

СИЛЬНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЗЕМЛИ

С.Г. Пойгина, Н.В. Петрова, Н.В. Болдырева

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск, sveta@gsras.ru

Аннотация. Приведены сведения о сейсмичности Земли в 2012 г. на уровне сильных землетрясений с $M \geq 6$ по данным Сейсмологического бюллетеня Геофизической службы РАН (ГС РАН). Исходный сейсмологический бюллетень за 2012 г. содержит параметры 4845 землетрясений мира, против 5882 в 2011 г. В данной статье анализируются параметры 179 сильных землетрясений с $M \geq 6$, включая 16 сильнейших с $M \geq 7$ и максимальное в 2012 г. землетрясение Земли с $M_w=8.6$, произошедшее у западного побережья Северной Суматры. Показано расположение эпицентров землетрясений и сейсмических станций, данные которых использовались при определении основных параметров очагов землетрясений, дан сравнительный анализ числа землетрясений и выделившейся сейсмической энергии по сейсмическим районам Земли. Для 20 сильнейших землетрясений приведены сведения о механизмах очагов и их последствиях, таких как макросейсмический эффект, число жертв, оползни, цунами и т.д.

Abstract. The information on the Earth seismicity in 2012 at the level of strong earthquakes with $M \geq 6$ is provided according to the Seismological Bulletin of the Geophysical Service of RAS (GS RAS). The initial Seismological Bulletin for 2012 contains the parameters of 4845 earthquakes in the world, versus 5882 in 2011. This article analyzes the parameters of 179 strong earthquakes of the Earth with $M \geq 6$, including 16 strongest earthquakes with $M \geq 7$ and the maximum earthquake with $M_w=8.6$ occurred near the western coast of North Sumatra. The location of earthquake epicenters and seismic stations, whose data were used to determine the main parameters of earthquake foci, are shown, as well as a comparative analysis of the number of earthquakes and seismic energy released within the Earth's seismic regions is given. For the 20 strongest earthquakes the information on the focal mechanisms and their consequences, such as the macroseismic effect, number of victims, landslides, tsunamis, etc. is given.

Исходными для анализа сильных землетрясений Земли в 2012 г. являлись сейсмологические бюллетени [1] и сейсмологические каталоги [2] ФИЦ ЕГС РАН. На их основе составлен Каталог землетрясений Земли за 2012 г. [3], приведенный в Приложении к наст. ежегоднику. При составлении ежедекадных сейсмологических бюллетеней и сейсмологических каталогов в 2012 г. использовались данные 815 сейсмических станций ФИЦ ЕГС РАН, стран СНГ и мировой сети [4], изображенных на рис. 1, против 777 станций в 2011 г. [5].

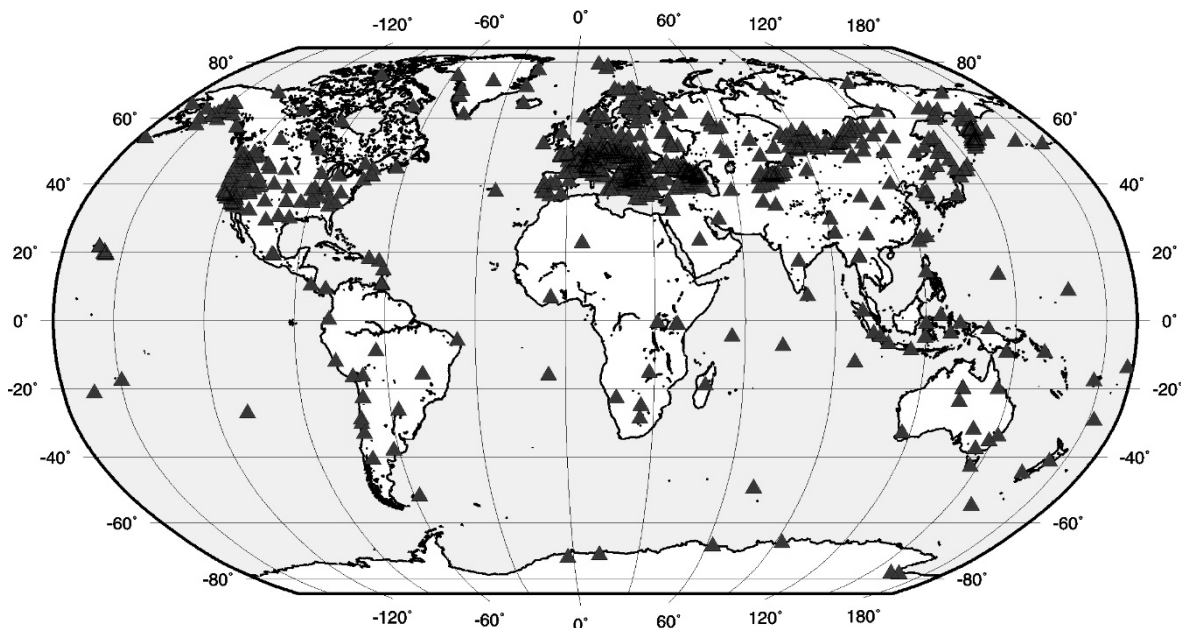


Рис. 1. Сейсмические станции мира, данные которых использовались при определении основных параметров землетрясений за 2012 г. в [1, 2]

Как видно из рис. 1, подавляющее число используемых в 2012 г. станций размещено в северном полушарии, особенно в районах самой высокой плотности населения – в Европе. Список всех станций дан в Приложении [5] к наст. ежегоднику.

Рассмотрим содержание и объем исходного каталога землетрясений Земли по данным ФИЦ ЕГС РАН за 2012 г. [3].

Методика определения основных параметров землетрясений, по сравнению с таковыми в [6], не изменилась. Как и ранее [6], кинематические параметры (координаты гипоцентра (φ, λ, h) и время t_0 возникновения землетрясения) определялись по программе ЭПИ-74 [7] с использованием телесеismicических [8–10] и региональных [11, 12] годографов на основании данных о временах прихода продольных $P(PKIKP)$ -волн на сейсмические станции. Максимум поверхностных волн LRM выделялся в соответствии с годографами [13, 14].

Определение магнитуд MS , $MPSP$ и $MPLP$ производилось по максимальной скорости смещения $(A/T)_{\max}$ в поверхностных и объемных волнах и соответствующим калибровочным кривым [15–19]. Кроме того, в каталог [3] включены сейсмические моменты M_0 по методике [20, 21] и моментные магнитуды M_w по методике Канамори [22] из [23], а также метки о наличии механизмов очагов по определениям ГС РАН методом первых вступлений P -волн из [24]. Итоговый сейсмологический каталог [3] за 2012 г. включает параметры 4845 землетрясений мира (против 5882 в 2011 г. [25]).

Из каталога [3] следует, что для всех 4845 землетрясений определены магнитуды $MPSP$ по объемным волнам. Остальных динамических параметров определено значительно меньше, а именно: MS – для 1065 землетрясений; $MPLP$ – для 167; M_0 и M_w – для 18; механизмы очагов – для 25 событий в [24] и еще для 6-ти – в [26]. Приведенные объемы измерений повлекли за собой необходимость проведения двух дополнительных процедур при создании каталога сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений Земли [27].

Первая процедура связана с практической необходимостью из имеющихся сведений получить для всех землетрясений магнитуду MS по поверхностным волнам, как наиболее устойчивую. Эта магнитуда используется в практике сейсмического районирования для расчета макросейсмической интенсивности по уравнениям макросейсмического поля типа $I=f(MS, \Delta)$ и сейсмической сотрясаемости. Стандартным решением этой проблемы в случае отсутствия прямого определения MS является ее пересчет из магнитуды $MPSP$. Расчетная магнитуда MS^* считалась, как и ранее [6], по формуле (1) для землетрясений с $h \leq 70$ км, по формулам (2) и (3) – для промежуточных и глубоководных землетрясений соответственно:

$$MS^* = 1.59 \cdot MPSP - 3.67, \quad h \leq 70 \text{ км}, \quad (1)$$

$$MS^* = 1.77 \cdot MPSP - 5.2, \quad h = 71 - 390 \text{ км}, \quad (2)$$

$$MS^* = 1.85 \cdot MPSP - 4.9, \quad h > 390 \text{ км из [28]}. \quad (3)$$

Сейсмическая энергия рассчитывалась из MS (MS^*) по формуле из [29]:

$$\lg E, \text{ Дж} = 4.8 + 1.5 MS. \quad (4)$$

Вторая процедура выполнена авторами настоящей статьи впервые и связана с разумным восполнением недостающих значений сейсмических моментов M_0 и моментных магнитуд M_w в каталоге сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений Земли (Приложение к наст. ежегоднику [27]), привлекаемая для этого данные международных центров [30, 31]. Кроме того, каталог [27] дополнен макросейсмическими сведениями [32] о сильных землетрясениях из различных источников и координатами сотрясенных населенных пунктов [33] на территории Северной Евразии из [34].

Основной целью настоящей работы является анализ наиболее сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений Земли, суммарное число которых в 2012 г. составило $N_2 = 179$ [27]. Как и ранее [6], процедура выборки из каталога [3] сильных землетрясений решалась композитно – к таковым отнесены все землетрясения, у которых хотя бы одна из четырех магнитуд ($MS, MPLP, MPSP, M_w$) ≥ 6.0 .

Географическое распределение гипоцентров сильных землетрясений показано на рис. 2. В основном оно соответствует известной мировой статистике наблюдаемых на земном шаре землетрясений.

В список сильных землетрясений 2012 г. включены два более слабых события – 7 мая с $MS=5.6$ в Азербайджане [35] и 23 декабря с $MS=5.4$ в Чёрном море [36], ощущавшихся в населенных пунктах Азербайджана и России с интенсивностью до 5–6 баллов и имевших большой информационный резонанс.

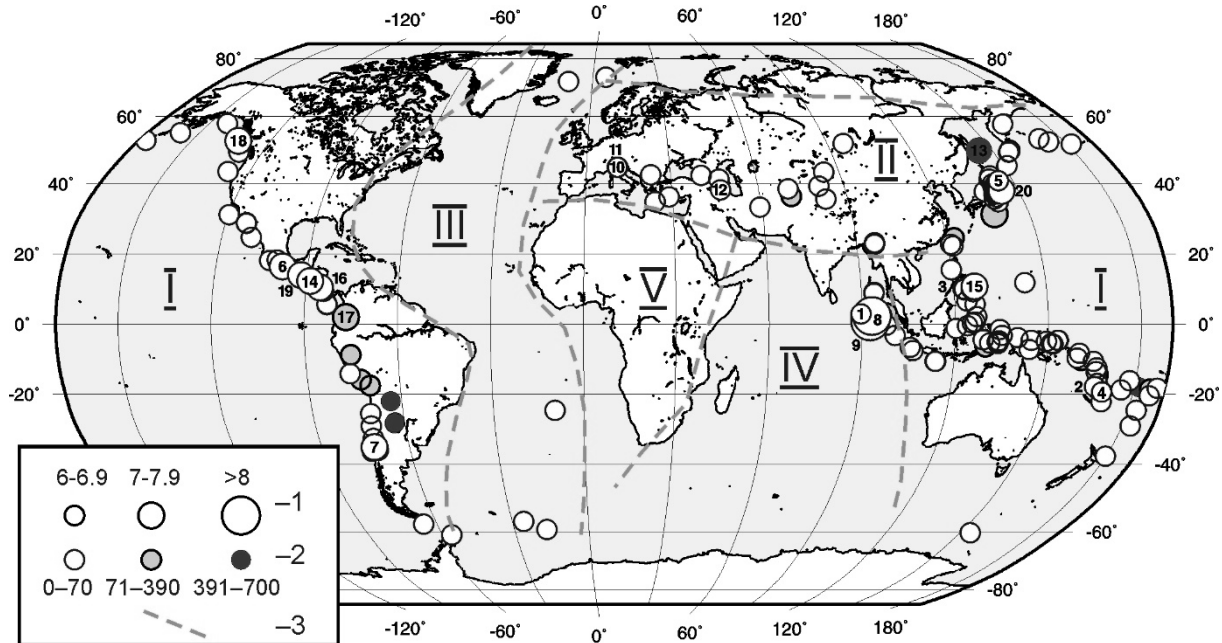


Рис. 2. Карта эпицентров сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений Земли за 2012 г.

1 – магнитуа MS/MS^* ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – граница сейсмического региона (I – Тихоокеанского, II – Евразийского, III – Атлантического океана, IV – Индийского океана, V – Африканского). Номер в кружке эпицентра соответствует номеру землетрясения в табл. 3 и 4.

Распределение землетрясений Земли с $M (MS, MPLP, MPSP, Mw) \geq 6.0$ в зависимости от магнитуды, но без дифференциации их по глубинам очагов, приведено в табл. 1 в сопоставлении с аналогичными данными за предыдущие 20 лет [37]. Как видно, в 2012 г. число землетрясений в интервале $M=6.0-6.9$ составило $N=163$, что сравнимо со средним $N=162.9$ за 20 лет; в диапазоне $M=7.0-7.9$ оно равно $N=14$ и ниже среднего значения $N=15.7$.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений Земли с $M \geq 6.0$ в различных интервалах магнитуд за 1992–2012 гг.

Год	$N(\Delta M)$			N_{Σ}	Год	$N(\Delta M)$			N_{Σ}
	6.0–6.9	7.0–7.9	≥ 8.0			6.0–6.9	7.0–7.9	≥ 8.0	
1992	117	13		130	2004	153	14	3	170
1993	97	7		104	2005	190	13	1	204
1994	136	14	1	151	2006	154	15	2	171
1995	242	28		270	2007	185	20	3	208
1996	217	15		232	2008	174	14	1	189
1997	151	5		156	2009	152	18	1	171
1998	113	12		125	2010	174	22	1	197
1999	159	21		180	2011	272	24	1	297
2000	169	17		186	Сумма за 20 лет	3258	313	17	3588
2001	126	16	1	143	Среднее за 20 лет	162.9	15.7	1.5	179.4
2002	139	11		150	2012	163	14	2	179
2003	138	14	2	154					

Распределение суммарной сейсмической энергии, выделившейся в 2012 г. при землетрясениях с $M \geq 6.0$ в основных сейсмических регионах Земного шара, представлено в табл. 2. При составлении таблицы использованы наблюдаемые магнитуды землетрясений MS по поверхно-

стным волнам для тех землетрясений, у которых эта магнитуда есть в каталоге [27], а для остальных, как указано выше, выполнен пересчет магнитуд $MPSP$ по объемным волнам в магнитуды MS^* по поверхностным волнам по формулам (1–3).

Таблица 2. Распределение числа землетрясений Земли с $M \geq 6.0$ и их суммарной сейсмической энергии ΣE по территории Земного шара в 2012 г.

№	Сейсмический регион	Число землетрясений с M		ΣE , 10^{15} Дж	%
		6.0–6.9	≥ 7.0		
I	Тихий океан	125	11	133.5	30.04
II	Евразия	19		2.4	0.54
III	Атлантический океан	6		0.6	0.14
IV	Индийский океан	16	2	307.9	69.28
	Сумма	163	16	444.4	

Из табл. 2 следует, что более 69 % всей сейсмической энергии высвобождено в очагах землетрясений Индийского океана (IV), около 30 % – в Тихоокеанском регионе (I) и менее 1 % – в Евразии (II) и Атлантическом океане (III). В Африке (V) сильных землетрясений в 2012 г. не происходило.

В табл. 3 приведены основные параметры 16 сильнейших землетрясений планеты с M (MS , $MPLP$, $MPSP$, M_w) ≥ 7.0 из каталога [27], а в табл. 4 – параметры их механизмов из [24, 26]. Кроме того, в табл. 3 и 4 включены четыре более слабые, но разрушительные землетрясения (№ 3, 10, 11 и 12) с человеческими жертвами, произошедшие на Филиппинах, в Северной Италии и Иране.

Таблица 3. Список сильнейших ($M \geq 7.0$) землетрясений Земли в 2012 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр [1]			M_0 , H·м [1]	Магнитуды [1]				Сейс- мичес- кий регион	Географический регион [38]
			φ°	λ°	h , км		M_w/n	MS/n (MS^*)	$MPLP/n$	$MPSP/n$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1*	10.01	18 36 58.2	2.404	93.163	22	$1.4 \cdot 10^{19}$ OBN	6.8/2	6.9/145	6.9/13	6.7/136	IV	У западного побереж. Северной Суматры
2	02.02	13 34 39.8	-17.794	167.055	29			6.9/74	7.1/5	6.4/79	I	Острова Вануату
3	06.02	03 49 13.4	9.946	123.229	29			6.7/124	6.9/14	6.4/112	I	Негрос, Филиппины
4	09.03	07 09 49.9	-19.193	169.640	19			6.5/92	7.0/9	6.1/99	I	Острова Вануату
5*	14.03	09 08 36.6	40.943	144.910	36	$6.2 \cdot 10^{19}$ OBN	7.2/4	6.9/116	7.4/7	6.8/128	I	У восточного побереж. Хонсю, Япония
6*	20.03	18 02 47.8	16.535	-98.245	33f			7.7/96	7.5/7	6.7/94	I	Побережье Герреро, Мексика
7*	25.03	22 37 04.9	-35.137	-71.942	31			7.2/108		6.4/72	I	Центральное Чили
8*	11.04	08 38 36.5	2.269	93.083	38	$9.9 \cdot 10^{20}$ OBN	8.0/4	8.4/116	7.7/15	7.4/79	IV	У западного побереж. Северной Суматры
9	11.04	10 43 08.7	0.798	92.445	26	$1.0 \cdot 10^{21}$ OBN	7.9/3	8.0/56	7.8/12	7.1/64	IV	У западного побереж. Северной Суматры
10*	20.05	02 03 50.2	44.864	11.261	12	$2.6 \cdot 10^{18}$ ARU	6.2/1	6.1/75	6.0/9	5.8/125	II	Северная Италия
11	29.05	07 00 01.6	44.852	11.080	10f	$1.2 \cdot 10^{18}$ ARU		5.9/141	6.2/9	5.8/139	II	Северная Италия
12*	11.08	12 23 16.3	38.360	46.813	11	$4.1 \cdot 10^{18}$ OBN	6.5/2	6.5/89	6.7/10	6.2/109	II	Армения–Азербайджан–Иран погр. обл.
13*	14.08	02 59 37.8	49.745	145.169	591			(7.7)		6.8/93	I	Охотское море
14*	27.08	04 37 17.4	12.338	-88.616	10f			7.1/70		6.0/49	I	У побереж. Центральной Америки
15*	31.08	12 47 32.4	10.734	126.740	33f	$2.8 \cdot 10^{20}$ OBN	7.6/1	7.4/92	7.6/17	7.3/109	I	Район Филиппинских островов

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр [1]			M_0 , Н·м [1]	Магнитуды [1]				Сейс- мичес- кий регион	Географический регион [38]
			φ°	λ°	h , км		M_w/n	M_S/n (M_S^*)	M_{PLP}/n	M_{PSP}/n		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16*	05.09	14 42 08.7	10.387	-85.327	36			7.7/43		6.5/113	I	Коста-Рика
17	30.09	16 31 32.5	1.984	-76.416	148			(7.0)		6.9/118	I	Колумбия
18*	28.10	03 04 07.8	52.631	-132.299	21	$4.8 \cdot 10^{20}$ OBN	7.7/1	7.5/112	7.2/12	6.6/171	I	Район островов Ко- ролевы Шарлотты
19*	07.11	16 35 49.0	14.076	-91.834	53			7.4/77	7.3/4	6.6/109	I	Гватемала
20*	07.12	08 18 20.8	37.953	144.046	25	$2.2 \cdot 10^{20}$ OBN	7.5/1	7.5/128	7.3/8	7.2/144	I	У восточного побер. Хонсю, Япония

Примечание. В графе 1 знак «*» указывает на наличие в [1, 24] параметров механизма очага по первым вступлениям P -волн; в графе 6 буквой «f» индексирована фиксированная глубина; в графе 7 приведен сейсмический момент M_0 , рассчитанный в агентстве GSRAS по данным станций OBN («Обнинск») или ARU («Арти»).

Из 20 сильнейших землетрясений Земли, включенных в табл. 3, 14 землетрясений (№ 2–7, 13–20 в табл. 3) локализованы в Тихоокеанском регионе, три (№ 1, 8, 9) – в районе Индийского океана, три – в Евразии (№ 10, 11, 12).

Представление механизмов очагов землетрясений с $M \geq 7.0$ в стереографической проекции на нижней полусфере дано в табл. 4 и на рис. 3. Для 14 землетрясений (№ 1, 5–8, 11, 13–29) механизмы очагов определены в ГС РАН (код агентства – GSRAS) [1, 24] по программе А.В. Ландера [39], использующей знаки первых вступлений продольных P -волн, для шести землетрясений (№ 2–4, 9, 11, 17) – по методу тензора момента центроида в Колумбийском университете США (код агентства – GCMT) [30].

Таблица 4. Параметры механизмов очагов сильнейших ($M \geq 7.0$) землетрясений Земли в 2012 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	M_w [30]	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Диаграмма	Агент- ство
					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
1	10.01	18 36 58.2	22	7.2	9	231	78	90	7	322	276	89	168	7	78	1		GSRAS
2*	02.02	13 34 39.8	29	7.0	4	290	35	198	55	26	51	51	-43	172	58	-132		GCMT
3*	06.02	03 49 13.4	29	6.7	84	182	5	25	2	295	19	43	83	210	47	97		GCMT
4*	09.03	07 09 49.9	19	6.6	2	51	4	141	85	300	136	43	-97	325	47	-84		GCMT
5	14.03	09 08 36.6	36	7.0	0	169	28	259	62	79	234	51	-127	104	51	-53		GSRAS
6	20.03	18 02 47.8	33f	7.5	50	27	9	129	38	226	4	11	146	128	84	81		GSRAS
7	25.03	22 37 04.9	31	7.1	64	90	0	360	26	270	0	19	90	180	71	90		GSRAS
8	11.04	08 38 36.5	38	8.6	10	244	78	90	5	335	20	79	4	289	86	169		GSRAS
9*	11.04	10 43 08.7	26	8.2	3	62	83	176	7	332	107	83	-177	17	87	-7		GCMT
10	20.05	02 03 50.2	12	6.1	62	101	28	281	0	191	256	51	53	126	51	126		GSRAS

№	Дата, д.м	t_0 , ч мин с	h , км	M_w [30]	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Диаграмма	Агент- ство
					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
11*	29.05	07 00 01.6	10f	5.9	71	222	8	107	17	14	91	29	72	291	63	99		GCMT
12	11.08	12 23 16.3	11	6.5	0	39	90	0	0	309	84	90	180	354	90	0		GSRAS
13	14.08	02 59 37.8	59f	7.7	64	163	5	63	26	331	50	20	76	245	71	95		GSRAS
14	27.08	04 37 17.4	10f	7.3	50	31	11	288	38	190	230	12	31	110	84	101		GSRAS
15	31.08	12 47 32.4	33f	7.6	77	103	1	8	13	278	6	32	88	189	58	91		GSRAS
16	05.09	14 42 08.7	36	7.6	64	17	5	117	26	209	310	20	104	115	71	85		GSRAS
17*	30.09	16 31 32.5	148	7.2	8	157	14	249.0	74	39.0	80	54	-73	231	39	-113		GCMT
18	28.10	03 04 07.8	21	7.8	76	7	5	117	13	208	304	32	99	114	58	84		GSRAS
19	07.11	16 35 49.0	53	7.4	59	63	18	301	24	203	260	26	46	127	72	109		GSRAS
20	07.12	08 18 20.8	25	7.2	48	33	41	194	10	293	60	50	148	172	66	44		GSRAS

Примечание. Знаком * в графе 1 отмечены механизмы из [26], все другие – из [24]; параметры землетрясений (графы 2–4) соответствуют таковым в каталогах [3, 27].

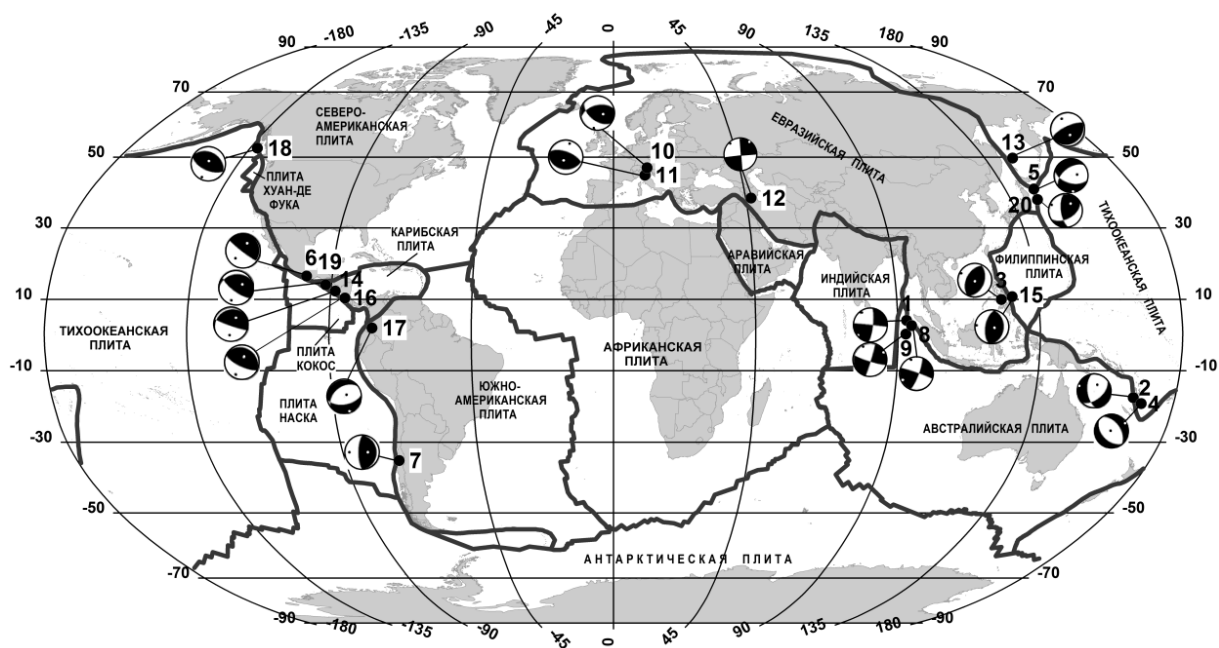


Рис. 3. Диаграммы механизмов очагов сильнейших ($M \geq 7.0$) землетрясений Земли за 2012 г. в проекции нижней полусферы

Зачернены области сжатия. Черными кружками обозначены эпицентры землетрясений, номер рядом с эпицентром соответствует номеру землетрясения в табл. 3.

Ниже приводится описание 20 землетрясений из табл. 3, 4 по районам I, II и IV. Эпицентры большинства землетрясений приурочены к границам крупнейших тектонических плит Земли (рис. 3) и расположены в пределах земной коры, за исключением глубокофокусных землетрясений в Охотском море (№ 13) и в Колумбии (№ 17).

Сильнейшее (№ 8, $MS=8.4$ [3], $M_w=8.6$ [30]) землетрясение 2012 г. произошло 11 апреля в 08^h38^m у западного побережья Северной Суматры. Спустя 125 минут зарегистрирован мощный афтершок (№ 9, $MS=8.0$ [3], $M_w=8.2$ [30]) – второе по магнитуде землетрясение в 2012 г.

Индийский океан. У западного побережья о. Северная Суматра 11 апреля в 08^h38^m произошло сильнейшее за инструментальный период внутриплитовое землетрясение планеты (№ 8 в табл. 3, 4 и на рис. 3) с $M_w=8.6$ [30], $MS=8.4$ [3]. Очаг землетрясения находился на глубине 38 км в 450 км к юго-западу от г. Банда-Ачех – столицы самой западной индонезийской провинции Ачех, о. Суматра, Индонезия. По данным РИА-Новости [40], в районе Ачех-Бесар провинции Ачех обрушился мост. В г. Банда-Ачех подземные толчки повредили стену городской тюрьмы. «Пять человек погибли, в том числе один в Банда-Ачехе, трое в районе Ачех-Бесар и один в Лхоксемаве», – сообщил представитель спасательной службы. По его же данным, от стихии наиболее пострадали три индонезийские провинции – Ачех, Западная Суматра и Северная Суматра. Индийским центром предупреждения цунами была объявлена тревога цунами, но высота первой пришедшей на побережье волны не превысила 20 см [40].

По данным NEIC в [31], по меньшей мере два человека погибли, еще восемь человек умерли от сердечных приступов, 12 человек получили ранения, некоторые здания были повреждены в провинции Ачех. Землетрясение ощущалось с интенсивностью $I=VII$ баллов по шкале ММ (ММ – модифицированная шкала Меркалли [8]) в Банда-Ачехе и Мейлабохе, VI баллов – в Паданге и V баллов – в Сиболге и Сингкиле, Северная Суматра, а также V баллов – в Гунунгситоли, Ниасе и Джитре, Малайзия. Сотрясения ощущались также на большей части Суматры и Явы, в Южной и Юго-Восточной Азии, включая Бангладеш, Бутан, Бруней, Бирму, Индию, Лаос, Малайзию, Мальдивы, Сингапур, Шри-Ланку, Таиланд и Вьетнам, а также в Бомбее, Индия и Бруме, Австралия. В Индонезии было зарегистрировано небольшое цунами с максимальной высотой волны 1.08 м на станции Меулабох и 37 см – на Сабанге [29].

Согласно данным ГС РАН [24], в очаге в условиях горизонтального северо-западного сжатия и юго-западного растяжения произошел левый сдвиг по крутой плоскости север–северо-восточного простирания, или правый сдвиг по плоскости запад–северо-западного простирания.

Сильнейший афтершок Суматранского землетрясения (№ 9, $MS=8.0$ [3], $M_w=8.2$ [30]) был зарегистрирован 11 апреля в 10^h43^m и ощущался с интенсивностью V баллов по шкале ММ в Сиболге (Северная Суматра) и Айер-Итаме (Малайзия); IV балла – в Петалинг-Джайе и Сунгай-Аре (Малайзия), в Четпете (Индия) и в Коломбо (Шри-Ланка); III балла – в Баттеруэрте, Гелугоре, Джорджтауне и Куала-Лумпуре (Малайзия), в Бангалоре и Мадрасе (Индия); II балла – в Котте (Шри-Ланка), в Катту и Пхукете (Таиланд). Толчки ощущались также в Банда-Ачехе, Букиттинги, Дури, Медане и Паданге (Северная Суматра), в Джакарте на о. Ява, в Бангладеше, Брунее, Сингапуре, Вьетнаме и на Мальдивах. На острове Пулау Энггано было зарегистрировано локальное цунами с максимальной высотой волны 22 см [31].

Механизм очага сильнейшего афтершока, по данным GСMT [30], аналогичен механизму основного толчка – левый сдвиг по плоскости север–северо-восточного простирания, или правый сдвиг по плоскости восток–юго-восточного простирания (рис. 3).

Авторы [41] указывают, что возникновение двух сильнейших Суматранских землетрясений 2012 г. было обусловлено внутренними деформациями на диффузной плитовой границе между Индией и Австралией. Сдвиг произошел на сопряженных плоскостях, обрисованных по данным батиметрических исследований и спутниковых данным о магнитных аномалиях. В районе Андамских о-вов (900–1200 км к северу от эпицентров) косейсмические смещения в южном направлении были величиной до 3 см. В районе залива Кэмпбелл (о. Большой Никобар) смещения в восток–юго-восточном направлении достигали 4 см. Результаты наблюдений согласуются с результатами моделирования с использованием глобальных сейсмических записей.

По мнению авторов [42], в сложном разрывообразовании выделяют три эпизода излучения энергии. Последний эпизод связан с зоной, лежащей в 370 км к западу от эпицентра на подводном хребте Найнти-Ист (Восточно-Индийский хребет), где процесс возник с задержкой

120 с. Результаты анализа показывают, что землетрясение 2012 г. связано с донной структурой север–северо-восточного простирания, на которой происходила серия сдвигов по простиранию с распространением разрыва в западном направлении. Предполагают, что причиной динамического триггерного механизма могло быть взаимодействие жидкостей и напряжений, возбуждаемых проходящими поверхностными волнами. В [43–46] также анализируются сложные процессы разрывообразования при Суматранских землетрясениях 2012 г. Результаты указывают на вспарывание четырех связанных разломов в течение 180 с.

За три месяца до сильнейших землетрясений № 8, 9 у западного побережья Северной Суматры имел место мощный форшок (№ 1) 10 января в 18^h36^m с $M_w=7.2$ [30], $M_S=6.9$ [3], который ощущался с интенсивностью IV балла по шкале ММ в Банда-Ачехе, Северная Суматра; III балла – на о. Симёлуэ; II балла – в Мандалайне, Медане и Пематангсиантаре (Северная Суматра), в регионе Паданг Париаман, Сигли, Ачехе (Индонезия), Гелугоре, Джорджтауне, Танджунг Токонге, а также в Айер-Итаме, Баттеруэрте, Куахе, Сунгай-Аре и Тангкаке (Малайзия). Землетрясение ощущалось на о. Сингапур, в Коломбо, Шри-Ланка, в Бангкоке и Пхукете, Таиланд [31].

В очаге форшока в условиях горизонтального северо-западного сжатия и юго-западного растяжения произошел правосторонний сдвиг по вертикальной широтной плоскости, или левосторонний – по крутой меридиональной (рис. 3). Близость механизмов очагов форшока, главного толчка и сильнейшего афтершока свидетельствует о постоянстве тектонических напряжений, действовавших в очаговой зоне Суматранского землетрясения в процессе его подготовки, реализации и последствия.

Тихий океан. Два сильных землетрясения возникли в районе островов Вануату. Гипоцентр первого (№ 2, $M_w=7.0$ [30], $M_S=6.9$ [3]), зарегистрированного 2 февраля в 13^h34^m, находился в Коралловом море на глубине 29 км, примерно в 120 км к западу от о. Эфате (о-ва Вануату). Толчки ощущались с интенсивностью V баллов по шкале ММ в Порт-Виле на о. Эфате, а также в Люганвиле (Вануату), в Нумеа (Новая Каледония) и Голд-Косте (Австралия) [31]. В очаге действовало северо-восточное сжатие, с крутым ($PL=55^\circ$) погружением оси сжатия, и горизонтальное северо-западное растяжение. В этих условиях подвижка в очаге представляла собой левый сбросо-сдвиг по плоскости $NP1$ северо-восточного простирания, с опусканием всячего крыла разрыва, падающего на юго-восток, или правый сбросо-сдвиг по меридиональной плоскости $NP2$, с опусканием западного крыла разрыва.

Второе землетрясение (№ 4, $M_w=6.6$ [30], $M_S=6.5$ [3]) отмечено 9 марта в 07^h09^m на глубине 19 км в районе о. Анива, примерно в 190 км к юг–юго-востоку от о. Эфате. Оно ощущалось в Лакаторо, Луганвиле и Порт-Виле, Вануату [31]. В очаге в условиях вертикального сжатия и горизонтального растяжения, ось которого ориентирована в северо-восточном направлении, произошел сброс по плоскости юго-восточного ($NP1$) или северо-западного ($NP2$) простирания.

В 2012 г. продолжали регистрироваться многочисленные афтершоки катастрофического японского землетрясения Тохоку 11.03.2011 г. с $M_w=9.1$ [6], в том числе произошло два толчка (№ 5 и № 20) – с $M_w \geq 7$.

Землетрясение (№ 5, $M_w=7.2$ [30], $M_S=6.9$ [3]), возникшее 14 марта в 09^h08^m на глубине 36 км в Тихом океане, примерно в 300 км к востоку от г. Хатинохе на о. Хонсю, широко ощущалось на японских островах Хоккайдо и Хонсю, в том числе с интенсивностью IV балла по шкале ММ в Аомори, Мисаве и Йокосуки (Хонсю); III балла – в Токио (Хонсю) и Саппоро (Хоккайдо). Зарегистрирована интенсивность сотрясений 4 балла по шкале JMA (японская макросейсмическая шкала [47]) в провинциях Аомори и Ивате, а также на юго-востоке Хоккайдо [31]. В очаге этого землетрясения произошел сброс с компонентой правостороннего сдвига по плоскости $NP1$ юго-западного простирания с опусканием северо-западного крыла разрыва, или сброс с компонентой левого сдвига по плоскости $NP2$ восток–юго-восточного простирания с опусканием южного крыла.

Гипоцентр второго землетрясения (№ 20, $M_w=7.5$ [30], $M_S=7.5$ [3]), зарегистрированного 7 декабря в 08^h18^m, находился также в Японском желобе в Тихом океане на глубине 25 км, примерно в 340 км к юг–юго-западу от землетрясения № 5. В результате этого события на о. Хонсю по меньшей мере пять человек получили ранения в Мияги и пятеро ранены в Токио. Оно ощущалось с интенсивностью V баллов по шкале ММ от Аомори до Кавасаки и от Тоямы до Сендая; IV балла – в Фуссе, Нарите, Токио, Йокосуке и Иокогаме; III балла – в Ниигате

и Сагамихаре; широко ощущалось в северной части Хонсю и юге Хоккайдо. Также в [31] сообщается об интенсивности сотрясений 5 баллов по шкале JMA в провинциях Аомори, Ибараки, Иватэ, Мияги и Тотиги. Землетрясение сопровождалось небольшим цунами с высотой волны 17 см в Офунато [31]. Согласно решению механизма очага [24], в очаге действовали напряжения субгоризонтального сжатия, ориентированные на северо-запад, и северо-восточного растяжения с промежуточным углом наклона ($PL_T=48^\circ$) его оси к горизонту. Подвижка в очаге отличалась от таковой в очаге толчка 14 марта – правый взбросо-сдвиг по плоскости *NP1* северо-восточного простираения или левый взбросо-сдвиг по меридиональной плоскости *NP2*.

Анализ телесеismicких записей объемных волн землетрясения в [48], произошедшего 7 декабря 2012 г. в 08^h18^m у побережья Санрику на внешнем поднятии Японского желоба, показал, что оно состояло из двух субочагов: первого – взбросового с $M_w=7.1$, произошедшего на глубине 56 км, и сбросового с $M_w=7.2$, произошедшего на глубине 6 км через 20 с после первого. Моделирование конечного разлома показало, что при первом толчке сдвиги сконцентрировались вокруг точки начального вспарывания (максимальные смещения 2.7 м), а при втором произошло вспарывание двух шероховатостей (максимальные смещения 4.5 м с обеих сторон зоны начального вспарывания). Результаты анализа изменений кулоновских напряжений показали, что первое землетрясение было триггером для второго, а оба этих толчка были обусловлены катастрофическим землетрясением Тохоку 11.03.2011 г.

Четыре землетрясения с $M \geq 7$ (№ 6, 14, 16 и 19) произошли в 2012 г. в районе тихоокеанского побережья Центральной Америки.

Эпицентр землетрясения (№ 6) с $MS=7.7$ [3], возникшего 20 марта в 18^h02^m, находился на тихоокеанском побережье Мексики в штате Оахака, примерно в 230 км к юго-востоку от землетрясения 11.12.2011 г. с $M_w=6.5$ [49]. По данным РИА-Новости [40], более 800 различных зданий и строений были повреждены в юго-западном штате Мексики Герреро. В результате землетрясения без электричества остались около 2.5 млн человек. Есть поврежденные здания в штатах Оахака, Мичоакан и Табаско. Отмечены небольшие повреждения в центре г. Мехико. Механизм очага, по данным [24], представлял собой правый сдвиг с компонентой надвига по пологой ($DP=11^\circ$) меридиональной плоскости *NP1*, или взброс по вертикальной ($DP=84^\circ$) плоскости *NP2* юго-восточного простираения, с поднятием юго-западного крыла разрыва. Оси главных напряжений сжатия и растяжения ориентированы на юго-запад и северо-восток соответственно и наклонены к горизонту под промежуточными углами ($PL=38$ и 50° соответственно).

По данным [31], в результате землетрясения 20 марта по меньшей мере два человека погибли в штате Герреро, 11 человек получили ранения в Оахаке и двое – в Мехико. По меньшей мере, 800 домов повреждено в районе Игуалапа, Герреро. Землетрясение ощущалось с интенсивностью VIII баллов по шкале MM в Пинотепа-Насионале, VI баллов – в Акатцинго, Чильпансинго и Незауалькойотле; V баллов – в Акапулько, Коацакоалькосе, Мехико, Мина-Титлане, Ометепеке, Техуакане и Тласкале; III балла – в городах Антигуа Гватемале и Гватемале, Гватемала. Широко ощущалось в Центральной и Южной Мексике до Кампече, Сьюдад-Мадеро, Пуэрто-Вальярта и Сан-Луис-Потоси, в значительной части Западной Гватемалы. Сейши наблюдали в плавательном бассейне в Санта-Фе, штат Нью-Мексико, США [31].

27 августа в 04^h37^m у тихоокеанского побережья Центральной Америки, в 190 км к западу от г. Леон в Никарагуа, возникло землетрясение № 14 с $MS=7.1$ [3]. Оно ощущалось с интенсивностью II балла по шкале MM в Антигуо Кускатлане, Нуэва Сан-Сальвадоре и Сан-Сальвадоре. Сообщалось об ощутимых сотрясениях в Апопе, Меджиканосе, Санто-Томасе, Усулутане и Манагуа, Никарагуа, а также в Тегусигальпе, Гондурас. Небольшое цунами с максимальными высотами волн (от середины до пика) было зарегистрировано на следующих станциях приливов: 11 см в Акаютла, Сальвадор; 35 см на Исла-Балтре, 22 см на острове Санта-Крус и 21 см в Ла-Либертаде, Эквадор [31]. В [50] отмечается, что данное землетрясение сопровождалось неожиданно сильным цунами, и приводятся результаты обследований эффектов цунами на побережье Сальвадора и Никарагуа. Максимальная высота цунами 6 м с залеском до 340 м отмечена на 25-км участке восточного побережья Сальвадора. Меньший эффект был на побережье Никарагуа. Проанализированы данные глубоководных датчиков DART и мареографов, полученные в нескольких пунктах в восточной части Тихого океана.

В очаге землетрясения 27 августа действовали напряжения субмеридионального сжатия и северо-восточного растяжения, с углами погружения осей $PL=38$ и 50° соответственно. В этих условиях в очаге произошел левый сдвиг с компонентами надвига по пологой ($DP=12^\circ$) плоскости $NP1$ юго-западного простирания, или взброс по крутой плоскости $NP2$ юго-восточного простирания.

Эпицентр землетрясения № 16 с $MS=7.7$ [3], произошедшего 5 сентября в $14^{\text{h}}42^{\text{m}}$, находился на п-ве Никоя в Коста-Рике. По данным РИА-Новости [40], его жертвами стали два человека. Сразу после землетрясения для части стран Центральной Америки было объявлено предупреждение об угрозе цунами, однако вскоре оно было отменено. По данным [51], в Коста-Рике в результате землетрясения один человек погиб, один умер от сердечного приступа, по меньшей мере, 20 человек получили ранения, некоторые дома разрушены, поврежден один мост и произошли оползни в Гуанакасте и Западном Пунтаренасе. Возникли сбои в электропитании и связи. Толчки ощущались во всей Коста-Рике, в частности, с интенсивностью по шкале ММ VIII баллов – в Никое; VII баллов – в Либерии, Санта-Круссе и Сардине; VI баллов – в Алахуэле, Калле Бланкосе, Греции, Эредии, Жако, Сан-Франциско, Сан-Исидро-де-Эль-Генерале, Сан-Хосе и Сан-Педро. Также ощущались толчки в некоторых районах Белиза, Сальвадора, Гватемалы, Гондураса, Мексики, Никарагуа и Панамы. Небольшое цунами было зарегистрировано на станциях приливов на Галапагосских островах, Эквадор, со следующими амплитудами: 16 см – на о. Санта-Крус и 6 см – на о. Балтра [31].

По данным ГС РАН [24], в очаге землетрясения № 16, в условиях субгоризонтального юго-западного сжатия и субвертикального растяжения произошел надвиг по пологой плоскости $NP1$ северо-западного простирания, падающей на северо-восток, или взброс по крутой плоскости $NP2$ юго-восточной ориентации. По нодальной плоскости $NP1$ возможен также подвиг юго-западного крыла разрыва под северо-восточное (подвиг и надвиг не различаются сейсмологическими методами), и этот вариант более предпочтителен с тектонической точки зрения, т.к. соответствует происходящему здесь процессу субдукции, или поддвига плиты Кокос под Карибскую плиту. Уточнение положения гипоцентра авторами [1] показало, что Никойское землетрясение 5 сентября 2012 г. началось с несильного сейсмического излучения из очага, располагавшегося на меганадвиге в 10 км от берега на глубине 13 км. Первоначальные подвижки (более 1 м) произошли под п-вом Никоя. Разрыв распространялся вниз со скоростью вспарывания около 3 км/с. Параметры зоны подвижек на этом этапе: 70 км по простиранию, 30 км по падению, среднее смещение – около 2 м.

Очаг землетрясения 7 ноября (№ 19) с $MS=7.4$ [3] находился на глубине 53 км на западном побережье Гватемалы, в 25 км к юг-юго-востоку от морпорта Чамперико. По данным РИА-Новости [40], в результате землетрясения погибли 48 человек, в том числе 39 человек – в департаменте Сан-Маркос, наиболее пострадавшем от подземных толчков. Количество раненых составило 155 человек, почти 100 человек пропали без вести. Разрушены десятки домов в населенных пунктах департамента Сан-Маркос, в том числе серьезно пострадали здания местных органов власти и полиции. Было нарушено дорожное сообщение. Многие населенные пункты остались без света, телефонной связи и электричества. Президент Гватемалы Перес Молина заявил, что это землетрясение стало самым сильным в стране за последние 36 лет. В 1976 г. в результате мощных подземных толчков в Гватемале погибли около 23 тыс. человек, ранения получили 70 тыс. человек [40]. Согласно решению механизма очага в [24], подвижка в очаге представляла собой левый сдвиг-надвиг по пологой падающей на север субширотной плоскости разрыва $NP1$, или взброс с небольшими компонентами правого сдвига по плоскости $NP2$ юго-восточного простирания. В очаге действовали напряжения субгоризонтального сжатия, ориентированные на юго-запад, и субвертикальные ($PL=59^\circ$) растяжения.

Ниже приводятся сведения об ощутимости этого землетрясения в баллах по модифицированной шкале Меркалли из [31]: VII баллов – в Кецальтенанго (Гватемала); VI баллов – в Антигуа Гуатемале, Кахабоне и Вилла Нуеве (Гватемала), в Тапачуле (Мексика); V баллов – в Фрайянесе, Гватемале, Уэуэтенанго, Микско и Сан-Бартоломе Милпас-Алтасе (Гватемала); IV балла – в Чамперико, Кобане, Панахачеле, Сан-Хосе-Пинуле, Санта-Катарина Пинуле и Сантьяго Атитлане (Гватемала), в Джалапе, Лазаро Карденасе, Сан-Кристобаль-де-лас-Касасе, Тустла-Гутьерресе и Вильяэрмосе (Мексика), в Сан-Сальвадоре и Антигуо Кускатлане (Сальвадор), III балла – в Мехико (Мексика), в Илопанго и Нуэва-Сан-Сальвадоре (Сальвадор), в Белизе

и Дангриге (Белиз). Без указания интенсивности приводятся сведения об ощутимости этого землетрясения во многих районах Белиза, Сальвадора, Гватемалы, Гондураса, Мексики и Никарагуа. Землетрясение сопровождалось небольшим цунами с высотой волны на следующих станциях приливов: 35 см – в Салина-Крусе; 30 см – в Пуэрто-Чьяпасе, Мексика; 10 см – в Акаютле, Сальвадор; 7 см – в Кахулуи и 6 см в Хило, Гавайи; 5 см – на о. Балтра, Галапагосские острова [31].

Два сильнейших землетрясения произошли в Южной Америке – в Чили (№ 7) и Колумбии (№ 17).

Землетрясение (№ 7) с $MS=7.2$ [3] отмечено 25 марта в 22^h37^m в области Мауле, Чили. В результате один человек умер от сердечного приступа в Паррале, по меньшей мере 11 человек получили ранения в районе Сантьяго и трое получили ранения в районе Био-Био. Некоторые здания были немного повреждены в Сантьяго. Землетрясение ощущалось в населенных пунктах Центрального Чили с интенсивностью: VIII баллов по шкале ММ – в Каукенесе, Конститусьоне, Пеллухуэ и Тальке; VII баллов – в Кобкеуре, Линаресе, Молине, Паррале, Пеларко, Ренго, Рио-Кларо и Вилле Алегре. В Аргентине сотрясения ощущались с интенсивностью: IV балла по шкале ММ – в Мендосе и Сан-Мартине; III балла – в Буэнос-Айресе, Сан-Хуане и Сан-Рафаэле [31]. Механизм очага землетрясения 25 марта представлял собой пологий ($DP=19^\circ$) надвиг по меридиональной плоскости $NP1$, с подъемом восточного крыла разрыва, или подвиг по той же плоскости западного крыла разрыва. По крутой меридиональной плоскости $NP2$ возможен взброс ($DP=71^\circ$) с подъемом западного крыла. С тектонической точки зрения предпочтителен вариант поддвига западного крыла разрыва под восточное по плоскости $NP1$, что соответствует процессу субдукции плиты Наска под Южно-Американскую плиту.

В Колумбии 30 сентября в 16^h31^m зарегистрировано землетрясение (№ 17) с $M_w=7.2$ [30] и $MPSP=6.9$ [3]. На территории этой страны оно ощущалось с интенсивностью: V баллов по шкале ММ – в Душ Кебрадасе и Пальмире; IV балла – в Кали, Картаго, Энвигадо, Хамунди, Ля Вега, Манисалесе, Медельине, Пасто, Перейре, Попаяне и Сан-Агустине; III балла – в Боготе, Паске и Санта-Исабеле. Толчки также ощущались в Эквадоре: IV балла по шкале ММ – в Баия-де-Каракесе и III балла – в Гуаякиле и Кито. Землетрясение ощущали в большей части Юго-Западной Колумбии и Северного и Центрального Эквадора, а также в отдельных частях Панамы. В очаге землетрясения 30 сентября действовали напряжения субвертикального сжатия и горизонтального растяжения в юго-восточном направлении. Тип подвижки – сброс по плоскости $NP1$ субширотного (восток-северо-восточного) или юго-западного ($NP2$) простирания, с незначительными компонентами левого ($NP1$) или правого ($NP2$) сдвига.

Самое сильное глубокофокусное ($h=591$ км) землетрясение Земли и сильнейшее в России в 2012 г. с $M_w=7.7$ [30] и $MPSP=6.8$ [3] (№ 13) зарегистрировано 14 августа в 02^h59^m с уникальным местоположением эпицентра в Охотском море, примерно в 75 км к востоку от побережья Центрального Сахалина, в 198 км от Поронайска. Макросейсмический эффект по шкале MSK-64 [52], согласно данным [53], составил 3–4 балла в Поронайске (198 км), Тымовском (251 км), Углегорске (274 км); 3 балла – Адо-Тымово (266 км), Шахтерск (267 км), Александровск-Сахалинский (284 км), Макаров (295 км), Стародубское (334 км), Быков (354 км), Шебунино (464 км); 2–3 балла – Смирных (207 км), Пильво (256 км), Мгачи (285 км), Долинск (342 км); 2 балла – Ноглики (293 км), Южно-Сахалинск (378 км), Холмск (401 км), Корсаков (406 км), Анива (409 км), Невельск (441 км), Горнозаводск (453 км), Оха (469 км), Южно-Курильск (631 км), Хабаровск (786 км). В [31] приведены сведения о III-балльных сотрясениях по шкале ММ от этого землетрясения в Мисава и Токио на о. Хонсю, а также о проявлениях с интенсивностью 3 балла по шкале JMA на Южном и Восточном Хоккайдо, в Аомори и Иватэ, Хонсю. Без указания интенсивности в [31] отмечается, что землетрясение ощущалось в отдельных районах Хоккайдо, Северного Хонсю и в Харбине, Китай. В очаге в условиях преобладающего субгоризонтального сжатия, ориентированного на северо-запад, и субвертикального растяжения произошел надвиг по пологой плоскости разрыва северо-восточного простирания $NP1$, или взброс по крутой плоскости $NP2$ юго-западного простирания.

Два землетрясения произошли в районе Филиппинских островов – на восточном побережье о. Негрос (№ 3) и к востоку от о. Сулуан в Филиппинском море (№ 15).

На острове Негрос в результате землетрясения (№ 3) 6 февраля в 03^h49^m с $M_w=6.7$ [30] и $MS=6.7$ [3] погиб, по меньшей мере, 51 человек, 112 ранены, 62 пропали без вести, 23 тысячи человек эвакуировано, разрушено или повреждено около 15 тыс. зданий, а также не менее

17 мостов и множество дорог, нарушены инженерные коммуникации. Сошло много оползней, два из них похоронили 100 домов в Ла-Либертаде и 30 домов в Гуйхулнгане. Сообщалось о больших волнах в Ла-Либертаде. Некоторые здания повреждены, произошли оползни на о. Себу, разрушены инженерные коммуникации в Илоило, о. Панай. Ущерб на островах Негрос и Себу составил 15 млн долларов США. Ощущалось на о. Негрос с интенсивностью VII баллов по шкале PEIS (шкала интенсивности землетрясений Филиппинского института сейсмологии и вулканологии (PIVS) [31, 54]) в Думагете, Гуйхулнгане, Тайасане и Валлехермосо и VI баллов – в Ла Карлоте, Ла Каstellлане, Манджуйоде и Танджее. На о. Себу сотрясения с интенсивностью VI баллов по шкале PEIS отмечены в Кларине, Бохоле, Аргао, Барили, г. Себу и Далагете. Также землетрясение ощущалось с интенсивностью VI баллов по шкале ММ в Моалбоале, о. Себу. Сотрясения ощущались на всей территории Висайских островов, на большей части Минданао и до района Манилы, о. Лусон. При землетрясении 6 февраля произошел взброс по плоскости северо-восточного ($NP1$) или юго-западного ($NP2$) простирания, при преобладающих напряжениях горизонтального сжатия в северо-западном направлении и вертикального растяжения.

Землетрясение 31 августа в $12^{\text{h}}47^{\text{m}}$ (№ 15) с $M_w=7.6$ [30] и $MS=7.4$ [3] тоже не обошлось без жертв. Один человек погиб и один получил ранения в Кагаян-де-Оро на филиппинском о. Минданао. Несколько дорог и мостов были повреждены, в нескольких городах произошли отключения электроэнергии. Небольшой оползень произошел на о. Минданао. Ощущалось с интенсивностью VII баллов по шкале PEIS в Боронгане, Джeneral Мак-Артуре, Гуйане, Льоренте, Орасе и Сулате (о. Самар), в Таклобане (о. Лейте); VI баллов – в Сан-Джулиане (о. Самар), в Пало (о. Лейте) и на о. Сиаргао; V баллов – в Дуэро, Тагбиларане и Талибоне (о. Бохоль), в Панганибане (о. Катандуанес), в г. Себу (о. Себу), в Легаспи и Сорсогоне (о. Лусон), в Баробо, Бислиге, Бутуане, Карраскале, Кателе, Компостеле, Давао, Линиге, Мати и Тандаге (о. Минданао), в Илоило и Роксасе (о. Панай); IV балла – в г. Масбате (о. Масбате), в Баколоде и Думагете (о. Негрос); III балла – в Мамбаджао (о. Камигуин), в г. Иордания (о. Гимарас) и в г. Сикихоре (о. Сикихор). Сообщается об ощутимости в III балла по шкале ММ на о. Пулау Тернате, Индонезия, и об ощутимых сотрясениях (без указания балльности) в г. Корор на о. Палау [31]. В очаге действовали напряжения субширотного горизонтального сжатия и вертикального растяжения. Тип движения в очаге – надвиг ($NP1$) или взброс ($NP2$) по меридиональной плоскости, с подъемом восточного крыла разрыва в случае надвига и западного – для взброса.

Исходя из тектонических представлений о процессе поддвига Филиппинской плиты под Евразийскую, в районе расположения эпицентров землетрясений № 3 и 15 в качестве действующих следует выбрать плоскости разрыва, падающие на запад, т.е. взброс по нодалной плоскости $NP1$ для землетрясения № 3 или по $NP2$ – для землетрясения № 15.

Очаг землетрясения, произошедшего 28 октября в $03^{\text{h}}04^{\text{m}}$ (№ 18) с $M_w=7.7$ [30] и $MS=7.5$ [3], находился в Тихом океане примерно в 15 км от западного побережья о. Морсби архипелага Королевы Шарлотты, Канада, на глубине 21 км. В очаге в условиях горизонтального юго-западного сжатия и субвертикального растяжения произошел надвиг по пологой плоскости $NP1$ северо-западного простирания, или взброс по крутой плоскости $NP2$ юго-восточного простирания. За последние 40 лет в этом регионе зарегистрировано семь землетрясений с магнитудой $M>6$, самым сильным из которых было землетрясение 17 ноября 2009 г. с $M=6.5$ в 84 км к юго-востоку от землетрясения 2012 г. [49]. По данным [31], сотрясения интенсивностью V баллов по шкале ММ были отмечены в районе Массет – Королева Шарлотта, IV балла – в Хьюстоне, Китимате, Принце Руперте и Террасе, III балла – в большей части Западной Британской Колумбии и на юго-востоке Аляски. Землетрясение ощущалось от Сизтла в штате Вашингтон до Джуно в штате Аляска и до Калгари, штат Альберта. Термальные источники на острове Хотспринг в заповеднике национального парка Гвайи Хаанас, архипелаг Хайда-Гуаи, перестали течь после землетрясения, но возобновили деятельность в середине января 2013 года. Было зарегистрировано в целом небольшое, но по всему Тихому океану, цунами с гораздо более высокой волной на Гавайях, чем в остальной части Тихого океана. Кроме того, Центр предупреждения о цунами на Западном побережье и Аляске отметил, что небольшое цунами было зарегистрировано в Ситке, штат Аляска, после отражения от Гавайских островов. Наибольшие значения высоты волн цунами были зарегистрированы на следующих станциях приливов: 76 см – в Кахулуе, 56 см – в Кавайхае, 43 см – в Халейве, 37 см – в Хило, Гавайи, 46 см – в «Полумесяце», 41 см – в «Арене Коув», Калифорния [31]. В [55] приводятся результаты обследования эффекта

сильного цунами 2012 г. на островах Хайда-Гуаи (Канада) в ближней зоне. Максимальная высота волн была 13 м. Накат превышал 3 м на участках, расположенных на 200 км береговой линии. Наибольший эффект отмечен в узких заливах и бухтах на западном побережье о. Морсби. Разрушения и ущерб были минимальными, так как район малонаселен [56].

Евразия. Серия землетрясений отмечена в Северной Италии в мае 2012 г., два из них (№ 10 и № 11) привели к катастрофическим последствиям.

В результате землетрясения 20 мая в 02^h03^m (№ 10, $h=12$ км, $M_w=6.1$ [30], $MS=6.1$ [3]) в области Мирандола–Сант-Агостино по меньшей мере семь человек погибли, 50 человек получили ранения, было около 11 000 вынужденных переселенцев, многие здания повреждены ($I_0=VII$ баллов по шкале ММ). В Сан-Карло наблюдалось разжижение грунта. Землетрясение ощущалось с интенсивностью V баллов по шкале ММ в области Болонья–Мантова–Ровиго. В [31] сообщается об ощутимости этого землетрясения по всей Северной Италии и на большей части Центральной Италии, вплоть до Фоджи и Неаполя, а также в Монако, Австрии, Хорватии, Словении, Юго-Восточной Франции, Южной Германии и Швейцарии. В очаге действовало горизонтальное меридиональное сжатие и субширотное растяжение, ось которого наклонена под крутым углом ($PL=62^\circ$) к горизонту (табл. 4). В этих условиях подвижка представляла собой взброс с компонентами левого сдвига по субширотной плоскости $NP1$, или правого сдвига по плоскости $NP2$ юго-восточного простирания. По плоскости $NP1$ произошел подъем северного крыла разрыва, по $NP2$ – южного.

При следующем сильном толчке 29 мая в 07^h00^m (№ 11, $h=10$ км, $M_w=5.9$ [30], $MS=5.9$ [3]) по меньшей мере 17 человек погибли, 350 человек ранены и многие здания были разрушены или повреждены ($I_0=VIII$ баллов по шкале ММ) в области Кавецци–Медолла–Мирандола. Землетрясение ощущалось с интенсивностью VI баллов по шкале ММ в Ченто; V баллов – в Карпи, Ферраре, Вероне и Модене; IV балла – в Болонье, Бергамо, Генуе, Милане, Падуе, Парме, Пизе, Равенне, Тренто, Вероне, Венеции, Виареджо и Виченце. Толчки ощущались по всей Северной и Центральной Италии вплоть до Неаполя, а также в некоторых частях Западной Австрии, Хорватии, Юго-Восточной Франции, Лихтенштейна, Словении и Швейцарии. Подвижка в очаге представляла собой надвиг по пологой широтной плоскости $NP1$, или взброс по крутой северо-западной $NP2$. В очаге действовало субгоризонтальное меридиональное сжатие и ориентированное на юго-запад растяжение, ось которого круто наклонена к горизонту ($PL=71^\circ$).

В [57] анализируются спутниковые данные о деформациях при серии землетрясений, произошедших в области Эмилия-Романья в мае 2012 года. Найдено, что поле деформаций, связанных с землетрясением 20 мая, соответствует вспарыванию на единственном участке надвига Феррара. Поле деформаций, связанных с землетрясением 29 мая, соответствует вспарыванию на трех разных участках разлома, а также вращением и смещением блока в антиклинали Мирандола.

Очаг самого катастрофического землетрясения 2012 г. (№ 12) находился в Иране, в 50 км к северо-востоку от г. Тебриз – административного центра остана (провинции) Восточный Азербайджан, и был зарегистрирован 11 августа в 12^h23^m ($h=11$ км, $M_w=6.5$ [30], $MS=6.5$ [3]). В результате землетрясения в эпицентральной зоне погибло как минимум 306 человек, 3000 человек получили ранения, разрушено четыре деревни, 60 деревень сильно пострадали. Некоторые здания повреждены ($I=VI$ баллов по шкале ММ) в Тебризе. Возникли перебои в электроснабжении и связи. Землетрясение ощущалось с интенсивностью V баллов по шкале ММ в Урмии, остан Западный Азербайджан. Также толчки ощущались в Ахаре, Мераге, Меренде, Мешгин Шахре, Раште и Зенджане, остан Восточный Азербайджан. За пределами Ирана землетрясение ощущалось с интенсивностью III балла по шкале ММ в Ереване, а также в Капане и Цовазарде (Армения); II балла – в Тбилиси (Грузия); также ощущалось в Миндживане (Азербайджан), Эрбиле (Ирак), Ване (Турция). При землетрясении 11 августа в очаге действовали горизонтальные напряжения сжатия и растяжения, ориентированные на северо-запад и северо-восток соответственно, которые обусловили тип подвижки – правый сдвиг по широтной плоскости $NP1$, или левый – по меридиональной $NP2$. Обе плоскости разрыва – вертикальные (табл. 4).

В заключение отметим, что в 2012 г. аномально высокое количество сейсмической энергии выделилось в районе Индийского океана, у западного побережья Северной Суматры. Всего здесь произошло два землетрясения с $M \geq 8$ и еще одно с $M \geq 7$, среди них – уникальное по расположению внутриплитовое землетрясение 11 апреля с $M_w=8.6$.

Л и т е р а т у р а

1. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2012 год** [Электронный ресурс] / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2012–2013. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2012
2. **Оперативный сейсмологический каталог (ежедекадный) за 2012 год** [Электронный ресурс] / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2012–2013. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/2012
3. **Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Дуленцова Л.Г., Лёвкина А.В., Мальянова Л.С., Рыжикова М.И., Щербакова А.И. (сост.)**. Каталог землетрясений Земли за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
4. **Болдырева Н.В., Пойгина С.Г. (сост.)**. Список сейсмических станций России и мира, использованных при создании Сейсмологического бюллетеня за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
5. **Болдырева Н.В., Пойгина С.Г. (сост.)**. Список сейсмических станций России и мира, использованных в ГС РАН при создании Сейсмологического бюллетеня за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
6. **Пойгина С.Г., Чепкунас Л.С., Болдырева Н.В.** Сильные землетрясения Земли // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 264–276.
7. **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.
8. **Рихтер Ч.** Элементарная сейсмология. Пер. с англ. – М.: ИЛ, 1963. – 670 с.
9. **Jeffreys H., Bullen К.Е.** Seismological tables // Brit. Assoc. for the advancement of Sci. – London: Gray-Milne Trust, 1958. – 65 p.
10. **Bolt В.А.** Estimation of PKP travel times // Bull. Seism. Soc. Am. – 1968. – 58. – N 4. – P. 1305–1324.
11. **Голенецкий С.И., Круглякова М.И., Перевалова Т.И.** Годографы сейсмических волн землетрясений Прибайкалья // Сейсмичность и глубинное строение Прибайкалья. – Новосибирск: Наука (СО РАН), 1978. – С. 30–38.
12. **Wadati К.** Travel time P- and S-waves // Geophys. Mag. – 1933. – 11.
13. **Архангельская В.М.** Использование записей поверхностных волн при интерпретации сейсмограмм // Бюллетень Совета по сейсмологии. – М.: АН СССР, 1957. – № 6. – С. 81–88.
14. **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.
15. **Gutenberg В., Richter С.** Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seism. Soc. Am. – 1942. – 32. – N 3. – P. 163–191.
16. **Gutenberg В., Richter С.** Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // Bull. Seism. Soc. Am. – 1956. – 46. – N 2. – P. 105–145.
17. **Ванек И., Затопек А., Карник В., Кондорская Н.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.
18. **Горбунова И.В., Шаторная Н.В.** О калибровочной кривой для определения магнитуды землетрясений по волнам PKIKP // Физика Земли. – 1976. – № 7. – С. 77–81.
19. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР.** – М.: Наука, 1982. – 273 с.
20. **Аптекман Ж.Я., Дараган С.К., Долгополов Д.В., Захарова А.И., Зобин В.М., Коган С.Я., Корчагина О.А., Москвина А.Г., Поликарпова Л.А., Чепкунас Л.С.** Спектры Р-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Унификация исходных данных и процедуры расчета амплитудных спектров // Вулканология и сейсмология. – 1985. – № 2. – С. 60–70.
21. **Аптекман Ж.Я., Белавина Ю.Ф., Захарова А.И., Зобин В.М., Коган С.Я., Корчагина О.А., Москвина А.Г., Поликарпова Л.А., Чепкунас Л.С.** Спектры Р-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Переход от стационарного спектра к очаговому и расчет динамических параметров очага // Вулканология и сейсмология – 1989. – № 2. – С. 66–79.

22. **Hanks T.C., Kanamori H.** A Moment Magnitude Scale // *J. Geophys. Res.* – 1979. – **84.** – N 135. – P. 2348–2350.
23. **Чепкунас Л.С., Малянова Л.С.** Очаговые параметры сильных землетрясений Земли // *Землетрясения Северной Евразии.* – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 280–285.
24. **Малянова Л.С. (отв. сост.), Габсатарова И.П. (сост.)**. Параметры механизмов очагов сильных землетрясений Земли в 2012 г. // *Землетрясения Северной Евразии.* – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD-ROM.
25. **Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Дуленцова Л.Г., Лёвкина А.В., Малянова Л.С., Рыжикова М.И., Щербакова А.И. (сост.)**. Каталог землетрясений Земли за 2011 г. // *Землетрясения Северной Евразии, 2011 год.* – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD-ROM.
26. **Пойгина С.Г. (сост.)**. Дополнение к каталогу механизмов очагов сильных землетрясений Земли по данным GСMT за 2012 г. // *Землетрясения Северной Евразии.* – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD-ROM.
27. **Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Дуленцова Л.Г., Лёвкина А.В., Малянова Л.С., Милехина А.М., Пойгина С.Г., Щербакова А.И. (сост.)**. Каталог сильных с M ($MPSP, MPLP, MS, Mw$) ≥ 6.0 землетрясений Земли за 2012 г. // *Землетрясения Северной Евразии.* – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD-ROM.
28. **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.
29. **Касахара К.** *Механика землетрясений.* – М.: Мир, 1985. – С. 25.
30. **Global Centroid Moment Tensor (CMT) Catalog** [Сайт]. – URL: <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>
31. **International Seismological Centre**, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
32. **Милехина А.М., Пойгина С.Г., Коломиец М.В. (сост.)**. Макросейсмический эффект сильных ощутимых землетрясений Земли с $M \geq 6$ в населенных пунктах в 2012 г. // *Землетрясения Северной Евразии.* – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD-ROM.
33. **Пойгина С.Г. (сост.)**. Координаты сотрясенных в 2012 г. населенных пунктов Северной Евразии (при сильных землетрясениях Земли с $M \geq 6$) // *Землетрясения Северной Евразии.* – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD-ROM.
34. **База данных «Macro seismic punkts GS RAS».** – Обнинск: Фонды ЦО ФИЦ ЕГС РАН, 2018.
35. **Етирмишли Г.Д., Казымова С.Э., Исмаилова С.С., Гаравелиев Э.С.** Загатаьское-III землетрясение 7 мая 2012 г. в $04^{\text{h}}40^{\text{m}}$ с $K_p=13.2$, $M_{L_{Azp}}=5.6$, $M_w=5.6$, $I_0=7$ и Загатаьское-IV в $14^{\text{h}}15^{\text{m}}$ с $K_p=13.3$, $M_{L_{Azp}}=5.7$, $M_w=5.3$, $I_0=7$ (Азербайджан) // *Землетрясения Северной Евразии.* – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 332–344.
36. **Габсатарова И.П., Карпович Е.А., Королецки Л.Н., Войтова А.С., Каменская О.П.** Восточно-Черноморское землетрясение 23 декабря 2012 г. с $K_p=14.1$, $M_{w_{\text{рег}}}=6.0$, $M_{\text{GСMT}}=5.8$, $I_0=6-7$ (Чёрное море, Абхазия) // *Землетрясения Северной Евразии.* – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 433–443.
37. **Сейсмологический каталог (ежедекадный) за 1992–2011 гг.** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ЦОМЭ ИФЗ РАН, 1992–2004; ГС РАН, 2005–2012.
38. **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. – N 96. – P. 223–297.
39. **Ландер А.В.** 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.
40. **Происшествия** // РИА Новости [Сайт]. – URL: <https://ria.ru/incidents/>
41. **Yadav Rajeev Kumar, Kundu Bhaskar, Gahalaut Kalpha, Catherine Joshi, Gahalaut Vineet K., Ambikapthy A., Naidu M.S.** Coseismic offsets due to the 11 April 2012 Indian Ocean earthquakes ($M_w=8.6$ and 8.2) derived from GPS measurements // *Geophys. Res. Lett.* – 2013. – **40.** – N 13. – P. 3389–3393 // →РЖ «Физика Земли». – 2014. – № 10 (реф. 149).

42. **Claudio S., Eszter K., Pascal B., Jean-Pierre V.** The 2012 $M_w=8.6$ Sumatra earthquake: evidence of westward sequential seismic ruptures associated to the reactivation of a N-S ocean fabric // *Geophys. Res. Lett.* – 2012. – **39**. – N 15. – P. L15302/1–L15302/6 //→РЖ «Физика Земли». – 2013. – № 1 (реф. 111).
43. **Meng L., Ampuero V.J.-P., Stock J., Duputel Z., Luo Y., Tsai V.C.** Earthquake in a Maze: compressional rupture branching during the 2012 $M_w=8.6$ Sumatra earthquake // *Science*. – 2012. – **337**. – N 6095. – P. 724–726 //→РЖ «Физика Земли». – 2013. – № 3 (реф. 126).
44. **Wang Dun, Mori Jim, Uchide Takahiko.** Supershear rupture on multi-*PL*e faults for the $M_w=8.6$ off Northern Sumatra, Indonesia earthquake of April 11, 2012 // *Geophys. Res. Lett.* – 2012. – **39**. – N 21. – P. L21307/1–L21307/5 //→РЖ «Физика Земли». – 2013. – № 5 (реф. 115).
45. **Zhang Hao, Chen Jiawei, Ge Zengxi.** Multi-fault rupture and successive triggering during the 2012 $M_w=8.6$ Sumatra offshore earthquake // *Geophys. Res. Lett.* – 2012. – **39**. – N 22. – P. L22305/1–L22305/6 //→РЖ «Физика Земли». – 2013. – № 5 (реф. 116).
46. **Wei Shengji, Helmberger Don, Avouac Jean-Philippe.** Modeling the 2012 Wharton basin earthquakes off-Sumatra: Com-*PL*ete lithospheric failure // *J. Geophys. Res. B*. – 2013. – **118**. – N 7. – P. 3592–3609 //→РЖ «Физика Земли». – 2014. – № 6 (реф. 125).
47. **Tables explaining the JMA Seismic Intensity Scale** // Japan Meteorological Agency [site]. – URL: <http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/inttable.html>
48. **Harada Tomoya, Murotani Satoko, Satake Kenji.** A deep outer-rise reverse-fault earthquake immediately triggered a shallow normal-fault earthquake: the 7 December 2012 off-Sanriku earthquake ($M_w=7.3$) // *Geophys. Res. Lett.* – 2013. – **40**. – N 16. – P. 4214–4219 //→РЖ «Физика Земли». – 2014. – № 12 (реф. 158).
49. **Новости. Архив сообщений (до 12.2016)** // ФИЦ «Единая геофизическая служба Российской академии наук» [сайт]. – URL: http://www.ceme.gsras.ru/cgi-bin/new/info_quake.PL?mode=-1
50. **Borrero Jose C., Kalligeris Nikos, Lynett Patrick J., Fritz Hermann M., Newman Andrew V., Convers Jaime A.** Observations and Modeling of the August 27, 2012 Earthquake and Tsunami affecting El Salvador and Nicaragua // *Pure and Appl. Geophys.* – 2014. – **171**. – N 12. – P. 3421–3435 //→РЖ «Физика Земли». – 2015. – № 3 (реф. 129).
51. **Yue Han, Lay Thorne, Schwartz Susan Y., Rivera Luis, Protti Marino, Dixon Timothy H., Owen Susan, Newman Andrew V.** The 5 September 2012 Nicoya, Costa Rica $M_w=7.6$ earthquake rupture process from joint inversion of high-rate GPS, strong-motion, and teleseismic *P*-wave data and its relationship to adjacent *PL*ate boundary interface properties // *J. Geophys. Res. B*. – 2013. – **118**. – N 10. – P. 5453–5466 //→РЖ «Физика Земли». – 2014. – № 8 (реф. 159).
52. **Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
53. **Фокина Т.А., Коваленко Н.С., Левин Ю.Н., Лихачёва О.Н., Михайлов В.И.** I. Результаты сейсмического мониторинга различных регионов России. 1.7. Приамурье и Приморье, Сахалин и Курило-Охотский регион // *Землетрясения России в 2012 году*. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 40–46.
54. **PHIVOLCS Earthquake Intensity Scale (PEIS)** // Philippine Institute of Volcanology and Seismology (PIVS) [site]. – URL: http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com_content&task=view&id=45&Itemid=100
55. **Leonard L.J., Bednarski J.M.** Field Survey Following the 28 October 2012 Haida Gwaii Tsunami // *Pure and Appl. Geophys.* – 2014. – **171**. – N 12. – P. 3467–3482 //→РЖ «Физика Земли». – 2015. – № 3 (реф. 125).
56. **Cassidy John F., Rogers Garry C., Hyndman Roy D.** An Overview of the 28 October 2012 $M_w=7.7$ Earthquake in Haida Gwaii, Canada: A Tsunamigenic Thrust Event Along a Predominantly Strike-Slip Margin // *Pure and Appl. Geophys.* – 2014. – **171**. – N 12. – P. 3457–3465 //→РЖ «Физика Земли». – 2015. – № 3 (реф. 126).
57. **Tizzani P., Castaldo R., Solaro G., Pepe S., Bonano M., Casu F., Manunta M., Manzo M., Pepe A., Samsonov S., Lanari R., Sansosti E.** New insights into the 2012 Emilia (Italy) seismic sequence through advanced numerical modeling of ground deformation InSAR measurements // *Geophys. Res. Lett.* – 2013. – **40**. – N 10. – P. 1971–1977 //→РЖ «Физика Земли». – 2014. – № 12 (реф. 149).