* ($N_{MS^*}=3550$) из [7, 8] по формуле из [9]:

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

Выходные потоки информации включали ежедекадные оперативные каталоги и сейсмологические бюллетени ГС РАН [7, 8], т.е. 36 выпусков за год, а также их регулярное размещение на Web-странице ГС РАН (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 (ϕ, λ, h) и время t_0 возникновения землетрясения определялись по программе ЭПИ-74 [10] с использованием телесеismicических [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, 17], 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 2008 г. включает параметры 5613 землетрясений с $MS/MS^*=1.0-8.1$, $MPSP=3.4-7.1$ [8].

Распределение землетрясений Земли с M ($MS, MPLP, MPSP$) ≥ 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 2008 г. число землетрясений в интервале $M=6.0-6.9$ составило $N=174$, что выше среднего $\bar{N}=155.4 \pm 30$ за 16 лет, в диапазоне $M=7.0-7.9$ оно равно $N=14$ и примерно совпадает со средним значением $\bar{N}=14.7 \pm 4$.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений Земли в различных интервалах магнитуд с $M \geq 6.0$ за 1991–2008 гг.

Год	$N(\Delta M)$			N_{Σ}	Год	$N(\Delta M)$			N_{Σ}
	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	2007	185	20	3	208
1997	151	5		156	Сумма за 16 лет	2486	235	13	2734
1998	113	12		125	Среднее за 16 лет	155.4	14.7	0.8	170.9
1999	159	21		180	2008	174	14	1	189
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 2008 г. показаны в табл. 2. Для построения табл. 2 использованы наблюдаемые магнитуды землетрясений MS и пересчетные (MS^*) для неглубокофокусных землетрясений по формуле (2), 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 рассчитывалась из MS (MS^*) по формуле К. Касахара [23]:

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

По данным Сейсмологического бюллетеня ГС РАН [7], общее количество выделившейся в 2008 г. энергии на земном шаре равно $\Sigma E=222.5 \cdot 10^{15}$ Дж, что меньше таковой в 2007 г. ($\Sigma E=644.6 \cdot 10^{15}$ Дж [1]) и больше, чем в 2006 г. ($\Sigma E=196.6 \cdot 10^{15}$ Дж [1]).

Таблица 2. Распределение общего числа землетрясений Земли в Сейсмологическом бюллетене [7] по интервалам глубин и магнитуд $MS(MS^*)$ и суммарная сейсмическая энергия в 2008 г.

h , км	$MS(MS^*)$							N_{Σ}	ΣE , 10^{15} Дж
	≤ 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		
≤ 70	272	1661	1779	798	147	23	1	4681	160.39
71–390	300	265	123	51	34	4		777	14.08
>390	25	30	74	16	8	1	1	155	48.03
N_{Σ}	597	1956	1976	865	189	28	2	5613	222.5

Распределение суммарной сейсмической энергии, выделившейся в 2008 г. при землетрясениях с $M(MS, MPLP, MPSP) \geq 6.0$ в различных сейсмических поясах, приведено в табл. 3. Более 47 % всей энергии приходится на Трансазиатский сейсмический пояс, более 44 % – на Тихоокеанский.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений с $M \geq 6.0$ и их суммарной сейсмической энергии ΣE по сейсмическим поясам в 2008 г.

№	Сейсмический пояс	Число землетрясений		ΣE , 10^{15} Дж
		$M=6.0-6.9$	$M \geq 7.0$	
I	Тихоокеанский	105	10	96.67
II	Трансазиатский	28	2	102.76
III	Атлантический	13	1	3.99
IV	Индийский	27	2	14.17
V	Восточно-Африканские грабены	1	–	0.02
	Сумма	174	15	217.61

Как и в 2005–2007 гг. [1], в табл. 3 включен сейсмический пояс V (Восточно-Африканские грабены [24]), связанный с внутренними разломами континентальных структур, т.к. в его пределах 3 февраля 2008 г. произошло сильное ($MPSP=6.1$) землетрясение в районе оз. Танганьика [25].

На рис. 3 показано распределение сейсмической энергии землетрясений за 1992–2008 гг. по данным [1, 7, 26], рассчитанной единообразно из $MS(MS^*)$ по формуле (5) из [23]. Как видим, уровень выделившейся в 2008 г. сейсмической энергии близок к среднему за 17 лет за вычетом двух «экстремальных» значений за 1994 и 2004 гг.

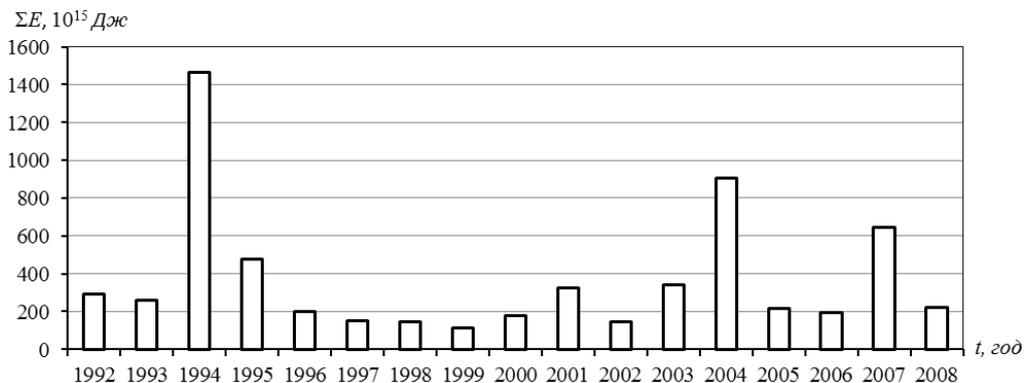


Рис. 3. Годовые значения сейсмической энергии землетрясений Земли в 1992–2008 гг.

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).

Далее дано описание распределения землетрясений в пределах границ сейсмических поясов в 2008 г., приведен список наиболее сильных землетрясений (табл. 4) и параметры механизмов их очагов (табл. 5), а затем дано описание сильнейших землетрясений.

Из 15 сильнейших землетрясений Земли с $M (MS, MPLP, MPSP) \geq 7.0$ в табл. 4 десять (5–7, 9–15) локализованы в Тихоокеанском сейсмическом поясе, по два – в Индийском (2, 3) и Трансазиатском (4, 8) поясах и одно (1) – в Атлантическом поясе.

Таблица 4. Список сильных землетрясений мира с $M \geq 7.0$ в 2008 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	M_0 , $H\text{-}m$ (OBN)	Магнитуды			Сейсмический пояс	Географический регион [27]
			φ°	λ°			MS/n	$MPLP/n$	$MPSP/n$		
1	08.02	09 38 12.5	10.720	-41.910	10f	$1.8 \cdot 10^{19}$	7.0/63	6.9/7	6.6/125	III	Северный Срединно-Атлантический хр.
2*	20.02	08 08 29.4	2.767	95.985	33f	$7.0 \cdot 10^{19}$	7.4/81	6.9/10	6.7/122	IV	У западного поб-я Северной Суматры
3	25.02	08 36 31.5	-2.412	100.022	26	$4.5 \cdot 10^{19}$	7.2/114	7.1/12	6.5/92	IV	Южная Суматра, Индонезия
4	20.03	22 33 00.9	35.721	81.438	33f	$2.8 \cdot 10^{19}$	7.4/68	6.8/7	6.4/106	II	Южный Синьцзян, Китай
5	09.04	12 46 11.4	-20.080	168.882	33f		7.3/116	7.3/6	6.7/79	I	О-ва Лоялти
6	12.04	00 30 10.8	-55.534	158.423	10f		7.0/94		6.2/31	I	Район о-ва Маккуори
7	07.05	16 45 18.4	36.174	141.485	33f	$4.3 \cdot 10^{20}$	7.1/48	7.2/5	6.4/130	I	Восточное поб-е Хонсю, Япония
8	12.05	06 27 58.4	30.931	103.384	16	$3.3 \cdot 10^{20}$	8.1/94	7.6/8	7.0/120	II	Провинция Сычуань
9	13.06	23 43 48.1	39.127	140.687	33f	$2.3 \cdot 10^{19}$	7.0/96	7.2/8	6.6/156	I	Восточный Хонсю, Япония
10*	05.07	02 12 02.3	53.922	152.898	615			7.1/7	6.9/122	I	Охотское море
11*	19.07	02 39 29.2	37.635	142.236	33f	$7.8 \cdot 10^{19}$	7.3/88	7.1/8	6.4/166	I	У вост. поб-я Хонсю, Япония
12*	11.09	00 20 51.0	41.925	143.809	42	$5.1 \cdot 10^{19}$	7.2/73	7.2/12	6.4/91	I	Район Хоккайдо, Япония
13	29.09	15 19 29.9	-29.790	-177.669	33f		7.0/92	6.9/5	6.7/73	I	Острова Кермадек, Новая Зеландия
14	19.10	05 10 33.1	-21.793	-173.920	33f		7.0/108		7.1/72	I	Острова Тонга
15	16.11	17 02 34.1	1.284	122.101	51	$1.1 \cdot 10^{20}$	7.0/101	6.9/16	6.5/57	I	Полуостров Минахасса, Сулавеси

Примечание. В графе 1 знак «*» указывает на наличие в [7] параметров механизма очага по первым вступлениям P-волн; в графе 6 буквой «b» индексирована фиксированная глубина.

Таблица 5. Механизмы очагов сильных землетрясений мира в 2008 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агентство
				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	08.02	09 38 12.5	10f	6.8*	7.0	6.6	9	230	78	3	9	139	274	78	-180	184	90	-12	GCMT
2	20.02	08 08 29.4	33f	7.2*	7.4	6.7	50	27	9	128	38	226	4	11	146	128	84	81	MOS
3	25.02	08 36 31.5	26	7.1*	7.2	6.5	51	33	1	124	39	215	317	6	102	124	84	89	GCMT
4	20.03	22 33 00.9	33f	6.9*	7.4	6.4	6	282	13	13	76	168	358	41	-110	203	52	-74	GCMT
5	09.04	12 46 11.4	33f	7.3	7.3	6.7	73	42	5	151	16	242	148	61	84	340	30	101	GCMT
6	12.04	00 30 10.8	10f	7.1	7.0	6.2	81	10	8	174	2	264	3	43	102	166	48	79	GCMT
7	07.05	16 45 18.4	33	7.0*	7.1	6.4	60	292	0	23	30	113	22	75	90	204	15	91	GCMT

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
				M_w	M_S	M_{PSP}	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
8	12.05	06 27 58.4	16	7.6*	8.1	7.0	58	229	25	9	18	107	231	35	138	357	68	63	GCMT
9	13.06	23 43 48.1	33f	6.9*	7.0	6.6	86	137	2	19	3	289	201	48	92	17	42	87	GCMT
10	05.07	02 12 02.3	615	7.7		6.9	0	90	29	180	61	360	154	52	-128	26	52	-52	MOS
11	19.07	02 39 29.2	33f	7.2*	7.3	6.4	63	327	9	219	25	124	42	71	100	194	21	63	MOS
12	11.09	00 20 51.0	42	7.1*	7.2	6.4	51	314	1	45	39	136	45	84	89	235	7	100	MOS
13	29.09	15 19 29.9	33f	7.0	7.0	6.7	77	281	1	16	13	106	15	58	89	197	32	92	GCMT
14	19.10	05 10 33.1	33f	6.9	7.0	7.1	84	3	6	195	1	105	21	47	99	189	44	81	GCMT
15	16.11	17 02 34.1	51	7.1*	7.0	6.5	65	191	2	97	25	6	278	70	92	92	20	84	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 [29] – для землетрясений (5, 6, 10, 13, 14); знаком * выделено определение M_w в ГС РАН [7, 30] для землетрясений (1–4, 7–9, 11, 12, 15) по станции OBN.

Решения механизмов очагов всех землетрясений представлены на рис. 5. Для четырех землетрясений (2, 10–12) они получены в ГС РАН [7] по знакам первых вступлений продольных P -волн по программе А.В. Ландера [28], а для остальных (1, 3–9, 13–15) – по методу тензора момента центрида (ТМЦ), взятые из данных [29] Колумбийского университета США (код GCMT).

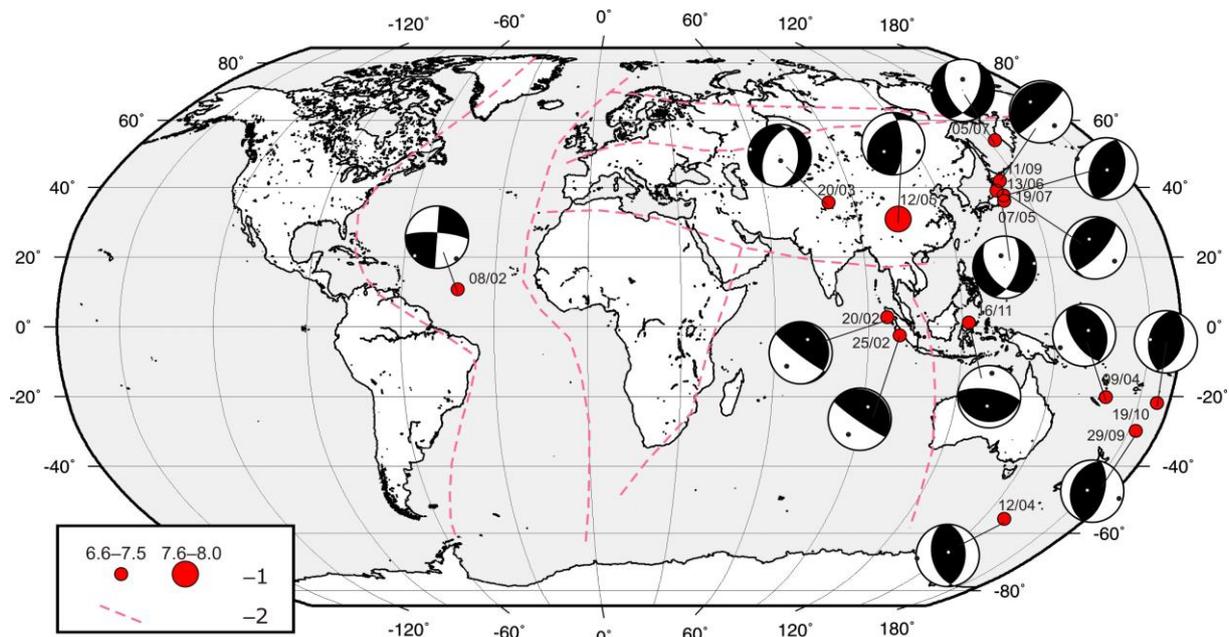


Рис. 5. Стереогаммы механизмов очагов сильных землетрясений за 2008 г. в проекции нижней полусферы

1 – магнитуда M_S/M_S^* ; 2 – граница сейсмического пояса.

Ниже приводятся описания решений механизмов очагов 15 землетрясений из табл. 5 по сейсмическим поясам I, II и IV. При их описании приводится магнитуда M_S из табл. 4.

В пределах Тихоокеанского пояса (I) сосредоточена большая часть (67 %) сильных землетрясений (5–7, 9–15) с $M \geq 7.0$.

Землетрясения (7, 9, 11, 12) с магнитудами $M_S=7.1, 7.0, 7.3$ и 7.2 соответственно произошли в Японии, близ островов Хонсю (7, 9, 11) и Хоккайдо (12). Все они возникли под действием напряжений сжатия, ориентированных в (7, 11, 12) на юго-восток ($AZM=113-136^\circ$) и на запад-северо-запад ($AZM=289^\circ$) – в (9). Одна из нодальных плоскостей $NP1$ – крутопадающая ($DP=48-84^\circ$), другая – $NP2$ – пологая ($DP=7-42^\circ$). Тип движения по крутопадающей плоскости

– взброс, по пологой – надвиг. Простираение на северо-восток ($STK=42-45^\circ$) отмечается для плоскости $NP1$ в (11, 12) и плоскости $NP2$ ($STK=17-22^\circ$) в (7, 9). В направлении юго-запад ($STK=201-204^\circ$) ориентированы плоскости $NP1$ в (7, 9) и $NP2$ ($STK=194-235^\circ$) в (11, 12).

Сильное землетрясение в районе о. Хонсю 7 мая в 16^h45^m , сопровождавшееся серией форшоков и афтершоков [8], привело к отключению электричества в ряде городов, ранения получили пять жителей [31]. Эпицентр находился в океане. Угрозы цунами не поступало. Колебания ощущались на обширной территории Хонсю, включая Токийский мегаполис. Расположенные в этом районе АЭС и другие жизненно важные объекты не пострадали.

В результате землетрясения (9) с $MS=7.0$, возникшего на востоке о. Хонсю 13 июня в 23^h43^m , пострадали около 100 человек, 11 – погибли. Среди последствий этого землетрясения – обрушения небольших мостов и откосов горных дорог, утечка радиоактивной воды на АЭС, оползни, разрушения домов и перебои с подачей электричества. В результате завалов на мелких реках возникло не менее 15 искусственных озер [31].

Еще одно землетрясение (11) – с $MS=7.3$ – поразило Японию 19 июля в 02^h39^m , в результате которого в пяти северных префектурах страны число раненых достигло почти 130 человек, 15 из них – в тяжелом состоянии. Без электричества остались свыше 10 тысяч семей, была нарушена телефонная связь, парализована транспортная система (остановились электрички и скоростные поезда), временно были перекрыты главные автомобильные трассы [31].

Землетрясения (5, 6, 13, 14, 15 с $MS=7.3, 7.0, 7.0, 7.0, 7.0$), локализованные в районе островов Лоялти, Маккуори, Тонга, Кермадек и Сулавеси, также возникли под действием напряжений сжатия, направленных в (5, 6) на юго-запад ($AZM=241-265^\circ$), в (13, 14) – на юго-восток ($AZM=105-106^\circ$) и в (15) – на север ($AZM=7^\circ$). Плоскости разрыва в (5, 6, 13, 14) наклонены к горизонту под близкими углами ($DP=30-61^\circ$). В случае (15) одна из нодальных плоскостей – $NP1$ – крутопадающая ($DP=70^\circ$), вторая – $NP2$ – пологая ($DP=20^\circ$). Плоскости простираются близмеридионально ($STK=167^\circ$) в (6), на северо-запад ($STK=340^\circ$) – в (5), на северо-восток ($STK=14-21^\circ$) – в (13, 14) и близширотно ($STK=92, 278^\circ$) – в (15). Тип движения – взбросы по крутопадающим плоскостям (5, 6, 13, 14, 15) и надвиг по пологой плоскости в (15).

Землетрясение (10) 5 июля в 02^h12^m с $MPSP=6.9$ локализовано в Охотском море на глубине $h=615$ км. Оно ощущалось на обширной территории Дальнего Востока: в Петропавловске-Камчатском с $I=3-4$ балла, Северо-Курильске – 3 балла, Южно-Сахалинске, Холмске, Хабаровске, Комсомольске-на-Амуре, Углегорске, Шахтерске – 2–3 балла, Охе – 2 балла. Землетрясение возникло под действием растягивающих напряжений, ориентированных на запад ($AZM=270^\circ$). Тип движения по обеим плоскостям – сбросы достаточно крутого залегания ($DP=52^\circ$) и северо-восточного ($STK=26^\circ$) простираения в $NP2$, юго-восточного ($STK=154^\circ$) – в $NP1$.

В пределах Трансазиатского пояса (II) произошли два землетрясения (4, 8) с очагами в земной коре (в Китае).

Землетрясение (4) с $MS=7.4$ возникло 20 марта в 22^h33^m под действием превалирования растягивающих напряжений, ориентированных на запад ($AZM=282^\circ$). Простираение обеих плоскостей – близмеридиональное ($STK=358^\circ$) для $NP2$ и ($STK=203^\circ$) – для $NP1$. Обе плоскости наклонены к горизонту под близкими ($DP=41-52^\circ$) углами. Тип движения по обеим плоскостям – сброс с компонентами правостороннего сдвига по $NP1$ и левостороннего – по $NP2$.

Землетрясение (8) 12 мая в 06^h28^m с $MS=8.1$, $h=30$ км (Вэньчуаньское) превратило в зону бедствия китайскую провинцию Сычуань [25, 32]. Его эпицентр находился в 92 км к северо-западу от административного центра г. Чэнду провинции Сычуань и в 1540 км к юго-западу от столицы Пекин. Число погибших достигло более 80 тыс. человек. Здания в уезде Вэньчуань провинции Сычуань были разрушены на 80 %. При Вэньчуаньском землетрясении колебания водной поверхности, изменения уровня воды наблюдались на Тайване на расстояниях ~2000 км от эпицентра [33]. Колебания ощущались на обширной территории – в Бангладеше, Тайване, Таиланде, Шри-Ланке, Вьетнаме, Корее. Подземный толчок произошел в горном массиве на самом краю Тибетского плато, находящегося под влиянием давления с юга Индийской плиты на Евразийскую. В свою очередь Тибетский массив, чрезвычайно сложный по тектоническому строению, воздействовал на Китайско-Корейскую платформу со стороны северо-запада. Это землетрясение по разрушительной силе сравнимо с другой катастрофой – Таншаньским земле-

трясением 27.07.1976 г. ($M_S=7.7$) на северо-востоке Китая [32, 33], при котором г. Таншань с более чем миллионным населением в северокитайской провинции Хэбэй (~ в 150 км к востоку от Пекина) был разрушен за считанные секунды [25]. Согласно решению механизма очага Вэньчуаньское землетрясение 2008 г. возникло под действием сжимающих напряжений, ориентированных на юго-восток ($AZM=107^\circ$). Плоскость $NP1$ простирается в юго-западном направлении ($STK=231^\circ$) и имеет более пологий ($DP=35^\circ$), чем $NP2$ ($DP=68^\circ$), наклон к горизонту при меридиональном простирании ($STK=357^\circ$). Тип движения по плоскости $NP2$ – взброс с компонентами левостороннего сдвига, по более пологой $NP1$ – правосторонний сдвиг с компонентами взброса.

В [34] рассматриваются условия возникновения, специфика проявления и разнообразные последствия этого события. На рис. 6 приведены изосейсты землетрясения 12 мая 2008 г. с интенсивностью от $I=11$ до $I=6$ баллов из [34], где красной точкой отмечен эпицентр главного толчка и две области сотрясений с $I=11$ баллов охватывают окрестности городов Инью и Вэньчуань в одноименных провинциях.

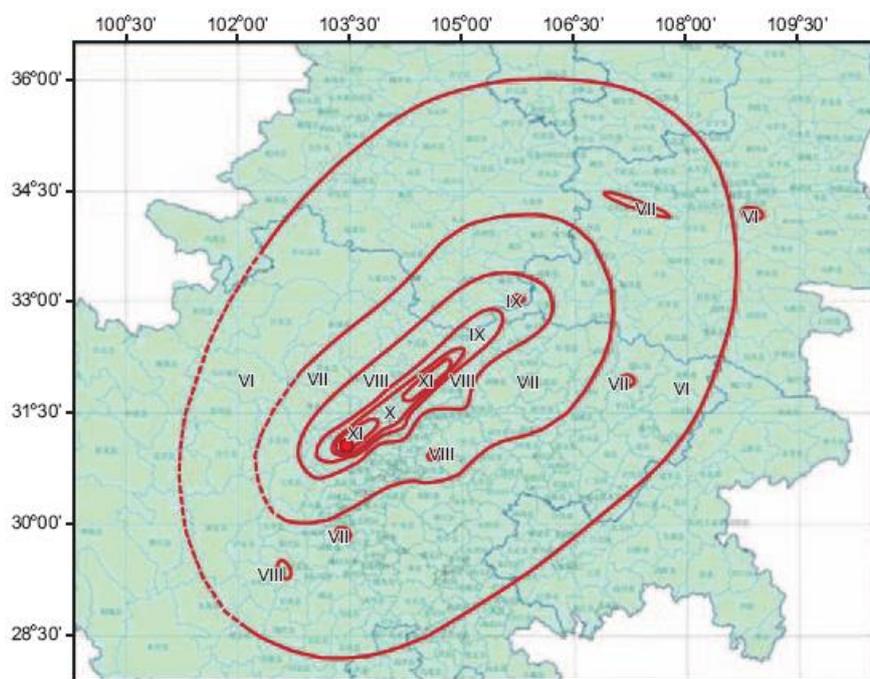


Рис. 6. Изосейсты Сычуаньского (Вэньчуаньского) землетрясения 12 мая 2008 г. по [34] (вторая версия по данным национальных сил немедленного реагирования)

Анализ сейсмичности в зоне разлома Лунмыньшань перед катастрофическим Вэньчуаньским землетрясением 2008 г. показал, что зона находилась в стабильном состоянии. По механизмам очагов некоторых слабых землетрясений большая их часть характеризуется взбросовыми подвижками, меньшая – сдвигами по простиранию. Эти характеристики согласуются с главным толчком 2008 г. То же относится и к средним характеристикам поля напряжений вдоль разлома Лунмыньшань перед главным толчком. В 20 км к востоку от участка начала разрыва 2008 г. расположена плотина Цзыпинпу. Увеличение в ее окрестности активности слабых землетрясений перед Вэньчуаньским землетрясением 2008 г. может быть связано со спуском воды из водохранилища в это время. Глубины очагов слабых землетрясений в окрестности начального разрыва были равны 5–14 км [35].

В Атлантическом поясе (III) произошло землетрясение (1) с $M_S=7.0$ на севере Срединно-Атлантического хребта под действием равных по величине напряжений сжатия и растяжения, ориентированных на юго-восток и юго-запад соответственно. Обе нодальные плоскости имеют крутое ($DP=78-90^\circ$) падение, их простирание – субширотное для $NP1$ и субмеридиональное для $NP2$. Тип движения по обеим плоскостям «чистый» сдвиг – правосторонний для $NP1$ и левосторонний для $NP2$.

В Индийском сейсмическом поясе (IV) сильные землетрясения (2) с $MS=7.4$ и (3) с $MS=7.2$, имевшие место в Индонезии, близ о. Суматра, возникли под действием превалирования напряжений сжатия, ориентированных на юго-запад ($AZM=215-226^\circ$). Тип движения по пологим ($DP=6-11^\circ$) плоскостям $NP1$ – надвиг, по крутопадающим ($DP=84$ и 84°) плоскостям $NP2$ – взброс. Простираание $NP1$ – близмеридиональное ($STK=4^\circ$) для (2) и северо-западное ($STK=317^\circ$) – для (3), простираание $NP2$ – юго-восточное ($STK=124-128^\circ$) для (2) и (3).

В итоге следует отметить, что в 2008 г. уровень выделившейся сейсмической энергии на земном шаре близок к среднему значению за последние 17 лет и составляет $\Sigma E=217.61 \cdot 10^{15}$ Дж. В основном проявления сейсмической активности пришлись на Тихоокеанский пояс. Главная особенность года состоит в том, что 12 мая 2008 г. произошло катастрофическое землетрясение с $MS=8.1$ в Китае – одно из самых сильных и разрушительных на его континентальной территории с максимальной интенсивностью сотрясений до $I=11$ баллов.

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, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 275–286.
2. **Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Коломиец М.В., Рыжикова М.И.** 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. (отв. сост.).** Список сейсмических станций России и мира ($N=728$), использованных при создании Сейсмологического бюллетеня за 2008 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. **Общие сведения о сейсмичности России.** Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России // Землетрясения России в 2008 году. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 10.
7. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2008 год /** Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2008–2009. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Telesismic_bulletin/2008.
8. **Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Малянова Л.С., Рыжикова М.И., Щербакова А.И. (сост.).** Каталог землетрясений Земли ($N=5612$) и взрывов ($N=1$) за 2008 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 телесеизмической 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 В.А.** Estimation of PKP travel times // Bull. Seism. Soc. Am. – 1968. – **58**. – N 4. – P. 1305–1324.
14. **Голенецкий С.И., Круглякова М.И., Перевалова 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. – 32. – N 3. – P. 163–191.
19. Gutenberg B., Richter C. Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seism. Soc. Am. – 1956. – 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. Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. Хроника сейсмичности Земли. Землетрясения с 1 сентября 2007 г. по 12 мая 2008 г. // Земля и Вселенная. – 2008. – № 5. – С. 100–102.
26. Оперативный сейсмологический каталог (ежедекадный) за 1991–2007 гг. / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ЦОМЭ ИФЗ РАН, 1991–2004; ГС РАН, 2005–2008.
27. 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.
28. Ландер А.В. Комплекс программ определения механизмов очагов землетрясений и их графического представления // Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов (01.01.–31.12.2003 г.) // Отчет КОМСП ГС РАН. – Петропавловск-Камчатский: Фонды КОМСП ГС РАН, 2004. – С. 359–380.
29. Bulletin of the International Seismological Centre for 2008. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2010. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
30. Чепкунас Л.С., Малянова Л.С. Очаговые параметры сильных землетрясений Земли. (См. раздел II (Спектры и динамические параметры очагов землетрясений) в наст. сб.).
31. Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. Хроника сейсмичности Земли. Сейсмическая обстановка с 12 мая по 15 октября 2008 года // Земля и Вселенная. – 2009. – № 1. – С. 91–95.
32. Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. Хроника сейсмичности Земли. Катастрофическое землетрясение в Китае // Земля и Вселенная. – 2008. – № 5. – С. 103–104.
33. Wang Chi-yuen, Chia Yeeping, Wang Pei-ling, Dreger Douglas. Роль волн *S* и Лява в coseismic permeability enhancement // Geophys. Res. Lett. – 2009. – 36. – N 9. – P. 20–35 // РЖ «Физика Земли». – 2010. – № 1. – (реф. 43).
34. Никонов А.А. По следам Сычуаньского землетрясения в Китае // Геориск. – 2010. – № 1. – С. 14–20.
35. Zhang Zhiwei, Cheng Wanzheng, Ruan Xiang, Wu Peng. Сейсмичность и тектонические напряжения в зоне разлома Лунмыньшань перед Вэньчуаньским землетрясением 2008 г. с $M_s=8.0$ (Китай) // Acta seismol. sin. – 2009. – 31. – N 2. – P. 117–127 // РЖ «Физика Земли». – 2010. – № 2. – (реф. 47).