

**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 2005 г., как и ранее [1], составлялся на основе следующих потоков входной информации:

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

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

– оперативных сводок, создаваемых в Информационно-обрабатывающем центре (ИОЦ) ГС РАН для 11 цифровых станций («Абакан», «Красноярск», «Шира», «Дивногорск», «Оренбург», «Кызыл», «Большая речка», «Кутурчин», «Орье», «Табат», «Тиберкуль») по результатам выборочной обработки волновых форм записей землетрясений Восточной Сибири, Алтая, Монголии и пограничных территорий России с Монголией, получаемых по программе передачи данных в режиме, близком к реальному времени;

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

– оперативных сводок, создаваемых в ИОЦ ГС РАН из ежедекадных станционных бюллетеней на бумажных носителях 11 телесеизмических и региональных станций, из которых девять («Бодайбо», «Владивосток», «Гофицкое», «Закаменск», «Кульдур», «Монды», «Новосибирск», «Печеры», «Северо-Курильск», «Хабаровск», «Чита», «Цей») расположены в России и две («Львов», «Тбилиси») – 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, Дагестанского и Северо-Осетинского филиалов ГС РАН со сводной обработкой землетрясений Северо-Востока России, 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, поступавшими согласно научно-техническому договору с отделом сейсмологии Института геофизики НАН Украины в г. Симферополе;

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

Сеть станций ГС РАН на территории России в 2005 г., по сравнению с таковой в 2004 г. [1], пополнилась шестью региональными станциями («Ботакоюрт», «Кора», «Комсомольская», «Приречная», «Сунжа» и «Терская») на Северном Кавказе [3] и тремя телесеизмическими: «Калининград» на северо-западе России; «Саратов» на Русской платформе; «Хабаровск» на Дальнем Востоке (табл. 1, 2) [4]. Закрыта 1 апреля аналоговая станция «Владивосток» и открыта 3 июля на

новом месте цифровая станция «Владивосток»; также перенесена на новое место станция «Новохоперск» [4]. Закрыта станция «Россошь», находившаяся в опытной эксплуатации с 2004 г.

Таблица 1. Параметры телесеismicких станций, открытых в 2005 г.

№	Станция		Дата открытия	Дата закрытия	Координаты		
	название	межд. код			φ°, N	λ°, E	$h_y, м$
1	Владивосток	VLA	06.12.1929	01.04.2005	43.120	131.893	73
			03.07.2005		43.120	131.885	61
2	Калининград	KLN	15.12.2005		54.953	20.185	6
3	Новохоперск	VRHR	01.11.2003	17.11.2005	51.203	41.721	98
			18.11.2005		51.096	41.625	137
4	Саратов	SARR	19.11.2005		51.389	45.287	165
5	Хабаровск	HABR	01.04.2005		48.473	135.051	81

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций, открытых в 2005 г. [4]

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Разрядность АЦП	Чувствительность велосиграфа, отсчет/(м/с)
Владивосток	SDAS – CM-3OC	BH(N, E, Z)v	0.02–7	20	16	$8.47 \cdot 10^9$
	SDAS – CM-3OC	BL(N, E, Z)v	0.02–7	20	16	$2.71 \cdot 10^7$
Калининград	SDAS – CM-3OC	BH(N, E, Z)v	0.02–7	20	16	$2.50 \cdot 10^9$
	SDAS – CM-3OC	BL(N, E, Z)v	0.02–7	20	16	$8.00 \cdot 10^8$
Новохоперск	SDAS – CM-3OC	BH(N, E, Z)v	0.02–7	20	16	$5.24 \cdot 10^{10}$
	SDAS – CM-3OC	BL(N, E, Z)v	0.02–7	20	16	$3.36 \cdot 10^8$
	SDAS – CM-3KB	CH(N, E, Z)v	0.5–20	50	16	$7.94 \cdot 10^{10}$
Саратов	SDAS – CM-3KB	SH(N, E, Z)v	0.5–7	40	16	$2.03 \cdot 10^9$
	SDAS – CM-3KB	SL(N, E, Z)v	0.5–7	40	16	$6.51 \cdot 10^8$
Хабаровск	SDAS – CM-3OC	BH(N, E, Z)v	0.02–7	20	16	$3.00 \cdot 10^9$
	SDAS – CM-3OC	BL(N, E, Z)v	0.02–7	20	16	$9.60 \cdot 10^8$

В 2005 г. не проводились наблюдения на станции «Норильск» из-за повреждения канала связи, не работала станция «Грозный». Описанная сеть станций обеспечила, как это следует из графика повторяемости на рис. 1, значение представительной магнитуды для всей Земли на уровне $M_{\min}=5$. Уравнение графика повторяемости имеет вид: $\lg N=(7.61 \pm 0.07) - (0.91 \pm 0.01) \cdot M$.

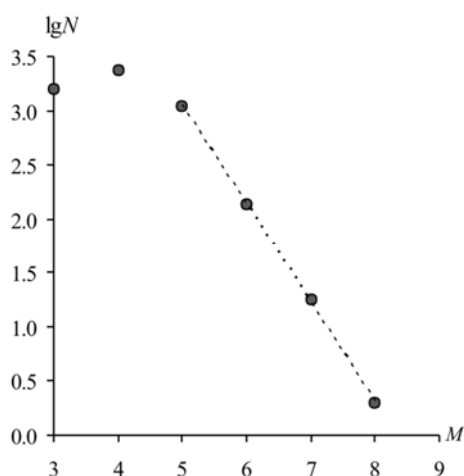


Рис. 1. График повторяемости землетрясений Земли с $h \leq 70$ км за 2005 г.

Выходные потоки информации включали ежегодные оперативные каталоги и сейсмологические бюллетени ГС РАН, т.е. 36 выпусков [5], 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). Для десяти землетрясений (из них шесть с $M(MS, MPLP, MPSP) \geq 7.0$) получены решения механизма очага [5, 8], рассчитанные по знакам первых вступлений P-волн по методике [9].

В соответствии с рекомендациями [10], сейсмический момент M_0 определен для семи

землетрясений по спектрам P -волн [8], записанных широкополосной цифровой аппаратурой (из них пять землетрясений – № 1, 4, 9, 10, 14 – в табл. 3 с M (MS , $MPLP$, $MPSP$) ≥ 7.0). Для всех событий, кроме землетрясения 19 января (1 в табл. 3 из [8]), величина M_0 рассчитана по спектрам P -волн на станции «Обнинск». Для 19 января значение M_0 приведено по станции «Кисловодск».

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 [11] с использованием телесеismicических [12–14] и региональных [15–16] годографов на основании данных о временах прихода продольных P ($PKIKP$)-волн на сейсмические станции.

Выделение максимума поверхностных волн LRM проводилось в соответствии с годографами [17, 18], определение магнитуд MS и $MPSP$ – по максимальной скорости смещения $(A/T)_{\max}$ в поверхностных и объемных волнах и соответствующим калибровочным кривым [19–23]. Детальное описание формата представления данных об основных параметрах очагов землетрясений в оперативном сейсмологическом каталоге и станционных данных в оперативном сейсмологическом бюллетене дано во введении каждого номера бюллетеня [5].

Оперативный сейсмологический каталог за 2005 г. [6] включает параметры 6492 землетрясений с $MPSP=3.2-7.3$ ($MS=3.4-8.2$). Минимальное значение $MPSP=3.2$ имеет землетрясение в Охотском море, произошедшее 7 января в 02^h20^m на глубине $h=423$ км, максимальное с $M_w=8.6$ [24], $MPSP=7.3$, $MS=8.2$ [5] – 28 марта в 16^h09^m на Северной Суматре.

Для оценки сходимости результатов определения основных параметров землетрясений в бюллетенях ГС РАН [5] и ISC [24] проведено их сравнение для выборки из 204 сильных (любая магнитуда ≥ 6.0) землетрясений по разности Δt_0 между временами возникновения землетрясений (рис. 2), координатами эпицентров ($\Delta\varphi^\circ$, $\Delta\lambda^\circ$) (рис. 3), магнитудами по поверхностным (ΔM) и продольным (Δm) волнам (рис. 4).

Как видно из рис. 2, свыше 97% землетрясений имели разность в $\Delta t_0 \leq 5$ с, хотя для некоторых $\Delta t_0 > 5$ с. В основном это удаленные землетрясения, для которых расположение станций, участвующих в обработке данных в Сейсмологическом бюллетене [5], одностороннее.

Расхождение в положении эпицентров примерно для 98% землетрясений составило по широте от $\Delta\varphi = -0.5^\circ$ до $\Delta\varphi = +0.1^\circ$ (рис. 3 а); для 95% землетрясений по – долготе от $\Delta\lambda = -0.2^\circ$ до $\Delta\lambda = +0.2^\circ$ (рис. 3 б).

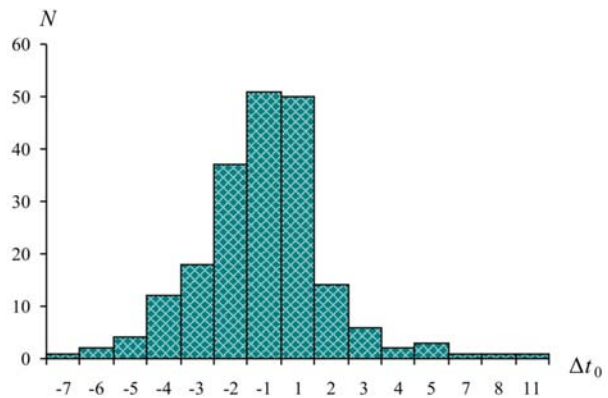


Рис. 2. Гистограмма распределения Δt_0

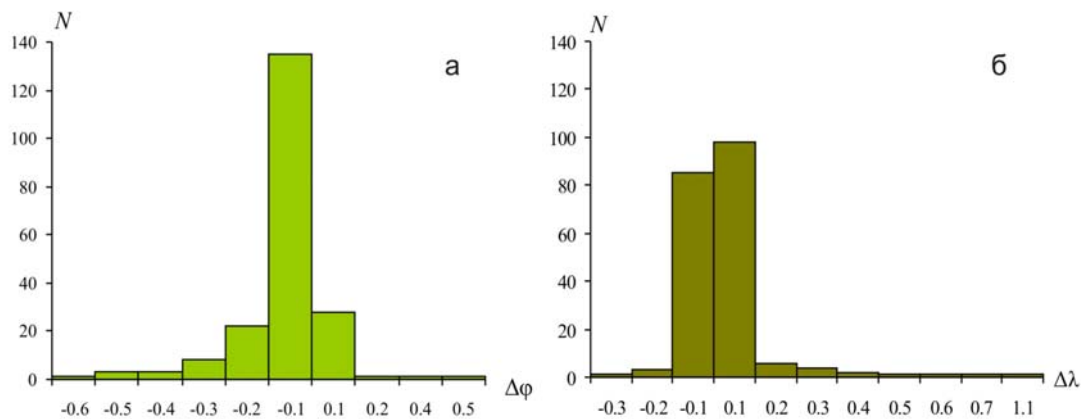


Рис. 3. Гистограммы распределения $\Delta\varphi^\circ$ (а) и $\Delta\lambda^\circ$ (б)

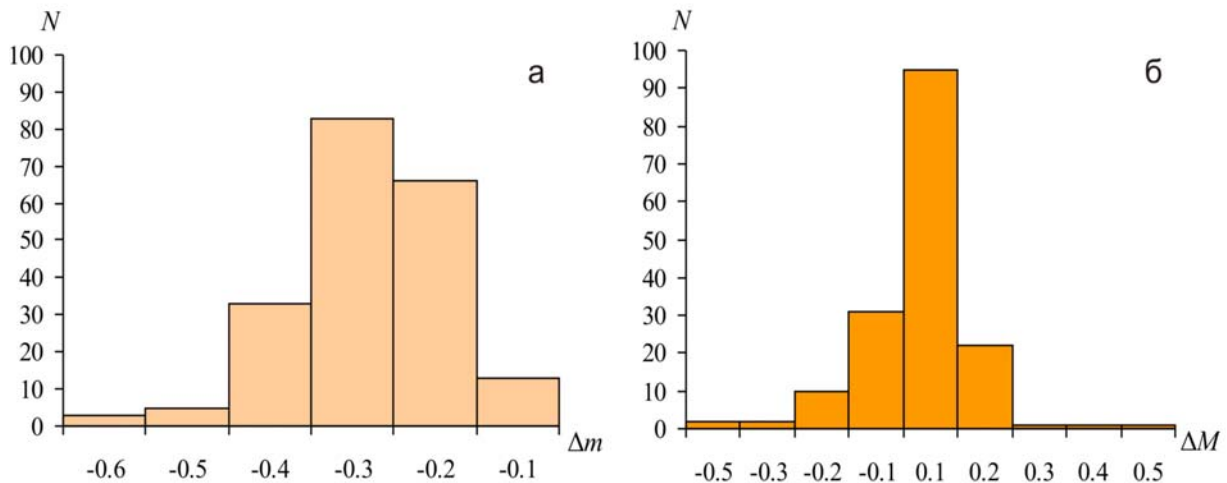


Рис. 4. Гистограммы распределения разностей $\Delta m = m_b - MPSP$ (а) и $\Delta M = M_s - MS$ (б)

Как следует из рис. 4 а, разница магнитуд $\Delta m = m_b - MPSP$ по продольной волне для всех сильных землетрясений варьирует от $\Delta m = -0.6$ до $\Delta m = -0.1$, т.е. магнитуды $MPSP > m_b$. Это связано с выбором различных интервалов записи для измерения магнитуд на сейсмограмме: интервал для измерения m_b заключен в пределах 5 с от начала записи P -волн [24], в то время как для $MPSP$ он может быть увеличен до 40–60 с [23]. Расхождение в Δm от -0.4 до -0.1 наблюдается для 96% землетрясений. Разница $\Delta M = M_s - MS$ в магнитудах по поверхностным волнам меньше – для 96% из 165 рассмотренных землетрясений значения ΔM составили не более ± 0.2 (рис. 4 б).

Карта эпицентров 6492 землетрясений 2005 г. приведена на рис. 5. Наиболее сильных землетрясений Земли с M ($MS, MPLP, MPSP$) ≥ 7.0 в оперативном каталоге [6] 14 событий (табл. 3). Решения механизма очагов в табл. 4 и на рис. 6 для всех 14 землетрясений взяты из данных Гарвардского центра США [24] по методу тензора момента центраида. Из них девять землетрясений (1–3, 7, 8, 10–14) локализованы в Тихоокеанском сейсмическом поясе, четыре (4–6, 9) – в Индийском, одно – в Трансазиатском.

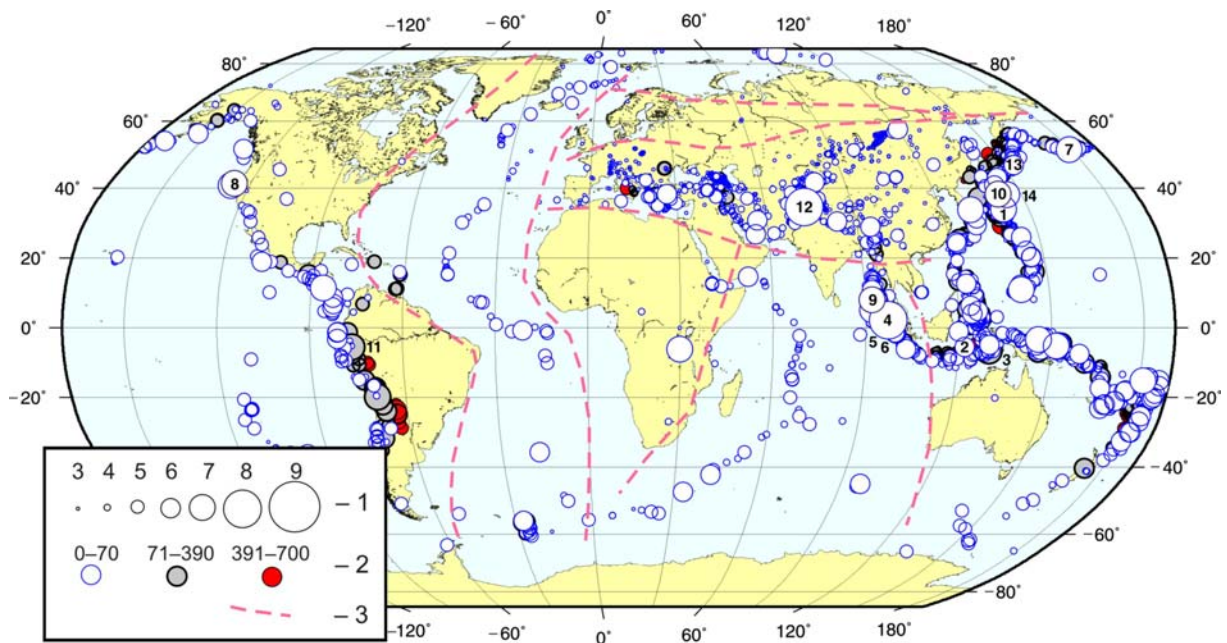


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Земли за 2005 г.

1 – магнитуда M ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – граница сейсмического пояса.

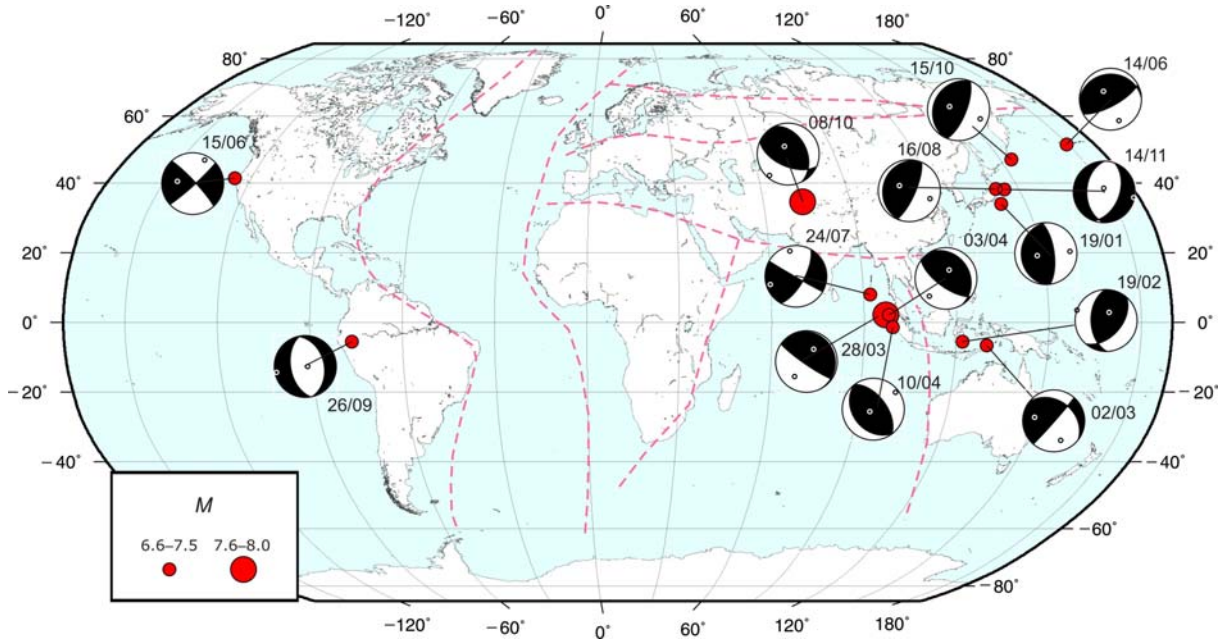


Рис. 6. Стереогаммы механизмов очагов сильных землетрясений за 2005 г. в проекции нижней полусферы

Таблица 3. Список сильных землетрясений Земли с $M(MS, MPLP, MPSP) \geq 7.0$ в 2005 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	M_0 , H-м	Магнитуды			Сейс- моакт. пояс	Р а й о н
			φ°	λ°			MS/n	$MPLP/n$	$MPSP/n$		
1	19.01	06 11 35.2	34.063	141.519	33f	$1.4 \cdot 10^{19}$ (KIV)	7.0/36	6.7/7	5.9/83	I	У восточного побережья Хонсю, Япония
2	19.02	00 04 45.9	-5.524	122.158	33f		6.2/42	7.0/9	6.5/57	I	Сулавеси, Индонезия
3 ⁺	02.03	10 42 07.9	-6.554	129.980	185		6.6/51	7.0/10	7.1/49	I	Море Банда
4 ⁺	28.03	16 09 35.4	2.133	97.125	33f	$9.1 \cdot 10^{20}$ (OBN)	8.2/50	7.4/8	7.3/64	IV	Северная Суматра, Индонезия
5	03.04	03 10 54.4	2.094	98.039	33f		5.9/53	7.0/7	6.4/93	IV	Северная Суматра, Индонезия
6	10.04	10 29 14.2	-1.316	99.205	33f		6.4/32	7.0/13	6.6/53	IV	Южная Суматра, Индонезия
7	14.06	17 10 14.2	51.266	179.482	41		6.7/80	7.1/6	6.2/130	I	Крысьи острова, Алеуты
8 ⁺	15.06	02 50 51.8	41.338	-125.837	10f	$2.1 \cdot 10^{19}$ (OBN)	7.1/45	6.5/8	6.3/102	I	У побережья Северной Калифорнии
9 ⁺	24.07	15 42 07.1	7.939	92.181	33f	$3.5 \cdot 10^{19}$ (OBN)	7.4/53	7.0/10	6.8/88	IV	Район Никобарских островов, Индия
10 ⁺	16.08	02 46 26.8	38.344	142.070	33f	$9.8 \cdot 10^{19}$ (OBN)	6.8/59	7.4/9	6.7/92	I	Восточное побережье Хонсю, Япония
11	26.09	01 55 31.7	-5.584	-76.390	71		6.9/43		7.1/73	I	Северное Перу
12	08.10	03 50 38.9	34.626	73.627	22	$8.2 \cdot 10^{19}$ (OBN)	7.6/45	7.4/9	6.8/54	I	Пакистан
13	15.10	10 06 14.6	46.803	154.115	36		5.7/63	7.0/5	6.1/97	I	Восточнее Курильских островов
14 ⁺	14.11	21 38 53.1	38.107	144.876	33f	$4.2 \cdot 10^{19}$ (OBN)	6.9/87	7.3/8	6.8/142	I	У восточного побережья Хонсю, Япония

Примечание. Номера землетрясений в графе 1 соответствуют таковым в [6], верхний индекс (⁺) указывает наличие в [4] параметров механизма очага по первым вступлениям P-волн; в графе 6 фиксированная глубина индексирована буквой «f»; M_0 и M_w в графах 7, 8 определены по записям станций «Обнинск»-OBN или «Кисловодск»-KIV.

Таблица 4. Механизмы очагов сильных землетрясений мира в 2005 г. по HRVD [24]

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				M_w [24]	MS [6]	$MPSP$ [6]	T		N		P		$NP1$			$NP2$		
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$
1	19.01	06 11 35.2	33f	6.5	7.0	5.9	66	257	3	354	24	85	181	22	98	353	69	87
2	19.02	00 04 45.9	33f	6.4	6.2	6.5	67	20	23	200	0	290	41	49	121	179	49	59
3	02.03	10 42 07.9	185	7.1	6.6	7.1	37	280	35	43	33	161	308	35	176	41	88	55
4	28.03	16 09 35.4	33f	8.6	8.2	7.3	52	30	4	125	38	218	333	8	118	125	83	86
5	03.04	03 10 54.4	33f	6.2	5.9	6.4	66	21	8	130	22	223	329	24	111	127	68	81
6	10.04	10 29 14.2	33f	6.7	6.4	6.6	79	237	1	143	11	53	142	34	89	323	56	91
7	14.06	17 10 14.2	41	6.8	6.7	6.2	62	318	8	64	26	158	268	20	115	72	81	80
8	15.06	02 50 51.8	10f	7.2	7.1	6.3	8	272	82	81	2	182	317	83	175	47	85	7
9	24.07	15 42 07.1	33f	7.2	7.4	6.8	14	253	68	124	16	347	29	69	-2	120	89	-158
10	16.08	02 46 26.8	33f	7.2	6.8	6.7	61	298	3	203	29	111	194	16	81	24	74	93
11	26.09	01 55 31.7	71	7.5	6.9	7.1	6	258	1	348	84	91	347	39	-92	169	51	-88
12	08.10	03 50 38.9	22	7.6	7.6	6.8	68	334	20	128	9	221	334	40	123	114	57	65
13	15.10	10 06 14.6	36	6.1	5.7	6.1	64	289	1	22	26	112	206	20	94	21	71	88
14	14.11	21 38 53.1	33f	7.0	6.9	6.8	3	100	9	191	80	352	181	43	-104	19	49	-78

Распределение землетрясений Земли с $M(MS, MPLP, MPSP) \geq 6.0$ в зависимости от магнитуды, но без дифференциации по глубинам их очагов, приведено в табл. 5, в сопоставлении с аналогичными данными за предыдущие 14 лет [1]. Как видим, в 2005 г. число землетрясений в интервале $M=6-7$ составило $N=190$, что выше среднего ($N=146 \pm 35$) за 14 лет, а в диапазоне $M=7-8$ оно равно $N=13$, что сравнимо со средним значением ($N=14 \pm 5$). В 2005 г. на земном шаре произошло одно землетрясение с $M \geq 8.0$ – 28 марта в $16^{\text{h}}09^{\text{m}}$ у западного побережья Северной Суматры ($MS=8.2$).

Таблица 5. Распределение числа землетрясений Земли в различных интервалах магнитуд $M(MS, MPLP, MPSP) \geq 6.0$ за 1991–2005 гг.

Год	Число землетрясений в интервале M			Всего	Год	Число землетрясений в интервале M			Всего
	6.0–6.9	7.0–7.9	8.0–8.9			6.0–6.9	7.0–7.9	8.0–8.9	
1991	84	9		93	2000	169	17		186
1992	117	13		130	2001	126	16	1	143
1993	97	7		104	2002	139	11		150
1994	136	14	1	151	2003	138	14	2	154
1995	242	28		270	2004	153	14	3	170
1996	217	15		232	Сумма	2041	196	7	2244
1997	151	5		156	Среднее за 14 лет	145±31	14±4		160±34
1998	113	12		125	2005	190	13	1	204
1999	159	21		180					

В табл. 6 дано распределение всех 6492 землетрясений Земли и их суммарной сейсмической энергии для последовательных интервалов магнитуд на разных глубинах. Для построения табл. 5 и 6, как и графика повторяемости (рис. 1), использованы наблюдаемые магнитуды MS ($N_{\text{набл.}}=1226$) или расчетные (M) ($N_{\text{расч.}}=4331$) по формулам из [7]:

$$M=1.59 MPSP - 3.67, h \leq 70 \text{ км}, \quad (1)$$

$$M=1.77 MPSP - 5.2, h=71-390 \text{ км}, \quad (2)$$

$$M=1.85 MPSP - 4.9, h > 390 \text{ км}. \quad (3)$$

Сейсмическая энергия, в отличие от предыдущих лет [1, 27], рассчитывалась только из M по формуле Б. Гуттенберга и Ч. Рихтера [25]:

$$\lg E, \text{ эрг} = 11.8 + 1.5 M. \quad (4)$$

Таблица 6. Распределение числа землетрясений Земли по интервалам глубин и магнитуд M и суммарная сейсмическая энергия в 2005 г.

h , км	M							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	375	1564	2354	1105	139	18	2	5557	178.81
71–390	338	267	114	28	24	6	1	778	40.99
> 390	30	45	60	17	3	2	–	157	1.68
N_{Σ}	743	1876	2528	1150	166	26	3	6492	221.48

График повторяемости землетрясений Земли на рис. 1 построен по данным первой строки табл. 6. Величина его наклона, равная $b = -0.91$ в 2005 г., сравнима со средними долговременными значениями $b = -0.9$ по [12].

Рассмотрим более детально географическое распределение землетрясений Земли на рис. 5. Как видно, выразительно трассируются четыре основные сейсмические пояса по [26] – Тихоокеанский (I), Трансазиатский (II), Атлантический (III), Индийский (IV). Распределение суммарной сейсмической энергии, выделившейся в 2005 г. при землетрясениях с M ($MS, MPLP, MPSP$) ≥ 6.0 в различных сейсмических поясах, дано в табл. 7, в которую включен еще один сейсмический пояс (V) – Восточно-Африканские грабены [26]. Сейсмичность Восточной Африки, связанная с внутренними континентальными разломами, считается весьма умеренной в сравнении с поясами Атлантического и Индийского океанов, которые в свою очередь менее активны, чем Тихоокеанский и Азиатский пояса. В 2005 г. 5 декабря в $12^{\text{h}}19^{\text{m}}$ близ оз. Танганьика произошло сильное ($MS=6.9$ [6], $M_w=6.8$ [24]) землетрясение с координатами $\varphi=6.11^{\circ}\text{S}$, $\lambda=29.75^{\circ}\text{E}$, $h=10$ км [6], в результате которого шесть человек погибли, разрушены 300 зданий и одна церковь (в Калемие, Конго). Сотрясения ощущались в Танзании, Руанде с интенсивностью $I=4$ балла, в Уганде, Найроби и Кении – 3 балла [24].

Таблица 7. Распределение числа землетрясений с M ($MS, MPLP, MPSP$) ≥ 6.0 и суммарной сейсмической энергии ΣE по сейсмическим поясам в 2005 г.

№	Сейсмический пояс	Число землетрясений с M		ΣE , 10^{15} Дж
		6.0–6.9	≥ 7.0	
I	Тихоокеанский	105	9	60.65
II	Трансазиатский	18	1	16.74
III	Атлантический	7		0.44
IV	Индийский	60	4	139.20
V	Восточно-Африканские грабены	1		1.42
	Сумма	191	14	218.45

Общее количество выделившейся в 2005 г. энергии на земном шаре, равное $\Sigma E=221.48 \cdot 10^{15}$ Дж, меньше таковой в 2004 г. ($\Sigma E=851.39 \cdot 10^{15}$ Дж [1]) и в 2003 г. ($\Sigma E=336.05 \cdot 10^{15}$ Дж [27]). Это связано прежде всего с различным числом N сильных землетрясений с $M \geq 8$ в эти годы. Следует отметить в 2004–2005 гг. резкий рост сейсмической энергии в Индийском поясе из-за двух катастрофических ($M_w=8.7$ и 8.6) землетрясений на Суматре 26 декабря 2004 г. [28] и 28 марта 2005 г. с большими сериями афтершоков. Из табл. 7 следует, что около 64% всей энергии выделилось в Индийском сейсмическом поясе (IV), 28% – в Тихоокеанском сейсмическом поясе (I), в остальных трех (II, III) – около 8.5%. Ниже Тихоокеанский и Индийский сейсмические пояса, где произошли сильнейшие землетрясения года, рассматриваются более детально.

В пределах **Тихоокеанского пояса (I)**, как и ранее [1], сосредоточена большая часть землетрясений, с магнитудой $M \geq 6$ их насчитывается $N=114$, в том числе девять – с $M \geq 7.0$ (№ 1–3, 7, 8, 10, 11, 13, 14). Обобщая данные параметров механизмов очагов пяти землетрясений (1, 2, 7, 10, 13) из (табл. 4, рис. 6), отметим, что их механизмы подобны, движение в очагах произошло под действием сжимающих напряжений, по положим плоскостям отмечается надвиг, по крутопа-

дающим – взброс. Различия наблюдались лишь в ориентации осей напряжений и простираении нодальных плоскостей. Для двух землетрясений (11 и 14) движение в очагах произошло под действием растягивающих напряжений, тип движения представлен сбросами. Характер подвижки в виде сдвигов (с компонентами взброса) характерен для землетрясений (3 и 8).

Отметим наиболее сильные в этом поясе землетрясения, произошедшие 16 августа в 02^h46^m с $M_w=7.2$ и 14 ноября в 21^h36^m с $M_w=7.0$ в Японии и 15 июня в 02^h50^m с $M_w=7.2$ – в США.

Согласно [24], в результате землетрясения 16 августа ранены 84 человека, преимущественно в восточной префектуре Мияги. На трассе, ведущей из Токио на северо-восток страны, остановилось 116 экспрессов, которые в обычных условиях движутся со скоростью до 270 км/ч. Более 100 тыс. пассажиров не смогли вовремя добраться к месту назначения. Полностью движение удалось восстановить лишь спустя сутки. Крупнейшая в Японии атомная электростанция Касивадзак-Карива, ближе всего расположенная к очагу колебаний, не пострадала и продолжала работать в обычном режиме. На ряде участков северо-восточного побережья о. Хонсю примерно через час после землетрясения было зафиксировано небольшое цунами высотой от 10 до 30 см.

Землетрясение 15 июня зафиксировано у побережья Северной Калифорнии. Его эпицентр находился в Тихом океане примерно в 130 км к юго-западу от прибрежного г. Кресент-Сити и примерно в 480 км к северо-западу от г. Сан-Франциско. По всему Тихоокеанскому побережью Северной Америки, включая Аляску, было объявлено предупреждение об опасности возникновения цунами. В Кресент-Сити уже начали эвакуацию жителей из некоторых расположенных в низменностях районов. Однако, проанализировав показания размещенных в океане вдоль прибрежной полосы автоматических буев-мареографов, специалисты пришли к выводу, что цунами городу все-таки не угрожает. Это несколько успокоило людей. Подземные толчки отчетливо ощущались в Калифорнии по всему побережью, но никаких сообщений о жертвах или разрушениях не поступало. Более 40 лет назад, в 1964 г., именно этот городок наиболее пострадал от возникших в результате землетрясения цунами. Тогда погибли 11 человек, было разрушено 29 городских кварталов.

К **Индийскому сейсмическому поясу (IV)** относятся четыре землетрясения (4–6 и 9). Все они расположены в Индонезийском архипелаге. Землетрясения (4–6) произошли близ о. Суматра под преобладающим действием сжимающих напряжений, тип движения – взбросы по крутопадающим и надвиги – по пологим плоскостям. Движение в очаге землетрясения (9) в районе Никобарских островов произошло под действием близких по величине напряжений сжатия и растяжения, тип подвижки – сдвиг (левосторонний по плоскости $NP1$ и правосторонний – по $NP2$). В районе о. Суматры 28 марта 2005 г. произошло самое сильное землетрясение года – катастрофическое с $M_w=8.6$ [8], сравнимое по величине со случившимся в этом же регионе три месяца назад землетрясением 26 декабря 2004 г. с $M_w=9.0$. Эпицентр землетрясения 28 марта 2005 г. располагался между о. Ниас и о. Самелуэ. На обоих островах значительные разрушения. Механизмы очагов землетрясений 26 декабря 2004 г. [1] и 28 марта 2005 г. (табл. 4) подобны. Землетрясение 28 марта 2005 г. также вызвало цунами, хотя оно не было столь мощным. Число жертв превысило две тысячи человек [28, 29].

Другое катастрофическое землетрясение (12) с $M_w=7.6$ произошло 8 октября в Трансзиатском поясе, в Пакистане. Механизм его очага представлен взбросом по обеим нодальным плоскостям с элементами сдвига. Обе плоскости имели северо-западное простираение и достаточно крутое падение. Движение в очаге обусловлено превалярованием напряжений сжатия, ориентированных на юго-запад. Очаг землетрясения располагался в зоне коллизии двух крупнейших плит Азиатского континента – Индийской и Евразийской. Эпицентр землетрясения находился в 90 км к северу от столицы страны Исламабада. Удар стихии в основном пришелся на пакистанскую часть Кашмира. В Индии катастрофы привели к менее серьезным последствиям. В Таджикистане сотрясения ощущались в Хороге с $I=5$ баллов, в Душанбе – 4 балла, в Худжанде – 3 балла. Согласно [24], в ближайшем к эпицентру районе погибли 86 тыс. человек и 100 тыс. получили ранения. Полностью разрушены населенные пункты и дороги в труднодоступной горной местности. Накопившееся напряжение в земной толще постепенно высвобождается при афтершоках и вероятность сильных землетрясений в дальнейшем становится меньше. Пакистанское землетрясение оказалось сильнейшим в Южной Азии за последние 100 лет [29].

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 телесеismicким наблюдениям ГС РАН // Землетрясения Северной Евразии, 2004 г. – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 274–282.
2. **Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Коломиец М.В.** Служба срочных донесений ГС РАН. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
3. **Габсатарова И.П.** Северный Кавказ. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
4. **Результаты проведения комплексных сейсмологических и геофизических наблюдений и обработки данных на базе стационарных и мобильных сейсмических сетей в ГС РАН за 2005 год** (отчет за 01.01.2005 г.–31.12.2005 г.). – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2006. – 160 с.
5. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2005 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2005–2006.
6. **Шаторная Н.В. (отв. сост.), Бабкина В.Ф., Болдырева Н.В., Аторина М.А., Рыжикова М.И., Щербакова А.И.** Каталог землетрясений Земли за 2005 год ($N=6492$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
7. **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.
8. **Чепкунас Л.С., Малянова Л.С.** Очаговые параметры сильных землетрясений Земли. (См. раздел II (Спектры и динамические параметры очагов землетрясений) в наст. сб.).
9. **Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Аптекман Ж.Я., Бармин М.П.** Об определении механизма очагов на ЭВМ ЕС-1030 // Физика сейсмических волн и внутреннее строение Земли. – М.: Наука, 1982. – С. 86–97.
10. **Захарова А.И., Чепкунас Л.С.** Динамические параметры очагов сильных землетрясений по спектрам продольных волн на станции «Обнинск» // Физика Земли. – 1977. – № 2. – С. 9–17.
11. **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.
12. **Рихтер Ч.** Элементарная сейсмология. – М.: ИЛ, 1963. – 670 с.
13. **Jeffreys H., Bullen К.Е.** Seismological tables // Brit. Assoc. for the advancement of Sci. – London: Gray-Milne Trust, 1958. – 65 p.
14. **Bolt В.А.** Estimation of PKP travel times // Bull. Seism. Soc. Am. – 1968. – 58. – N 4. – P. 1305–1324.
15. **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.
16. **Wadati К.** Travel time P and S -waves // Geophys. Mag. – 1933. –N 11.
17. **Архангельская В.М.** Использование записей поверхностных волн при интерпретации сейсмограмм // Бюллетень Совета по сейсмологии. – М.: АН СССР, 1957. – № 6. – С. 81–88.
18. **Горбунова И.В., Захарова А.И., Чепкунас Л.С.** Максимальная фаза поверхностной волны Рэлея по наблюдениям различной аппаратурой в ЦСО «Обнинск» // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. II. – М.: ИФЗ АН СССР, 1974. – С. 19–25.
19. **Gutenberg В., Richter С.** Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seism. Soc. Am. – 1942. – 32. – № 3. – P. 163–191.
20. **Gutenberg В., Richter С.** Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seism. Soc. Am. – 1956. – 46. – N 2. – P. 105–145.
21. **Ванек И., Затопек А., Карник В., Кондорская И.В., Ризниченко Ю.В., Саваренский Е.Ф., Соловьёв С.Л., Шебалин Н.В.** Стандартизация шкал магнитуд // Изв. АН СССР. – Сер. геофизич. – 1962. – № 2. – С. 153–158.
22. **Горбунова И.В., Шаторная Н.В.** О калибровочной кривой для определения магнитуды землетрясений по волнам РККР // Физика Земли. – 1976. – № 7. – С. 77–81.
23. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР.** – М.: Наука, 1982. – 273 с.

24. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2005.** – Berkshire: ISC, 2007.
25. **Gutenberg B., Richter C.** Magnitude and energy of earthquakes // *Ann. di Geofisica.* – 1956. – 1. – N 9. – P. 1–15.
26. **Гутенберг Б. и Рихтер Ч.** Сейсмичность Земли. – М.: ИЛ, 1948. – 160 с.
27. **Чепкунас Л.С., Болдырева Н.В., Пойгина С.Г.** Оперативная обработка землетрясений мира по телесеismicическим наблюдениям ГС РАН // *Землетрясения Северной Евразии, 2003 г.* – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 274–282.
28. **Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П.** Хроника сейсмичности Земли. Землетрясения во втором полугодии 2005 г. // *Земля и Вселенная.* – 2005. – № 2. – С. 98–100.
29. **Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П.** Хроника сейсмичности Земли. От Суматры до Северной Земли // *Земля и Вселенная.* – 2005. – № 6. – С. 74–78.