

СИЛЬНЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ ЗЕМЛИ

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

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

Аннотация. Приведены сведения о сейсмичности Земли в 2013 г. на уровне сильных землетрясений с $M \geq 6$ по данным Сейсмологического бюллетеня Геофизической службы РАН (ГС РАН). Исходный Сейсмологический бюллетень за 2013 г. содержит параметры 4212 землетрясений мира, против 4845 в 2012 г. Анализируются параметры 160 землетрясений с $M \geq 6$, включая 24 сильнейших с $M \geq 7$ и максимальное землетрясение Земли с $M_w=8.3$ в Охотском море, а также четыре землетрясения с $M=6.0-6.8$, приведшие к значительным жертвам и разрушениям. 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 в разных сейсмически активных районах Земли. Для 28 сильнейших землетрясений приведены сведения о механизмах очагов и их последствиях, таких как макросейсмический эффект, число жертв, оползни, цунами и т.д. Эпицентры большинства из них приурочены к границам крупнейших тектонических плит Земли, а механизмы соответствуют основным закономерностям движения плит. Гипоцентры большинства сильнейших землетрясений расположены в пределах земной коры, за исключением землетрясений в Колумбии, на Курильских островах и южнее островов Фиджи, которые имели промежуточные значения глубин ($h=98-171$ км), и сильнейшего в 2013 г. Охотоморского землетрясения, очаг которого залегал в верхней мантии на глубине $h=617$ км. Подвижка в очаге Охотоморского землетрясения соответствует процессу поддвижения Тихоокеанской плиты под континент и свидетельствует о вылоаживании субдуцируемой плиты на глубине 617 км.

Ключевые слова: сейсмические станции, сильные землетрясения, каталог, магнитуда, сейсмическая энергия, механизм очага, макросейсмический эффект.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.25

Для цитирования: Пойгина С.Г., Петрова Н.В., Болдырева Н.В. Сильные землетрясения Земли // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 273–291. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.25

Исходными источниками для анализа сильных землетрясений Земли в 2013 г. являлись сейсмологические бюллетени [1] и сейсмологические каталоги [2] ГС РАН. На их основе составлен Каталог землетрясений Земли за 2013 г., приведенный в Приложении к наст. сб. [3]. При составлении ежедекадных сейсмологических каталогов и сейсмологических бюллетеней в 2013 г. использовались данные 849 сейсмических станций ГС РАН, ГС СО РАН, других российских ведомств и мировой сети [4], изображенных на рис. 1, против 815 станций в 2012 г. [5].

Как видно из рис. 1, подавляющее число используемых в 2013 г. станций размещено в северном полушарии, особенно в районах самой высокой плотности населения – в Европе. Список всех станций дан в Приложении к наст. сб. [4].

Рассмотрим содержание и объем исходного каталога землетрясений Земли по данным ГС РАН за 2013 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 телесеизмических [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 , рассчитанные 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 2013 г. включает параметры 4212 землетрясений Мира (против 4845 в 2012 г. [25]).

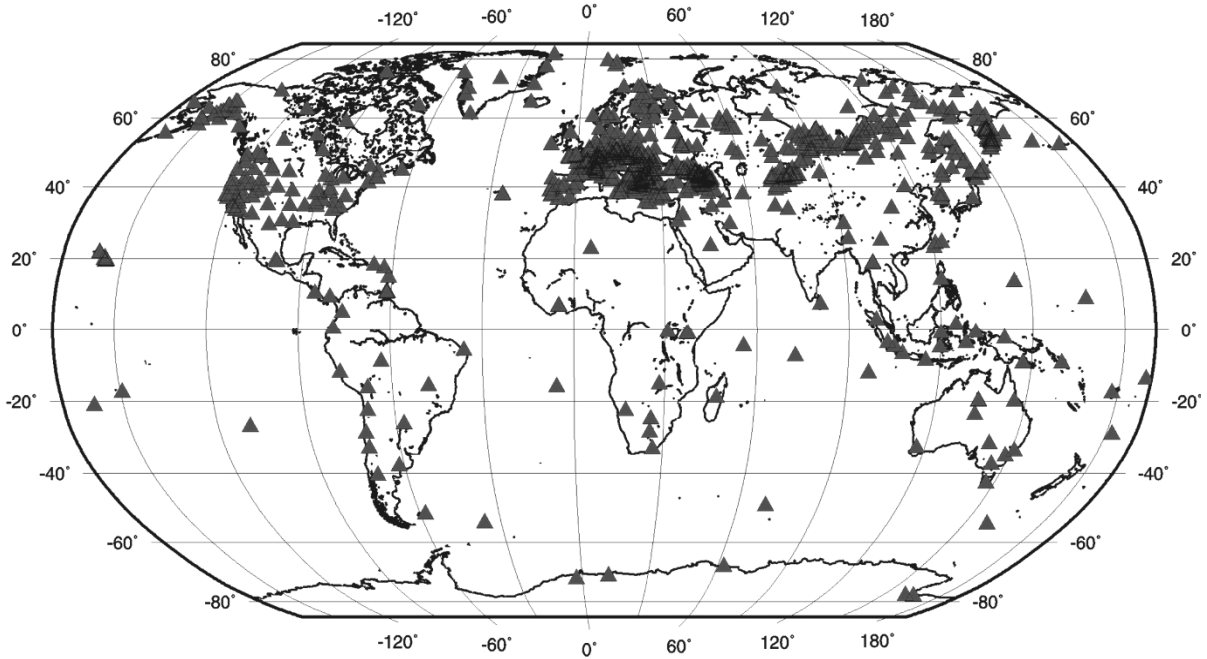


Рис. 1. Сейсмические станции мира, данные которых использовались при определении основных параметров землетрясений за 2013 г. в [1, 2]

Из каталога [3] следует, что для всех 4212 землетрясений определены магнитуды $MPSP$ по объемным волнам в диапазоне $MPSP=3.4-7.7$. Остальных динамических параметров определено значительно меньше, а именно: MS – для 943 землетрясений ($MS=2.7-7.6$), $MPLP$ – для 144 (5.3–7.5); M_0 и M_w – для 22 в диапазонах $1.0 \cdot 10^{17} \text{ Н}\cdot\text{м} - 2.7 \cdot 10^{20} \text{ Н}\cdot\text{м}$ и 5.3–7.6 соответственно; механизмы очагов – для 27 событий. Приведенные объемы измерений повлекли за собой необходимость проведения двух дополнительных процедур при создании каталога сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений Земли [26].

Первая процедура 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. сб. [26]), привлекая для этого данные международных центров [27, 28].

Вторая процедура связана с практической необходимостью из имеющихся сведений получить магнитуду MS по поверхностным волнам для всех землетрясений 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. Расчетная магнитуда M^* принята равной моментной магнитуде M_w (1) для всех землетрясений, у которых в каталоге [3] отсутствует инструментальная величина MS , или глубина их очага больше $h > 70 \text{ км}$:

$$M^* = M_w. \quad (1)$$

Сейсмическая энергия рассчитывалась из MS (M^*) по формуле (2) из [29]:

$$\lg E, \text{ Дж} = 4.8 + 1.5 MS. \quad (2)$$

Кроме того, каталог [26] дополнен макросейсмическими сведениями [30] о сильных землетрясениях из различных источников и координатами сотрясенных населенных пунктов [31] только на территории Северной Евразии из [32].

Основной целью настоящей работы является анализ наиболее сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений Земли, суммарное число которых в 2013 г. составило $N_2=160$ [26]. 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 регистрируемых на земном шаре землетрясений.

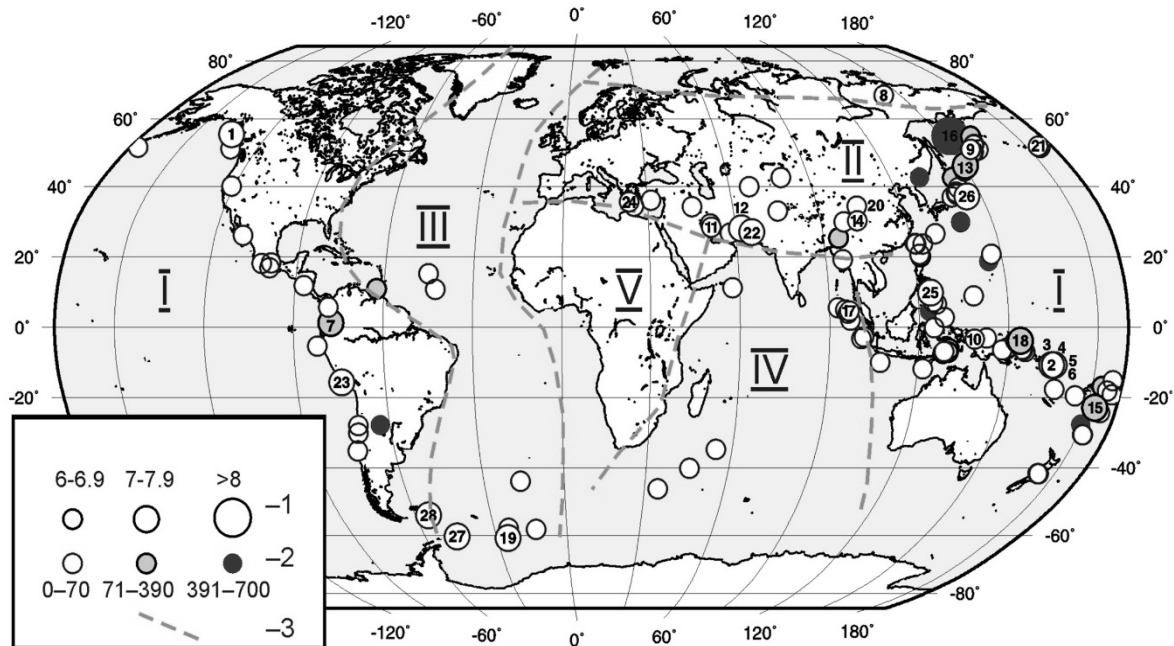


Рис. 2. Карта эпицентров сильных ($M \geq 6.0$) землетрясений Земли за 2013 г.

1 – магнитуда MS/M^* ; 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 ($MS, MPLP, MPSP, Mw$) ≥ 6.0 в зависимости от магнитуды, но без дифференциации их по глубинам очагов, приведено в табл. 1 в сопоставлении с аналогичными данными за предшествующий период длительностью 21 год [6, 33]. Как видно, в 2013 г. число землетрясений в интервале $M=6.0-6.9$ составило $N=136$, что существенно ниже среднего $\bar{N}=162.9$ за 21 год; в диапазоне $M=7.0-7.9$ оно равно $N=23$ и значительно выше среднего значения $\bar{N}=15.6$.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений Земли с $M \geq 6.0$ в различных интервалах магнитуд за 1992–2013 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	2005	190	13	1	204
1993	97	7		104	2006	154	15	2	171
1994	136	14	1	151	2007	185	20	3	208
1995	242	28		270	2008	174	14	1	189
1996	217	15		232	2009	152	18	1	171
1997	151	5		156	2010	174	22	1	197
1998	113	12		125	2011	272	24	1	297
1999	159	21		180	2012	163	14	2	179
2000	169	17		186	Сумма за 21 год	3421	327	19	3767
2001	126	16	1	143	Среднее за 21 год	162.9	15.6	0.9	179.4
2002	139	11		150	2013	136	23	1	160
2003	138	14	2	154					
2004	153	14	3	170					

Распределение суммарной сейсмической энергии, выделившейся в 2013 г. при землетрясениях с $M \geq 6.0$ в основных сейсмических регионах Земного шара, представлено в табл. 2. При составлении табл. 2 использованы наблюдаемые магнитуды MS для тех землетрясений, у кото-

рых эта магнитуда есть в каталоге [26], а для остальных, как указано выше, выполнен пересчет магнитуд M_w в магнитуды M^* по формуле (1).

Таблица 2. Распределение числа землетрясений Земли с $M \geq 6.0$ и их суммарной сейсмической энергии ΣE по территории Земного шара в 2013 г.

№	Сейсмический регион	Число землетрясений с M		ΣE , 10^{15} Дж	%
		6.0–6.9	≥ 7.0		
I	Тихий океан	98	17	277.88	74.99
II	Евразия	19	4	42.38	11.44
III	Атлантический океан	7	3	49.94	13.47
IV	Индийский океан	12	–	0.38	0.10
	Сумма	136	24	370.58	

Из табл. 2 следует, что около 75 % всей сейсмической энергии высвобождено в очагах землетрясений Тихоокеанского региона (I), 11 % – в Евразии (II), 13.5 % – в Атлантическом океане (III) и 0.1 % – в Индийском океане (IV). В Африке сильных землетрясений в 2013 г. не происходило.

В табл. 3 приведены основные параметры 24 сильнейших землетрясений планеты с $M (MS, MPLP, MPSP, M_w) \geq 7.0$ из каталога [26], а в табл. 4 – параметры механизмов их очагов [24, 34]. Кроме того, в табл. 3 и 4 включены четыре более слабые, но разрушительные землетрясения (№ 11, 14, 17 и 20) с $M=6.0–6.8$ в Иране, Китае и на Северной Суматре, которые привели к многочисленным человеческим жертвам и разрушениям.

Таблица 3. Список сильнейших ($M \geq 7.0$) землетрясений Земли в 2013 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр [1]			M_0 , H-м [1]	Магнитуды [1]				Сейс- мичес- кий регион	Географический регион [35]
			φ°	λ°	h , км		M_w/n	MS/n (M^*)	$MPLP/n$	$MPSP/n$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1*	05.01	08 58 16.2	55.314	-134.766	10f	$2.7 \cdot 10^{20}$ OBN	7.6/1	7.9/110	7.1/14	6.7/115	I	Юго-Восточная Аляска
2	06.02	01 12 25.4	-10.761	165.044	34	$1.3 \cdot 10^{20}$ TLY	7.4/1	7.2/79	6.9/5	6.4/57	I	Острова Санта-Крус
3	06.02	01 23 22.4	-10.983	164.842	34			6.4/12		6.7/96	I	Район островов Санта-Крус
4	06.02	01 54 16.8	-10.450	165.570	34			6.9/9		6.3/55	I	Острова Санта-Крус
5	08.02	11 12 14.0	-10.802	165.870	33f	$7.8 \cdot 10^{18}$ TLY	6.6/1	7.0/67	6.6/6	6.1/64	I	Острова Санта-Крус
6	08.02	15 26 40.3	-10.731	165.835	42			6.9/49	6.8/5	5.9/40	I	Острова Санта-Крус
7	09.02	14 16 01.6	1.196	-77.436	98			(7.0)		6.5/27	I	Колумбия
8*	14.02	13 13 51.6	67.557	142.678	14	$2.8 \cdot 10^{19}$ OBN	6.9/1	6.9/68	7.0/10	6.7/97	II	Восточная Сибирь, Россия
9*	28.02	14 05 51.0	50.818	157.411	68	$4.2 \cdot 10^{19}$ TLY	7.0/1	6.8/67	6.4/5	6.3/78	I	Курильские острова
10	06.04	04 42 31.7	-3.442	138.483	40			6.5/53	6.8/6	6.7/84	I	Западный Ириан, Индонезия
11	09.04	11 52 48.3	28.437	51.586	13			6.3/97	6.5/4	6.1/116	II	Южный Иран
12*	16.04	10 44 17.4	28.098	62.039	68	$2.1 \cdot 10^{20}$ OBN	7.5/1	7.3/41	7.4/12	7.2/128	II	Юго-Западный Пакистан
13*	19.04	03 05 53.8	46.151	150.752	138			(7.2)		6.9/153	I	Курильские острова
14*	20.04	00 02 48.5	30.300	102.963	33f	$2.4 \cdot 10^{19}$ OBN	6.9/1	6.8/114	6.8/12	6.5/126	II	Провинция Сычуань, Китай
15*	23.05	17 19 03.5	-22.910	-177.315	171			(7.4)	6.9/8	6.7/62	I	Южнее островов Фиджи
16*	24.05	05 44 48.3	54.806	153.535	617			(8.3)	7.5/4	7.7/28	I	Охотское море

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр [1]			M_0 , Н·м [1]	Магнитуды [1]				Сейс- мичес- кий регион	Географический регион [35]
			φ°	λ°	h , км		M_w/n	M_S/n (M^*)	M_{PLP}/n	M_{PSP}/n		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17	02.07	07 37 02.4	4.639	96.569	23			6.0/100	6.2/11	5.9/142	IV	Северная Суматра, Индонезия
18	07.07	18 35 29.8	-3.913	153.878	389			(7.3)		6.6/58	I	Район Новой Ирландии, П.Н.Г.
19	15.07	14 03 41.7	-60.799	-25.287	33f			7.0/73		6.6/41	III	Район Южных Сандвичевых о-вов
20	21.07	23 45 57.0	34.503	104.209	23			6.0/93	6.2/6	6.1/110	II	Ганьсу, Китай
21	30.08	16 25 01.6	51.782	-175.297	33f			6.8/95		6.0/55	I	Андреяновские острова, Алеуты
22*	24.09	11 29 47.1	27.048	65.546	17	1.0·10 ²⁰ OBN, TLY	7.3/2	7.8/90	7.2/13	6.8/65	II	Пакистан
23*	25.09	16 42 41.6	-15.768	-74.585	36			7.1/136		6.7/28	I	Побережье Перу
24	12.10	13 11 54.2	35.638	23.364	39			6.3/75	7.0/4	6.7/21	II	Крит, Греция
25*	15.10	00 12 33.7	9.845	124.105	46	4.0·10 ¹⁹ OBN	7.0/1	7.0/75	6.9/11	6.6/68	I	Минданао, Филиппины
26*	25.10	17 10 17.8	37.187	144.683	30	1.1·10 ²⁰ OBN	7.3/1	7.2/142	7.5/4	7.1/55	I	У вост. побережья Хонсю, Япония
27	17.11	09 04 55.0	-60.282	-46.427	13			7.9/57		6.5/23	III	Море Скоша
28	25.11	06 27 32.6	-53.873	-54.681	10f			7.0/31		6.3/32	III	Юг Атлантического океана

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 по данным станций OBN («Обнинск») или/и TLY («Галая»).

Из 28 сильнейших землетрясений Земли, включенных в табл. 3, большая их часть (17, с номерами 1–7, 9, 10, 13, 15, 16, 18, 21, 23, 25, 26) локализованы в Тихоокеанском регионе, семь (№ 8, 11, 12, 14, 20, 22, 24) – в Евразии, три – (№ 19, 27, 28) – в районе Атлантического океана, одно (№ 17) – в Индийском океане.

Представление механизмов очагов землетрясений с $M \geq 7.0$ в стереографической проекции на нижней полусфере дано в табл. 4 и на рис. 3. Для 12 землетрясений (№ 1, 8, 9, 12–16, 22, 23, 25, 26) механизмы очагов определены в ГС РАН (код агентства – GSRAS) [1, 24] по программе А.В. Ландера [36], использующей знаки первых вступлений продольных P -волн; для 16 землетрясений (№ 2, 3–7, 10, 11, 17–21, 24, 27, 28) – по методу тензора момента центра в Колумбийском университете США (код агентства – GCMT) [27, 34].

Таблица 4. Параметры механизмов очагов сильнейших ($M \geq 7.0$) землетрясений Земли в 2013 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	M_w [27]	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						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	19
1	05.01	08 58 16.2	10f	7.5	10	296	78	90	5	205	340	79	176	71	86	11	GSRAS
2	06.02	01 12 25.4	34	7.9	65	52	0	322	25	231	320	20	89	142	70	90	GCMT
3	06.02	01 23 22.4	34	7.1	7	253	4	343	82	101	338	38	-96	166	52	-85	GCMT
4	06.02	01 54 16.8	34	7.0	7	25	82	173	4	294	69	83	178	160	88	7	GCMT
5	08.02	11 12 14.0	33f	6.8	0	25	88	292	2	115	160	89	-1	250	89	-179	GCMT
6	08.02	15 26 40.3	42	7.0	10	222	80	31	2	132	267	82	175	358	85	8	GCMT
7	09.02	14 16 01.6	98	7.0	19	129	71	302	2	38	171	75	167	265	78	15	GCMT
8	14.02	13 13 51.6	14	6.7	61	323	29	143	0	233	117	52	52	349	52	128	GSRAS
9	28.02	14 05 51.0	68	6.8	76	316	5	207	13	115	199	32	81	30	58	96	GSRAS

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	M_w [27]	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агентство
					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	19
10	06.04	04 42 31.7	40	7.0	0	100	37	11	53	190	339	56	-137	222	56	-43	GCMT
11	09.04	11 52 48.3	13	6.3	71	160	17	316	7	48	157	41	117	303	54	69	GCMT
12	16.04	10 44 17.4	68	7.7	33	344	29	233	43	112	130	30	-11	230	84	-119	GSRAS
13	19.04	03 05 53.8	138	7.3	33	9	28	259	44	138	155	29	-12	256	84	-118	GSRAS
14	20.04	00 02 48.5	33f	6.6	86	214	4	34	0	124	217	45	95	30	45	85	GSRAS
15	23.05	17 19 03.5	171	7.4	38	100	11	198	50	301	140	12	-149	20	84	-79	GSRAS
16	24.05	05 44 48.3	617	8.3	37	88	14	189	49	297	124	16	-156	11	84	-76	GSRAS
17	02.07	07 37 02.4	23	6.1	0	260	63	170	27	351	32	71	-20	129	72	-160	GCMT
18	07.07	18 35 29.8	389	7.3	0	62	14	333	76	153	319	47	-110	167	47	-70	GCMT
19	15.07	14 03 41.7	33f	7.3	9	318	71	75	17	225	3	72	-174	271	85	-18	GCMT
20	21.07	23 45 57.0	23	6.0	42	163	47	331	6	67	196	57	151	303	66	37	GCMT
21	30.08	16 25 01.6	33f	7.0	68	326	4	66	22	157	254	23	100	64	67	86	GCMT
22	24.09	11 29 47.1	17	7.8	25	87	47	326	32	194	228	48	-6	322	86	-137	GSRAS
23	25.09	16 42 41.6	36	7.0	64	43	1	135	26	226	318	19	94	135	71	89	GSRAS
24	12.10	13 11 54.2	39	6.8	47	27	2	119	43	211	339	3	130	119	88	88	GCMT
25	15.10	00 12 33.7	46	7.1	36	245	41	14	28	132	10	85	49	274	41	173	GSRAS
26	25.10	17 10 17.8	30	7.1	13	262	1	172	77	77	354	32	-88	171	58	-91	GSRAS
27	17.11	09 04 55.0	13	7.8	32	316	44	189	29	66	102	44	3	10	88	134	GCMT
28	25.11	06 27 32.6	10f	6.9	1	112	77	206	13	22	158	80	-171	67	81	-10	GCMT

Примечание. Параметры землетрясений (графы 2–4) соответствуют таковым в каталогах [3, 26].

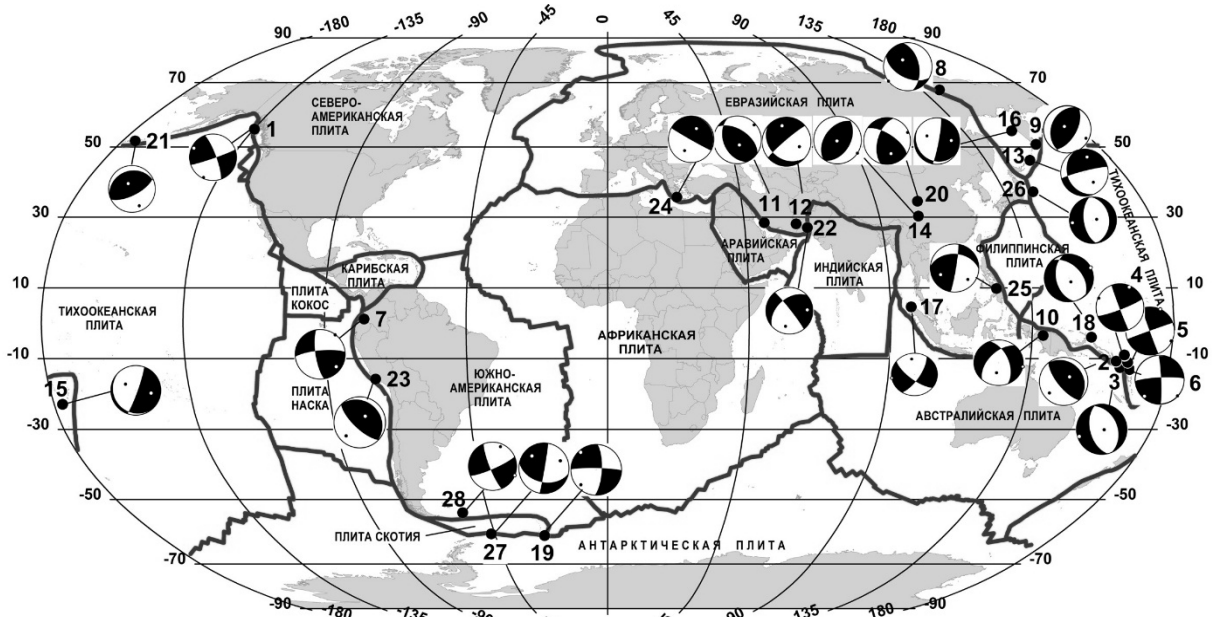


Рис. 3. Диаграммы механизмов очагов сильнейших ($M \geq 7.0$) землетрясений Земли за 2013 г. в проекции нижней полусферы

Зачернены области сжатия; черными кружками обозначены эпицентры землетрясений, номер рядом с эпицентром соответствует номеру землетрясения в табл. 3 и 4.

Ниже приводится описание землетрясений из табл. 3, 4 по сейсмическим регионам I, II, III и IV. Эпицентры большинства землетрясений приурочены к границам крупнейших тектонических плит Земли (рис. 3) и расположены в пределах земной коры. Землетрясения в Колумбии (№ 7), на Курильских островах (№ 13) и южнее островов Фиджи (№ 15) имели промежуточные значения глубин ($h=98-171$ км). Очаг сильнейшего в 2013 г. Охотоморского землетрясения

(№ 16), произошедшего 24 мая в 05^h44^m, залегал в верхней мантии на максимальной глубине ($h=617$ км).

Тихий океан. 24 мая в 05^h44^m в Охотском море, у западного побережья Камчатки, произошло сильнейшее за инструментальный период глубокофокусное ($h=617$ км) землетрясение планеты (№ 16 в табл. 3, 4 и на рис. 3) с $M_w=8.3$ [27]. Эпицентр землетрясения находился приблизительно в 160 км к северо-западу от ближайшего населенного пункта Кировский (п-ов Камчатка), в 390 км к северо-западу от Петропавловска-Камчатского.

По данным ГС РАН (код центра GSRAS), в очаге Охотоморского землетрясения (№ 16 на рис. 3) реализовался сброс по близвертикальной ($DP_2=84^\circ$) близмеридиональной ($STK_2=11^\circ$) плоскости (NP_2), или поддвиг по пологой ($DP_1=16^\circ$) плоскости юго-восточного ($STK_1=124^\circ$) простирания (NP_1). Движение по плоскости NP_1 соответствует процессу поддвигания Тихоокеанской плиты под континент и свидетельствует о выполаживании субдуцируемой плиты на глубине 617 км.

Охотоморское землетрясение оказалось уникальным по масштабам макросейсмических проявлений [37, 38] и ощущалось в Камчатском крае с интенсивностью до 6 баллов по шкале MSK-64 [39]), на остальной территории России – от 2 до 4–5 баллов, а также в ряде стран Европы, Азии и Северной Америки (на расстояниях до 9500 км) [40]. По данным [1], землетрясение на территории России ощущалось в следующих населенных пунктах: Петропавловск-Камчатский, Северо-Курильск – 5–6 баллов по шкале MSK-64; Кроноки – 5 баллов; Апача, Елизово, Термальный, Паратунка, Вилючинск, Крутоберегово – 4–5 баллов; Усть-Большерецк, Ганалы, Мильково, Раздольный, Паужетка, Никольское, Тымовское, Магадан – 4 балла; Вулканный, Козыревск, Ключи, Углегорск – 3–4 балла; Малокурильское, Холмск – 3 балла; Южно-Сахалинск, Анива, Оха, Москальво, Тунгор, Пильво, Углезаводск, Курильск, Китовый, Рейдово, Горный, Горячие Ключи, Хабаровск, Благовещенск, Красноярск, Новосибирск, Томск, Кемерово, Казань – 2–3 балла; Южно-Курильск, Зей, Ныврово, Ноглики, Сусуман, Талая, Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород, Самара, Калуга – 2 балла.

По данным [28], Охотоморское землетрясение ощущалось с интенсивностью II балла по шкале MMI (MMI – модифицированная шкала Меркалли [41]) во многих населенных пунктах земного шара, среди них: Дели, Гургаон, Чандигарх и Нойда (Индия); Токио, Аомори, Фурукава, провинции Саппоро, Сендай и Иокогама (Япония); Ванкувер (Канада); Чунцин, Чэнду и Сичан (Китай); Астана и Атырау (Казахстан); Анкор-Пойнт, Джуно, Гомер, Кадьяк, Палмер и Питерсберг, Аляска; Голета и Ирвин (США, штат Калифорния); Гонолулу (Гавайи); Сиэтл (США, штат Вашингтон). Зарегистрирована интенсивность сотрясений 3 балла по шкале JMA (японская макросейсмическая шкала [42]) на севере о. Хоккайдо и в Чибе (о. Хонсю).

Подробные сведения о данном землетрясении и полные макросейсмические данные см. в статье об Охотоморском землетрясении в настоящем ежегоднике [43].

Юго-восточнее эпицентра Охотоморского землетрясения произошли еще три крупных сейсмических события. Два из них (№ 9, 13) локализованы в районе Курильских островов, одно (№ 26) – у побережья острова Хонсю. Подробные сведения о курильских землетрясениях, включая полные макросейсмические данные по территории России, см. в отдельных статьях в разделе III настоящего ежегодника [44, 45], краткие – ниже.

Землетрясение № 9 с $MS=6.8$, $M_w=7.0$ [3] отмечено 28 февраля в 14^h05^m на севере Курильских островов. Очаг находился в Тихом океане, на глубине 68 км, в 53 км к востоку от южной оконечности полуострова Камчатка (мыс Лопатка) и в 64 км к востоку от о. Шумшу. Пространственно очаг приурочен к зоне субдукции, обусловленной поддвиганием Тихоокеанской плиты под континент, и его механизм соответствует представлениям о тектонике региона. В очаге произошел надвиг по пологой ($DP_1=32^\circ$) меридиональной плоскости (NP_1) или взброс по крутой ($DP=58^\circ$) плоскости северо-западного простирания (NP_2). Учитывая падение нодальной плоскости NP_1 на запад, именно эта плоскость является действующей в очаге.

По данным [45], интенсивность сотрясений от землетрясения 28 февраля составила: 5–6 баллов по шкале MSK-64 [39] в Северо-Курильске, на мысе Лопатка, маяке Курбатова и маяке Круглый; 4–5 баллов – в Петропавловске-Камчатском, Паужетке, на маяке Чибуйный, в Запорожье, Озерновском, на ГМС Водопадная, в Вилючинске, пос. Рыбачий и Николаевке;

4 балла – в поселках Термальный, Паратунка, Сосновка, Вулканный, Начики, Пионерский, Новый, Елизово, Лесной, Зеленый, Коряки, Раздольный, на маяке Петропавловский, ГМС Семьячки и ГМС Кроноки; 3 балла – в Апаче; 2–3 балла – в Пушино; 2 балла – на мысе Васильева.

19 апреля в 03^h05^m в 700 км к югу от эпицентра землетрясения № 9, в районе Южных Курильских островов восточнее о. Уруп, произошло крупное сейсмическое событие с $MS=6.8$ [3], $M_w=7.2$ [27] и промежуточной глубиной очага $h=138$ км (№ 13). Хотя землетрясение относится к той же зоне субдукции, что и событие 28 февраля (№ 9), оно имело другой механизм очага. По пологой плоскости юго-восточного простирания (NPI) произошел сдвиг с небольшой сбросовой компонентой, а по крутой субширотной плоскости ($NP2$) – сброс с компонентой сдвига.

Землетрясение вызвало сотрясения интенсивностью до 6–7 баллов по шкале MSK-64 в поселке Рейдово; 6 баллов – в пос. Горный; 5–6 баллов – Курильск; 5 баллов – Горячие Ключи; 4–5 баллов – Малокурильское; 4 балла – Головинно, Лагунное, Менделеево, Южно-Курильск; 3 балла – Северо-Курильск; 2 балла – Южно-Сахалинск [1]. По данным [28], на о. Шикотан наблюдалось небольшое цунами. Толчок ощущался в Хакодате и Саппоро, о. Хоккайдо, и в Хачинохе, Хитаки, Мориока, Сендай, Токио и Вакуя, о. Хонсю. Зарегистрирована интенсивность сотрясений 4 балла по шкале JMA в восточной части Хоккайдо.

Южнее, у восточного побережья о. Хонсю, 25 октября в 17^h10^m произошло землетрясение № 26 с $MS=7.2$ [3]. В очаге в условиях горизонтального широтного сжатия и вертикального растяжения произошел сброс по меридиональной плоскости. По данным [1], это землетрясение ощущалось на российской территории в Южно-Курильске с интенсивностью 2 балла по шкале MSK-64.

Два землетрясения (№ 1, 21) произошли на стыке Тихоокеанской и Северо-Американской плит – у берегов Юго-Восточной Аляски и в районе Андреяновских островов, Алеуты.

Землетрясение 5 января в 08^h58^m (№ 1) с $MS=7.9$ [3] возникло у берегов Юго-Восточной Аляски на границе океанической плиты. По данным GSRAS, в очаге произошел правый сдвиг по плоскости север–северо-западного простирания, или левый сдвиг по плоскости восток–северо-восточного простирания. Авторами [47] обнаружено, что при землетрясении 5 января происходило суперсдвиговое вспарывание разлома, т.е. скорость продвижения оконечности трещины разрыва превышала скорость упругих сдвиговых волн. При этом землетрясении асимметрично распространявшийся сдвиг возник на разломе Куин-Шарлотт у юго-восточного побережья Аляски. Скорость вспарывания разлома была от 5.5 до 6.0 км/с, что выше скорости S -волн в земной коре и верхней мантии и близко к скорости P -волн в земной коре. Суперсдвиг происходил на 100-километровом северном участке зоны разломов, а на более коротком южном участке суперсдвиг зарегистрирован не был. Направление распространения суперсдвига может быть обусловлено сильным контрастом вещества среды вкост границы континент/океан. Поверхностные колебания усиливались вследствие влияния сдвиговых волн и поверхностных волн Маха (Mach waves) на азимутах под углом к направлению вспарывания, что увеличивало сейсмическую опасность [47].

По данным [28], землетрясение 5 января ощущалось на обширной территории юго-востока Аляски (США) и на юге Британской Колумбии (Канада), вплоть до Хайнес-Джанкшн (территория Юкон, Канада) и Сиэтла (штат Вашингтон, США). Интенсивность сотрясений I в населенных пунктах Юго-Восточной Аляски составила: Эдна Бэй, Крейг, Хайдаберг и Клоок – V баллов по шкале MMI; Гаставус, Хуна, Джуно, Кетчикан, Метлакатла, Питерсберг, Ситка, Скагуэй и Рангелл – IV балла; Дуглас, Хейнс и Торн Бэй – III балла. В Британской Колумбии, Канада, землетрясение ощущалось с интенсивностью III балла по шкале MMI в городах Нечако, Китимат, Принц Руперт, Скина и Терраса; II балла – Смитерс, Ванкувер и Вандерхуф. Также ощущалось ($I=III$ балла) в Уайтхорсе (Юкон). Цунами с максимальной высотой волны 14 см над уровнем моря было записано в Порт-Александрере, Аляска.

Землетрясение № 21 с $MS=6.8$ [3] и $M_w=7.0$ [27] зарегистрировано 30 августа в 16^h25^m. Его эпицентр находился в Тихом океане, примерно в 30 км к юго-востоку от о. Тагалак. В очаге произошел надвиг висячего, или подвиг лежачего крыла субширотного разрыва, полого падающего на север (NPI), что соответствует тектоническим представлениям о процессе субдукции Тихоокеанской плиты под Североамериканскую в районе Алеутского желоба. По плоско-

сти *NP2* восток–северо-восточного простирания, круто падающей на юг, мог произойти взброс, однако по тектоническим соображениям решение для *NP1* представляется более реалистичным.

Целый ряд (№ 2–6, 10, 15, 18) сильнейших землетрясений отмечен на границе Тихоокеанской и Австралийской тектонических плит.

Пять землетрясений (№ 2–6) – главный толчок и четыре его афтершока с $MS=6.9–7.2$ [3], $M_w=6.8–7.9$ [27] – произошли в течение трех суток 6–8 февраля в районе о-ов Санта-Крус.

Главный толчок № 2 с $MS=7.2$ [3], $M_w=7.9$ [27] зарегистрирован 6 февраля в 01^h12^m в Тихом океане на глубине 34 км примерно в 100 км к запад–юго-западу от о. Нендо. В очаге реализовался надвиг (поддвиг) по плоскости *NP1* северо-западного простирания, полого падающей на северо-восток. Простирание и падение плоскости разрыва совпадают с таковыми для Северо-Новогембридского желоба, к которому приурочен эпицентр землетрясения.

По данным [28], в нескольких деревнях на о. Нендо девять человек погибли, 17 ранены, пятеро пропали без вести, по меньшей мере, 684 дома разрушено или повреждено. На о. Томоту Ной (Нибанга) один человек погиб, один ранен и, по меньшей мере, 39 домов разрушено или повреждено в нескольких деревнях. Все жертвы и большая часть ущерба были вызваны сильным цунами. Пирс Уорф в г. Лата (о. Нендо, $I=VIII$ баллов по шкале MMI) был поврежден цунами и последующими толчками. Толчки ощущались в Хониаре и Киракире (Соломоновы о-ва), а также в г. Порт-Олри и Порт-Вила (Вануату). Цунами было записано со следующими амплитудами на следующих участках прилива: 104 см – пирс Уорф в г. Лата на о. Нендо; 77 см – Ианген, 57 см – Уенн, 51 см – о. Маре, 48 см – о. Лифу (о-ва Новая Каледония); 40 см – мыс Фергюсон, 24 см – залив Рослин, Австралия; 33 см – Порт-Вила, 27 см – Луганвилл (Вануату); 38 см – Абурацу, 19 см – Титидзима, 18 см – Кусимото (Япония); 18 см – залив Коротити, 13 см – порт Таранаки, 12 см – о. Грейт-Барриер (Новая Зеландия); 10 см – Хониара (Соломоновы о-ва).

Сильнейшие афтершоки этого землетрясения были зарегистрированы: 6 февраля в 01^h23^m с $MS=6.4$ [3], $M_w=7.1$ [27] (№ 3), в 01^h54^m с $MS=6.9$ [3], $M_w=7.0$ [27] (№ 4), а также 8 февраля в 11^h12^m с $MS=7.0$ [3], $M_w=6.8$ [27] (№ 5) и в 15^h26^m (№ 6) с $MS=6.9$ [3], $M_w=7.0$ [27]. В результате землетрясения № 5 пирс Уорф в г. Лата на о. Нендо получил дополнительные повреждения, а землетрясение № 6 ощущалось с интенсивностью $I=IX$ баллов по шкале MMI в г. Лата [28].

Механизмы очагов афтершоков отличны от механизма главного толчка 6 февраля. В очаге афтершока № 3 произошел сброс по пологой плоскости север–северо-западного простирания, падающей на северо-восток (*NP1*), или сброс по крутой субмеридиональной плоскости с падением на запад (*NP2*). Подвижки в очагах трех остальных афтершоков представляли собой сдвиги.

Землетрясение 6 апреля в 04^h42^m (№ 10) с $MS=6.5$ [3], $M_w=7.0$ [27] произошло в 63 км к северо-востоку от городка Мулия на о. Новая Гвинея. В очаге произошел сбросо-сдвиг по плоскости север–северо-западного или юго-западного простирания. По данным [28], оно ощущалось в населенных пунктах Папуа с интенсивностью I по шкале MMI: V баллов – Мулия; IV балла – Гениум, Джаяпур, Мамберамо, Сарми, Сентани, Танахерах, Вамена и Варопена; III балла – Маппи и Мераука; II балла – Тимика. Также ощущалось в Аберпуре.

7 июля в 18^h35^m примерно в 1700 км к востоку от эпицентра № 10 возник глубокофокусный очаг землетрясения № 18 с $M_w=7.3$ [27] и $h=389$ км. Ближайший населенный пункт – г. Манга на о. Новая Ирландия – находился на расстоянии около 100 км от эпицентра. В очаге произошел сброс с небольшими компонентами сдвига по плоскости северо-западного (*NP1*) или близмеридионального (*NP2*) простирания.

23 мая в 17^h19^m зарегистрировано землетрясение (№ 15) на глубине 171 км с $M_w=7.4$ [27] в Тихом океане, к югу от о-вов Фиджи. Ближайший населенный пункт – г. Нукуалофа на о. Тонготалу (о-ва Тонга) – находился примерно в 300 км к северо-востоку от эпицентра. В его очаге произошел горизонтальный сдвиг с компонентами сброса, или сброс восточного крыла крутого близмеридионального разрыва.

Два землетрясения возникли на стыке плиты Наска и Южно-Американской плиты: № 7 – в Колумбии и № 23 – на побережье Перу.

Очаг землетрясения 9 февраля в 14^h16^m (№ 7) с $M_w=7.0$ [27] находился на глубине 98 км в 3 км к восток–юго-востоку от городка Консака и в 15 км к западу от административного центра Пасто департамента Нариньо (Колумбия). Подвижка в очаге, по данным GСMT, представляла собой правый сдвиг по меридиональной плоскости, или левый сдвиг по широтной. По данным

[28], землетрясение ощущалось на большей части территории Колумбии, Эквадора и Панамы, а также в районе Каракас-Валенсия Венесуэлы. В департаментах Каука и Нариньо (Колумбия) 15 человек получили ранения, 100 домов разрушены и 1900 – повреждены. В населенных пунктах Колумбии толчок ощущался с интенсивностью V баллов по шкале MMI в Пасто, IV балла – Кали, Джамунди, Манисала, Пальмира, Паска, Перейра и Попаян, III балла – Богота и Медельина. В Эквадоре оно ощущалось с интенсивностью V баллов по шкале MMI в Баия-де-Каракесе и Портовьехо, IV балла – Гуаякила, Манта, Кито и Тумбако, III балла – Ибарра и Сангоки, Эквадор, а также в Рио-Хато, Панама.

Землетрясение 25 сентября с $MS=7.1$ [3] (№ 23) произошло в $16^{\text{h}}42^{\text{m}}$ на глубине 36 км в Тихом океане у побережья Перу, примерно в 15 км к восток–юго-востоку от местечка Танака в регионе Арекипа. В очаге реализовался подвиг лежачего крыла разрыва, плоскость которого полого падает на северо-запад ($NP1$), или взброс по крутой плоскости разрыва, падающей на юго-запад ($NP2$). Движение по плоскости $NP1$ соответствует процессу поддвига плиты Наска под Южноамериканскую.

На границе Евразийской и Филиппинской плит возникло землетрясение 15 октября в $00^{\text{h}}12^{\text{m}}$ (№ 25) с $MS=7.0$ [3] ($M_w=7.1$ [27]), эпицентр которого находился в центральной части о. Бохоль, Филиппины. В очаге произошел взбросо-сдвиг по крутой меридиональной плоскости, или сдвиг по пологой широтной. По данным [28], оно ощущалось с интенсивностью VIII баллов по шкале PEIS (шкала интенсивности землетрясений Филиппинского института сейсмологии и вулканологии [47]) – в населенных пунктах Сагбаян, Катигбиан, Лун, Марибуджока, Сан-Айзидро, Антекера, Кортес, Кларин и Буэнависта (о. Бохоль); VII баллов по шкале PEIS – Тагбиларан, Себу, Лапу-Лапу, Мандау, Толедо, Каркар, Нага-Сити Себу, Данао, Кармен, Билар, Лобок, Лойе, Баклайон, Альбукерке и Дауис (о. Бохоль); VI баллов по шкале PEIS – Хинигаран (Западный Негрос), Думагете, остров Сикихор, Лила, Димья, Валенсия, Гарсия Хернандес, Джагна, Даеро, Гуиндульман и Кандиджей (о. Бохоль); V баллов по шкале PEIS – Илоило, Ла Карлота Сити, остров Гимарас, Абуйог (о. Лейте), Озамис Сити, Сибулан (Восточный Негрос), остров Камигуин, Гингуг и Кагаян-де-Оро (Восточный Мисамис); IV балла по шкале PEIS – Рохас, Масбате, Булузан, Сорсогон Сити, Хинунанган, Табонтабон, Сан Пабло Сити, Бато, Таклобан (о. Лейте), Древний Патногон, Диполог, Баколод, Билиран, Бэйаван Сити, Бейбей Сити (Южный Лейте), Древний Сан-Хосе, Гуйхуллан (Восточный Негрос), Бутуан (о. Минданао).

Евразия. Два самых катастрофических землетрясения 2013 г. (№ 14 и 20) произошли в континентальной части Евразийской тектонической плиты на территории Китая (рис. 3).

В результате землетрясения № 14 20 апреля в $00^{\text{h}}02^{\text{m}}$ с $MS=6.8$ [3] в уезде Лушань провинции Сычуань по меньшей мере 196 человек погибли, 11470 – получили ранения, 21 – пропали без вести и 237655 человек были эвакуированы. В эпицентральной зоне были разрушены или повреждены многие дома и дороги, прерывалась связь, происходили отключения электроэнергии. Землетрясение, названное «Лушаньским», ощущалось в некоторых районах провинций Гуйчжоу, Хубэй и Юньнань и по всей провинции Сычуань, в т.ч. с интенсивностью V баллов по шкале MMI в Чэнду; IV балла – Чунпин и II балла – Сиань. Толчки также ощущались в городах Кхонса, Индия и Сан-Сай, Таиланд [28]. Кроме того, на сайте USGS [48] есть данные об интенсивности сотрясений в городах провинции Сычуань: VIII баллов по шкале MMI – Янь и Цюнлай; V баллов – Тианпенг и Маньян; IV балла – Даван; III балла – Цзыян и Сичан. В городе Чжаотун провинции Юньнань толчки ощущались с интенсивностью V баллов по шкале MMI [48].

В [49] приведена информация о том, что при полевых обследованиях Лушаньского землетрясения (№ 14) обнаружены зоны поверхностного растрескивания северо-восточного направления, что соответствует простиранию обеих возможных плоскостей разрыва взбросового типа в очаге этого землетрясения (табл. 4, рис. 3). Зафиксировано также разжижение грунтов в этой зоне, огромные оползни в зонах разломов Дачуань–Шуанши (Dachuan–Shuangshi) и Синькайдянь (Xinkaidian). Поверхностных разрывов не обнаружено. По данным GPS, сейсмогенерирующий разлом лежит к востоку от уезда Лушань, а землетрясение вызвало триггерные подвижки на разломе к западу от уезда Лушань. Полевые обследования, данные GPS, параметры очаговой плоскости, глубина очага и распределение афтершоков позволяют предположить, что сейсмогенерирующая структура Лушаньского землетрясения является отслоением

под складчатостью в восточной части гор Лунмынь. Авторы [50] сообщают, что Лушаньское землетрясение сопровождалось сильной афтершоковой активностью – 3333 афтершока с $ML > 0$ в течение первых 72 часов. Распределение подвижек неоднородно: большая часть произошла в области, похожей на прямоугольный треугольник, в глубинном диапазоне 5–20 км. В течение первых 4 с разрыв распространялся по простиранию и падению плоскости разлома. Пиковые смещения были 1.2 м, сбросы статического и кажущегося напряжений – 1.5 и 0.35 МПа, соответственно, что, по сравнению с другими внутриплитовыми землетрясениями, значительно меньше, чем ожидалось по данным об огромных разрушениях при Лушаньском землетрясении [50].

При землетрясении № 20 за 21 июля в 23^h45^m с $MS=6.0$ [3] в провинции Ганьсу 94 человека погибли, 1001 – ранены, пятеро пропали без вести и 31250 человек были эвакуированы. В гг. Мянсянь, Чжансян и Лисянь провинции Ганьсу разрушено, по меньшей мере, 1968 домов, повреждено 22496 домов, шесть дорог и несколько плотин, произошли оползни и прервалась коммуникация. Землетрясение вызвало сотрясения с интенсивностью III балла по шкале MMI в Сиане, а также ощущалось в Чэнду, Ханьчжун, Ланьчжоу и Цинчэн [28].

По данным GSRAS, при событии № 20 реализовался взбросо-сдвиг по плоскости близмеридионального ($NP1$) или северо-западного ($NP2$) простирания.

Авторами [51] проведено исследование распределения сейсмогенных нарушений и сейсмогенерирующей тектоники в очаговой зоне землетрясения № 20. Оно произошло в центре северной части зоны разломов меридионального простирания. Область характеризуется крупными активными структурами – Восточно-Куьлуньский разлом и Северный фронтальный разлом. Зона макросейсмических проявлений землетрясения вытянута в запад–северо-западном направлении, что согласуется с простиранием разлома Линьтань-Таньчан (Lintan-Tanchang) и с ориентацией нодальной плоскости $NP2$ решения механизма очага этого землетрясения, приведенного выше. Предполагается, что генерация землетрясения была связана с этим разломом. Наибольшие разрушения сосредоточены в его окрестности.

На границе Евразийской и Северо-Американской плит 14 февраля в 13^h13^m возникло Илин-Тасское (Абыйское) землетрясение № 8 с $MS=6.9$ [3], которое стало самым сильным сейсмическим событием в системе хребта Черского за последние 42 года. Его эпицентр располагался в северо-западных отрогах Момского хребта на границе с Индигиро-Зырянской впадиной, в ненаселенной горно-таежной местности на юге Абыйского района Республики Саха (Якутия) [52]. В очаге произошел взбросо-сдвиг по плоскости юго-восточного ($NP1$) или близмеридионального ($NP2$) простирания. Ориентация плоскости $NP1$ и межплитовой границы на данном участке совпадают, что позволяет считать эту нодальную плоскость предпочтительной для описания процесса в очаге Абыйского землетрясения. По данным [1], землетрясение ощущалось в следующих населенных пунктах: Куберганя – с интенсивностью 6–7 баллов по шкале MSK-64; Депутатский, Сутуруоха – 5–6 баллов; Батагай, Белая Гора, Боронук, Верхоянск, Табалах, Эсэ-Хайя – 5 баллов; Хонуу – 4–5 баллов; Абый, Буор-Сысы, Сайды – 4 балла; Усть-Нера – 3–4 балла.

Три сильнейшие землетрясения зарегистрированы на стыке Евразийской плиты с Аравийской (№ 11) и Индийской (№ 12, 22).

Землетрясение № 11 произошло 9 апреля в 11^h52^m с $MS=6.3$ [3] в провинции Систан и Белуджистан, Южный Иран. В очаге произошел надвиг южного крыла разрыва по пологой ($DP=41^\circ$) плоскости юго-восточного простирания ($NP1$), или взброс северного крыла более крутой ($DP=52^\circ$) плоскости северо-западного простирания ($NP2$). В движении по обеим плоскостям присутствовали незначительные сдвиговые компоненты. Ориентация обеих нодальных плоскостей совпадает с ориентацией границы между Евразийской и Аравийской плитами, однако по тектоническим соображениям более типичным механизмом очага для контакта указанных плит представляется взброс по плоскости с падением на северо-восток ($NP2$). По данным [28], более 92 деревень повреждены в районе Каки-Сена-Шанбе. В районе Каки по меньшей мере 37 человек погибли, 850 получили ранения, 200 семей оказались без крова, повреждено 700 домов, разрушены телефонные и водные коммуникации, произошли оползни. Землетрясение ощущалось с интенсивностью IV балла по шкале MMI [41] в Ширазе, Иран, и Абу-Даби, ОАЭ; III балла – в Дубае, ОАЭ, а также в Манаме, Бахрейн, в Дохе, Катар, и Ад-Даммэне, Сау-

довская Аравия. Слабые толчки ощущались во всем регионе Персидского залива – в Бахрейне, Иране, Кувейте, Катаре, Саудовской Аравии и Объединенных Арабских Эмиратах [28].

16 апреля в 10^h44^m в 1025 км к востоку от эпицентра № 11 в юго-западной части Пакистана на глубине 68 км произошло землетрясение № 12 с $MS=7.3$ [3], $M_w=7.7$ [27]. Подвижка в очаге отличалась от движения в очаге землетрясения № 11 и представляла собой сдвиг с небольшой сбросовой компонентой по пологой ($DP=30^\circ$) плоскости юго-восточного простирания ($NP1$), или сброс с компонентой сдвига по вертикальной плоскости юго-западного простирания ($NP2$). Некоторая удаленность эпицентра этого землетрясения от границы между Евразийской и Индийской плитами и нетипичный для этой границы механизм очага позволяют отнести его к внутриплитовым землетрясениям. По данным [28], в районе Машкель, Пакистан, по меньшей мере 40 человек погибли, 300 ранены, 35000 человек оказались без крова, повреждены 1000 домов и разрушены коммуникации. Есть неподтвержденные сообщения о 27 людях, пострадавших в Юго-Восточном Иране. Интенсивность сотрясений в баллах по шкале MMI в населенных пунктах соседних стран достигала: V баллов – Аль-Мухаррак (Бахрейн), Аджман (ОАЭ); IV балла – Абу-Даби, Дубай и Ра-аль-Хаймах (ОАЭ), Дели, Гургаон и Нойда (Индия), Бандар-Аббас и Захедан (Иран), Эс-Сиб и Аль-Джадида (Оман), Хайдарабад, Исламабад, Карачи и Лахор (Пакистан), Даммам (Саудовская Аравия); III балла – Манам (Бахрейн), Ахмадабад, Джайпур, Нью-Дели и Сурат (Индия), Шираз (Иран), Эль-Ахмади и Хавалли (Кувейт), Башшар и Маскат (Оман), Доха (Катар), Эр-Рияд (Саудовская Аравия). Кроме того, толчки ощущались и в Афганистане [28].

В 365 км к восток–юго-востоку от эпицентра землетрясения 24 сентября в 11^h29^m (№ 12) зарегистрировано землетрясение с $MS=7.8$ [3] (№ 22). Очаг находился в земной коре в малонаселенной местности провинции Белуджистан, Пакистан, в 69 км к северу от г. Аваран и 270 км к северу–северо-западу от г. Карачи, Пакистан (население – 11.6 млн. человек). В очаге реализовался левосторонний сдвиг по плоскости юго-западного простирания, или правосторонний сбросо-сдвиг по плоскости северо-западного простирания. Землетрясение ощущалось в Карачи с интенсивностью IV балла по шкале MMI, III балла – в Герате, Афганистан и Гургаоне, Индия; II балла – в Дубае, ОАЭ [53].

На границе Евразийской и Африканской тектонических плит 12 октября в 13^h11^m произошло землетрясение № 24 с $MS=6.3$ [3] ($M_w=6.8$ [27]) в районе о. Крит, Греция. Механизм очага этого землетрясения – горизонтальный сдвиг в юго-восточном направлении висячего крыла пологого разрыва, или взброс северного крыла вертикального разрыва юго-восточного простирания. Сведений об ощутимости данного события в населенных пунктах нет, но в USGS [54] поступили макросейсмические данные с ряда сейсмических станций, где интенсивность сотрясений в баллах по шкале MMI составила: VII баллов – «Вамвакопауло» (о. Крит, $\Delta=72$ км); IV балла – «Айя-Еирини» (о. Крит, $\Delta=166$ км); III балла ($\Delta=216$ – 956 км) – «Санторини» (о. Санторини) и «Флорина», Греция, а также «Каир», Египет; II балла ($\Delta=349$ – 957 км) – «Карпатос» (о. Карпатос) и «Агиос Георгиос», Греция, «Маниса» и «Балыкесир», Турция, а также «Тирана», Албания, и «Гиза», Египет [54].

Атлантический океан. На юге Атлантического океана, на границе Антарктической плиты и плиты Скотия (рис. 3), в 2013 г. возникли два очага сильнейших коровых землетрясений № 19, 27, которые не ощущались в населенных пунктах из-за удаленности от них.

15 июля в 14^h03^m зарегистрировано землетрясение № 19 с $MS=7.0$ [3], $M_w=7.3$ [27], примерно в 200 км к юго-востоку от группы о-вов Южные Туле. Решение механизма очага для этого землетрясения дает сдвиг по двум крутым взаимно перпендикулярным альтернативным плоскостям – правый по широтной плоскости $NP1$ и левый с небольшой компонентой сброса – по меридиональной $NP2$. Из-за местоположения эпицентра на стыке трех плит – Антарктической, Южно-Американской и плиты Скотия, границы между которыми совпадают по простиранию с ориентацией нодальных плоскостей $NP1$ и $NP2$ (рис. 3), – выбрать предпочтительную плоскость разрыва не представляется возможным.

Землетрясение с $MS=7.9$ [3] ($M_w=7.8$ [27]) отмечено 17 ноября в 09^h04^m к северо-западу от о. Коронейшен (№ 27 на рис. 3). Ближайший населенный пункт (г. Стенли на Фолклендских островах) находился в 1200 км от эпицентра. По данным GCMТ, в очаге произошел левый сдвиг по пологой субширотной плоскости ($NP1$), или взбросо-сдвиг – по вертикальной субмеридиональной плоскости ($NP2$). Совпадение ориентации плоскости $NP1$ с ориентацией меж-

плитовой границы позволяет выбрать эту плоскость разрыва в качестве действующей в очаге землетрясения № 27.

25 ноября в 06^h27^m в 320 км к юго-востоку от г. Стенли, Фолклендские острова, произошло землетрясение с $MS=7.0$ [3], $M_w=6.9$ [27] (№ 28 на рис. 3). По данным GCMТ, в очаге землетрясения, приуроченном к границе Южно-Американской плиты и плиты Скотия, произошел правосторонний сдвиг по плоскости юго-восточного простирания, или левосторонний – по плоскости северо-восточного простирания.

Индийский океан. 2 июля в 07^h37^m в северной части о. Северная Суматра (провинция Ачех, Индонезия) произошло катастрофическое землетрясение с $MS=6.0$ [3], $M_w=6.1$ [27] (№ 17 на рис. 3). В очаге реализовался сбросо-сдвиг по крутой плоскости северо-восточного ($NP1$) или юго-восточного ($NP2$) простирания. Подвижка по плоскости $NP2$ предпочтительна, т.к. ориентация этой нодальной плоскости совпадает с простиранием межплитовой границы на данном участке контакта Австралийской и Евразийской (Китайской) плит. Очаг находился в земной коре примерно в 30 км к западу от населенного пункта Такенгон. По данным [28], в результате землетрясения по меньшей мере 42 человека погибли, 2500 получили ранения, шестеро пропали без вести, 53339 человек эвакуировано, 20401 здание разрушено или повреждено в районе Бенеер–Мерих–Центральный Ачех. Один человек убит оползнем в Бенермериахе (Ачех, Индонезия). Несколько оползней повредили дороги, отрезав доступ к девяти деревням. Землетрясение ощущалось с интенсивностью IV балла по шкале MMI [41] в гг. Банда-Ачех, Лхоксёмаве и Такенгон и III балла – в Медане, Индонезия. В Малайзии толчки ощущались в Джорджтауне и Гелугоре с интенсивностью III балла, а также в населенных пунктах Айер-Итам, Балаконг, Баттерворт, Петалинг-Джая, Сунгай-Ара и Танджонг-Бунга. Кроме того, землетрясение ощущалось на о. Пхукет, Таиланд.

В заключение отметим, что в 2013 г. аномально высокое количество сейсмической энергии выделилось в Охотском море, где произошло сильнейшее на планете глубоководное землетрясение с $M_w=8.3$.

Л и т е р а т у р а

1. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеismicких станций), 2013 // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013
2. Сейсмологический каталог (сеть телесеismicких станций), 2013 // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/2013
3. Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Дуленцова Л.Г., Лёвкина А.В., Малайнова Л.С., Рыжикова М.И., Щербакова А.И. (сост.). Каталог землетрясений Земли за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
4. Бабкина В.Ф., Болдырева Н.В., Пойгина С.Г. (сост.). Список сейсмических станций России и мира, использованных при создании Сейсмологического бюллетеня за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
5. Болдырева Н.В., Пойгина С.Г. 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.
6. Пойгина С.Г., Петрова Н.В., Болдырева Н.В. Сильные землетрясения Земли // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 264–279.
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 K.E. Seismological tables // Brit. Assoc. for the advancement of Sci. – London: Gray-Milne Trust, 1958. – 65 p.
10. Bolt B.A. 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 K.** 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 B., Richter C.** Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration // *Bull. Seism. Soc. Am.* – 1942. – **32**, N 3. – P. 163–191.
 16. **Gutenberg B., Richter C.** 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 *P*-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 *P*-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. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 292–298. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.26
 24. **Малянова Л.С. (отв. сост.), Габсатарова И.П. (сост.).** Параметры механизмов очагов сильных землетрясений Земли в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – 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 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD-ROM.
 26. **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., Рыжикова М.И., Щербакова А.И. (сост.).** Каталог сильных с M ($MPSP$, $MPLP$, MS , M_w) ≥ 6.0 землетрясений Земли за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
 27. **Global CMT Catalog (GCMT)** [Сайт]. – URL: <http://www.globalcmt.org/>
 28. **International Seismological Centre**, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
 29. **Касахара К.** Механика землетрясений. – М.: Мир, 1985. – С. 25.
 30. **Пойгина С.Г., Коломиец М.В. (сост.).** Макросейсмический эффект сильных ощутимых землетрясений Земли с $M \geq 6$ в населенных пунктах в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
 31. **Пойгина С.Г. (сост.).** Координаты сотрясенных в 2013 г. населенных пунктов Северной Евразии (при сильных землетрясениях Земли с $M \geq 6$) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
 32. **База данных «Macro seismic punkts GS RAS».** – Обнинск: Фонды ЦО ФИЦ ЕГС РАН, 2019.
 33. **Сейсмологический каталог (ежедекадный) за 1992–2012 гг.** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. –

- Обнинск: ЦОМЭ ИФЗ РАН, 1992–2004; ГС РАН, 2005–2013.
34. **Пойгина С.Г. (сост.)**. Дополнение к каталогу механизмов очагов сильных землетрясений Земли по данным GСMT за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
 35. **Young J.W., 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.
 36. **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.
 37. **Маловичко А.А., Маловичко Е.А.** Макросейсмические проявления в Москве от глубокофокусного землетрясения 24 мая 2013 г. в Охотском море // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Восьмой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 3–9.
 38. **Старовойт О.Е., Коломнец М.В., Рыжикова М.И.** Анализ макросейсмических данных глубокого землетрясения 24 мая 2013 г. в Охотском море // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Восьмой Международной сейсмологической школы. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 10–16.
 39. **Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В.** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
 40. **Чебров В.Н., Абубакиров И.Р., Богданов В.В., Болдина С.В., Бусс Ю.Ю., Власов Ю.А., Гаврилов В.А., Гашева О.А., Гусев А.А., Гусева Е.М., Денисенко В.П., Дрознина С.Я., Душкина С.М., Иванова Е.И., Кайсин А.В., Копылова Г.Н., Кравченко Н.М., Кугаенко Ю.А., Ландер А.В., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Морозова Ю.В., Павлов А.В., Павлов В.М., Полтавцева Е.В., Полюхова А.Л., Раевская А.А., Рябинин Г.В., Салтыков В.А., Серафимова Ю.К., Сизова Е.Г., Титков Н.Н., Федористов О.В., Чебров Д.В., Чеброва А.Ю., Широков В.А.** Сильные Камчатские землетрясения 2013 года / Под ред. В.Н. Чеброва. – Петропавловск-Камчатский: «Новая книга», 2014. – 252 с.
 41. **The Modified Mercalli Intensity Scale.** Earthquake Topics // USGS [Web Site]. – URL: <https://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php>
 42. **Tables explaining the JMA Seismic Intensity Scale** // Japan Meteorological Agency [Web Site]. – URL: <http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/inttable.html>
 43. **Чеброва А.Ю., Абубакиров И.Р., Гусев А.А., Дрознина С.Я., Ландер А.В., Митюшкина С.В., Павлов В.М., Салтыков В.А., Титков Н.Н., Чебров Д.В.** Охотоморское-III землетрясение 24 мая 2013 г. с $M_{w\text{per}}=8.3$, $I_0=6$ (Охотское море) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 377–396. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.34
 44. **Чеброва А.Ю., Абубакиров И.Р., Гусев А.А., Матвеев Е.А., Митюшкина С.В., Павлов В.М., Салтыков В.А., Чебров Д.В.** Землетрясение 28 февраля 2013 г. с $M_{w\text{GСMT}}=6.8$, $I_0=5-6$ (Юго-восточное побережье Камчатки) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 329–342. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.30
 45. **Дрознина С.Я. (отв. сост.); Назарова З.А., Карпенко Е.А., Леднёва Н.А., Напылова Н.А., Коженикова Т.Ю., Митюшкина С.В., Раевская А.А. (сост.)**. IV. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Камчатка и Командорские острова // Землетрясения России в 2013 году. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – С. 165–174.
 46. **Yue Han, Lay Th., Freymueller J.T., Ding K., Rivera L., Ruppert N.A., Koper K.D.** Суперсдвиговое вспарывание при землетрясении ($M[w]=7.5$) 5 января 2013 г. в окрестности города Крейг, Аляска. Supershear rupture of the 5 January 2013 Craig, Alaska ($M[w] 7.5$) earthquake // *J. Geophys. Res.* – 2013. – **118**, N 11. – P. 5903–5919. – Англ. //→РЖ «Физика Земли». – 2014. – № 6 (реф. 128).
 47. **PHIVOLCS Earthquake Intensity Scale (PEIS)** // Philippine Institute of Volcanology and Seismology (PIVS) [Web Site]. – URL: http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com_content&task=view&id=45&Itemid=100
 48. **M 6.6 – 56 km WSW of Linqiong, China** // USGS [Web Site]. – URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000gcdd#dyfi>
 49. **Li Chuan-you, Xu Xi-wei, Gan Wei-jun, Wen Xue-ze, Zheng Wen-jun, Wei Zhan-yu, Xu Chong, Tan**

- Xi-bin, Chen Gui-hua, Liang Ming-jian, Li Xin-nan.** Сейсмогенерирующие структуры, связанные с землетрясением с $M[S]=7.0$, произошедшим 20 апреля 2013 г. в уезде Лушань, провинция Сычуань (Китай) // *Dizhen dizhi = Seismol. and Geol.* – 2013. – **35**, N 3. – P. 671–683. – Кит.; рез. англ. //→РЖ «Физика Земли». – 2014. – № 3 (реф. 145).
50. **Hao Jinlai, Ji Chen, Wang Weimin, Yao Zhenxing.** История разрывообразования при Лушаньском землетрясении (Сычуань, Китай) 2013 г. с $M[w]=6.6$ по локальным сильным колебаниям и телесеismicким объемным и поверхностным волнам. Rupture history of the 2013 $M[w]$ 6.6 Lushan earthquake constrained with local strong motion and teleseismic body and surface waves // *Geophys. Res. Lett.* – 2013. – **40**, N 20. – P. 5371–5376. – Англ. //→РЖ «Физика Земли». – 2014. – № 4 (реф. 157).
51. **Zheng Wen-jun, Min Wei, He Wen-gui, Ren Zhi-kun, Liu Xing-wang, Wang Ai-guo, Xu Chong, Li Feng.** Распределение сейсмогенных разрушений и сейсмогенерирующая тектоника землетрясения с $M[S] = 6.6$, произошедшего 22 июля 2013 г. на границе уездов Миньсянь и Чжансянь, провинция Ганьсу, Китай // *Dizhen dizhi = Seismol. and Geol.* – 2013. – **35**, N 3. – P. 604–615. – Кит.; рез. англ. //→РЖ «Физика Земли». – 2014. – № 4 (реф. 158).
52. **Козьмин Б.М., Шибяев С.В.** Якутия // *Землетрясения Северной Евразии.* – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 224–231. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.19
53. ***M 7.7 – 61 km NNE of Awaran, Pakistan*** // USGS [Web Site]. – URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000jyiv#shakemap>
54. ***M 6.6 – 31 km W of Platanos, Greece*** // USGS [Web Site]. – URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000kbn7#shakemap>

METADATA IN ENGLISH

GLOBAL EARTHQUAKES

S.G. Poygina, N.V. Petrova, N.V. Boldyreva

Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences, Obninsk, Russian, sveta@gsras.ru

Abstract. The information on the Earth seismicity in 2013 at the level of strong earthquakes with $M \geq 6$ is provided according to the Seismological Bulletin of the Geophysical Survey of RAS (GS RAS). The initial Seismological Bulletin for 2013 contains parameters of 4212 earthquakes in the world, versus 4845 in 2012. This article analyzes parameters of 160 strong earthquakes of the Earth in 2013 with $M \geq 6$, including 24 strongest earthquakes with $M \geq 7$ and the maximum earthquake of the Earth with $M_w = 8.3$ occurred in Okhotsk Sea, as well as four earthquakes with $M = 6.0–6.8$, which resulted in significant sacrifices and destructions. 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. The information on focal mechanisms and consequences of 28 strongest earthquakes, including macroseismic effect, number of victims, landslides, tsunamis, etc. is given. The epicenters of most of them are confined to the boundaries of the largest tectonic plates of the Earth, and their focal mechanisms correspond to the basic laws of plate movement. The hypocenters of most of the strongest earthquakes are located within the Earth's crust, with the exception of earthquakes in Colombia, the Kuril Islands and south of the Fiji Islands, which had intermediate depths ($h = 98–171$ km), and the strongest in 2013 Okhotsk earthquake, the source of which lay in the upper mantle at the depth of $h = 617$ km. The movement in the source of the Okhotsk earthquake corresponds to the subduction process of the Pacific plate under the continent and indicates that the subducted plate is at the depth of 617 km.

Keywords seismic stations, strong earthquakes, catalog, magnitude, seismic energy, focal mechanism, macroseismic effect.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.25

For citation: Poygina, S.G., Petrova, N.V., & Boldyreva, N.V. (2019). Global earthquakes. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 273–291. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.25

References

1. GS RAS, Bulletin of Teleseismic Stations. (2019). Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2013/
2. GS RAS, Catalogues of Teleseismic Stations. (2019). Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/2013
3. Boldyreva, N.V., Atorina, M.A., Babkina, V.F., Dulentsova, L.G., Lyovkina, A.V., Malyanova, L.S., Ryzhikova, M.I., & Shcherbakova, A.I. (2019). Earthquakes and explosion catalogue of the Earth for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
4. Babkina, V.F., Boldyreva, N.V., & Poygina, S.G. (2019). List of seismic stations in Russia and in the world, used in the creation of the Seismological Bulletin for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
5. Boldyreva, N.V., & Poygina, S.G. (2018). List of seismic stations in Russia and in the world, used in the creation of the Seismological Bulletin for 2012. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21 (2012), Appendix on CD. (In Russ.).
6. Poygina, S.G., Petrova, N.V., & Boldyreva, N.V. (2018). Global earthquakes. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21 (2012), 264–279. (In Russ.).
7. Epifansky, A.G. (1983). [Determination of hypocenters parameters and earthquake magnitudes in the teleseismic zone (EPI-74)]. *Algoritmy i praktika opredeleniia parametrov gipotsentrov zemletriasenii na EVM* [Algorithms and practice of determining the earthquake hypocenters parameters on a computer] (pp. 92–97). Moscow: Nauka Publ. (In Russ.).
8. Richter, C.F. (1958). Elementary Seismology, WH Freeman and Company. *San Francisco*, 136–139.
9. Jeffreys, H. (1958). Seismological tables. *Br. Assoc. Adv. Sci.*
10. Bolt, B.A. (1968). Estimation of PKP travel times. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 58(4), 1305–1324.
11. Golenetsky, S.I., Kruglyakova, M.I., Perevalova, T.I. (1978). [Hodographs of seismic waves of the Baikal earthquakes]. In *Seismichnost' i glubinnoe stroenie Pribaikal'ia* [Seismicity and deep structure of the Baikal region] (pp. 30–38). Novosibirsk: Nauka Publ. (In Russ.).
12. Wadati, K. (1933). Travel time *P*- and *S*-waves. *Geophys. Mag.*, (11).
13. Arkhangel'skaya, V.M. (1957). [The use of records of surface waves in the interpretation of seismograms]. *Bulleten' Soveta po seismologii* [Bulletin of the Council on seismology], 6, 81–88. (In Russ.).
14. Gorbunova, I.V., Zakharova, A.I., Chepkunas, L.S. (1974). [Maximum phase of the Rayleigh surface wave as observed by various instrumentation in the Obninsk Center]. In *Magnituda i energeticheskaiia klassifikatsiia zemletriasenii. T. II.* [Magnitude and energy classification of earthquakes. V. II] (pp. 19–25). Moscow: IPE AS USSR Publ. (In Russ.).
15. Gutenberg, B. (1942). Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 32 (3), 163–191.
16. Gutenberg, B., & Richter, C. (1956). Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 46 (2), 105.
17. Vanek, I., Zatopek, A., Karnik, V., Kondorskaya, N.V., Riznichenko, Yu.V., Savarensky, E.F., Soloviev, S.L., & Shebalin, N.V. (1962). [Standardization of magnitude scales]. *Izvestiia AN SSSR. Seriiia geofizicheskaiia* [News of the AS USSR. Geophysical series], 2, 153–158. (In Russ.).
18. Gorbunova, I.V., & Shatornaya, N.V. (1976). [On the calibration curve for determining the magnitude of earthquakes from *PKIKP* waves]. *Fizika Zemli* [Izvestiya. Physics of the solid Earth], 7, 77–81. (In Russ.).
19. *Instruktsiia o poriadke proizvodstva i obrabotki nabliudeniia na seismicheskikh stantsiiakh Edinoi sistemy seismicheskikh nabliudeniia SSSR* [Instructions on the procedure for the production and processing of observations at seismic stations of the Unified Seismic Observation System of the USSR]. (1982). Moscow: Nauka Publ., 273 p. (In Russ.).
20. Aptekman, Zh.Ia., Daragan, S.K., Dolgopolov, D.V., Zakharova, A.I., Zobin, V.M., Kogan, S.Ia., Korchagina, O.A., Moskvina, A.G., Polikarpova, L.A., & Chepkunas, L.S. (1985). *P*-wave spectra in the problem of determining the dynamic parameters of earthquake foci. Unification of the initial data and the procedure for calculating the amplitude spectra. *Journal of Volcanology and Seismology*, 2, 60–70. (In Russ.).
21. Aptekman, Zh.Ya., Belavina, Yu.F., Zakharova, A.I., Zobin, V.M., Kogan, S.Ya., Korchagina, O.A., Moskvina, A.G., Polikarpova, L.A., & Chepkunas, L.S. (1989). *P*-wave spectra in the problem of determining the dynamic parameters of earthquake foci. Transition from station spectrum to focal and calculation of dynamic

- parameters of the foci. *Journal of Volcanology and Seismology*, 2, 66–79. (In Russ.).
22. Hanks, T.C., & Kanamori, H. (1979). A moment magnitude scale. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 84 (B5), 2348–2350.
 23. Chepkunas, L.S., & Malyanova, L.S. (2019). Source parameters of strong earthquakes of the Earth. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), xxx-xxx. (In Russ.).
 24. Malyanova, L.S., & Gabsatarova, I.P. (2019). Focal mechanisms parameters of strong earthquakes of the Earth in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
 25. Boldyreva, N.V., Atorina, M.A., Babkina, V.F., Dulentsova, L.G., Lyovkina, A.V., Malyanova, L.S., Ryzhikova, M.I., & Shcherbakova, A.I. (2019). Earth earthquake catalogue for 2012. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21 (2012), Appendix on CD. (In Russ.).
 26. Boldyreva, N.V., Atorina, M.A., Babkina, V.F., Dulentsova, L.G., Lyovkina, A.V., Malyanova, L.S., Milekhina, A.M., Poygina, S.G., Ryzhikova, M.I., & Scherbakova, A.I. (2019). Global earthquakes catalogue with M ($MPSP$, $MPLP$, MS , M_w) ≥ 6.0 for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
 27. Global CMT catalog. (2019). Retrieved from <http://www.globalcmt.org/>
 28. International Seismological Centre. (2019). On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin>
 29. Kasahara, K. (1981). *Earthquake mechanics*. Cambridge university press.
 30. Poygina, S.G., & Kolomiyets, M. V. (2019). Macroseismic effect of Global feeling earthquakes with $M \geq 6$ in settlements in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
 31. Poygina, S.G. (2019). Coordinates of the settlements in Northern Eurasia shaken in 2013 (at Global earthquakes with $M \geq 6$). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
 32. Database "Macroseismic punkts GS RAS". (2019). Obninsk: Funds of GS RAS (In Russ.).
 33. Catalog of Teleseismic Stations, 1993–2014, (2019). Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/
 34. Poygina, S.G. (2019). Addition to the focal mechanisms catalogue of Global earthquakes according to GCMT for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
 35. Young, J.B., Presgrave, B.W., Aichele, H., Wiens, D.A., & Flinn, E.A. (1996). The Flinn-Engdahl regionalisation scheme: the 1995 revision. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 96 (4), 223–297.
 36. Lander, A.V. (2004). Complex seismological and geophysical investigations in Kamchatka and Commander Islands (report 01.01.2003–31.12.2003). In *Funds of KB GS RAS*, 359–380. (In Russ.).
 37. Malovichko, A.A., & Malovichko, E.A. (2013). [Macroseismic manifestations in Moscow from a deep earthquake on May 24, 2013 in the Sea of Okhotsk]. In *Materialy VIII Mezhdunarodnoy seysmologicheskoy shkoly "Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seysmologicheskikh dannyykh"*. [Proceedings of the VIII International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 3–9). Obninsk: GS RAS Publ. (In Russ.).
 38. Starovoit, O.E., Kolomiets, M.V., & Ryzhikova, M.I. (2013). [The analysis of macroseismic data of a deep earthquake on May 24, 2013 in the Sea of Okhotsk]. In *Materialy VIII Mezhdunarodnoy seysmologicheskoy shkoly "Sovremennyye metody obrabotki i interpretatsii seysmologicheskikh dannyykh"*. [Proceedings of the VIII International Seismological Workshop "Modern Methods of Processing and Interpretation of Seismological Data"] (pp. 10–16). Obninsk: GS RAS Publ. (In Russ.).
 39. Medvedev, S.V. Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 seismic intensity scale]. *Moscow: MGK Academy of Sciences USSR Publ.*, 11 p.
 40. *Sil'niye kamchatskiye zemletryaseniya 2013 goda* [Kamchatka Strong Earthquakes in 2013]. (2014). Petropavlovsk-Kamchatsky: Hold. Comp. "Novaya Kniga" – Media Publ., 252 p. (In Russ.).
 41. USGS National Earthquake Information Centre. (2019). Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
 42. Tables explaining the JMA Seismic Intensity Scale (2019). Retrieved from <http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/inttable.html>

43. Chebrova, A.Yu., Abubakirov, I.R., Gusev, A.A., Droznina, S.Ya., Lander, A.V., Mityushkina, S.V., Pavlov, V.M., Saltykov, V.A., Titkov, N.N., & Chebrov, D.V. (2019). Okhotsk-III earthquake 24.05.2013 with $M_{w_{reg}}=8.3$. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 377–396. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.34
44. Chebrova, A.Yu., Abubakirov, I.R., Gusev, A.A., Matveenko, E.A., Mityushkina, S.V., Pavlov, V.M., Saltikov, V.A., & Chebrov, D.V. (2019). Earthquake 28.02.2013 with $M_{w_{GCMТ}}=6.8$, $I_0=5-6$ (Southeastern coast of Kamchatka). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 329–342. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.30
45. Droznina S.Ya., Nazarova, Z.A., Karpenko, E.A., Ledneva, N.A., Napylova, N.A., Kozhevnikova, T.Yu., Mityushkina, S.V., & Raevskaia, A.A. (2015). [IV. Earthquake catalogs in various regions of Russia. Kamchatka and the Komandor Islands]. In *Zemletryaseniia Rossii v 2013 godu* [The earthquakes of Russia in 2013] (pp. 165–174). Obninsk: GS RAS Publ. (In Russ.).
46. Yue, H., Lay, T., Freymueller, J.T., Ding, K., Rivera, L., Ruppert, N.A., & Koper, K.D. (2013). Supershear rupture of the 5 January 2013 Craig, Alaska (M_w 7.5) earthquake. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 118(11), 5903–5919.
47. PHIVOLCS Earthquake Intensity Scale (PEIS). (2019). Retrieved from http://www.phivolcs.dost.gov.ph/index.php?option=com_content&task=view&id=45&Itemid=100
48. M 6.6 – 56 km WSW of Linqiong, China. Retrieved 2009, from <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000gcdd#dyfi>
49. Li Chuan-Yu Xi Xi-Wei, Gan Weijun, Wen Xue-Ze, Zheng Wen-Jun, Wei Zhan-Yu, Xu Chong, Tan Xibin, Chen Gui-Hua, Liang Ming-Jian, & Li Xin-Nan (2013). [Seismic-generating structures associated with the $M[S]=7.0$ earthquake that occurred on April 20, 2013 in Lushan district, Sichuan province (China)]. *Dizhen dizhi* [Seismological and Geological], 35 (3), 671–683. (in Chine).
50. Hao, J., Ji, C., Wang, W., & Yao, Z. (2013). Rupture history of the 2013 M_w 6.6 Lushan earthquake constrained with local strong motion and teleseismic body and surface waves. *Geophysical Research Letters*, 40 (20), 5371–5376.
51. Wen-Jun, Z., Dao-Yang, Y., Wen-Gui, H., Wei, M., Zhi-Kun, R., Xing-Wang, L., ... & Feng, L. (2013). Geometric pattern and active tectonics in Southeastern Gansu province: Discussion on seismogenic mechanism of the Minxian-Zhangxian M (S) 6. 6 earthquake on July 22, 2013. *Chinese Journal of Geophysics-Chinese Edition*, 56 (12), 4058–4071.
52. Koz'min, B.M., & Shibaev, S.V. (2019). Yakutia. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 224–231. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.19
53. M 7.7 – 61 km NNE of Awaran, Pakistan. Retrieved 2009, from <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000jyiv#shakemap>
54. M 6.6 – 31 km W of Platanos, Greece. Retrieved 2009, from <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usb000kbn7#shakemap>