

II. СПЕКТРЫ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

УДК 550.348.436

ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЗЕМЛИ

Л.С. Чепкунас, Л.С. Малянова

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

Для тринадцати коровых землетрясений за 2005 г. (табл. 1) исследованы основные и динамические параметры очагов. Рассмотрены наиболее сильные землетрясения в различных регионах земного шара. Восемь землетрясений (№№ 1, 4, 6–10, 12) имеют магнитуды $MS, MPLP, MPSP \geq 7.0$ [1, 2], для остальных – < 7.0 , но они являются значимыми для отдельных регионов. Так, землетрясение (2) 14 февраля в $23^{\text{h}}38^{\text{m}}$ с $MS=6.3$ является сильным для Кыргызстана; землетрясение (3) 6 марта в $05^{\text{h}}21^{\text{m}}$ с $MS=6.1$ является заметным на севере России; ошутимое землетрясение (11) 10 ноября в $19^{\text{h}}29^{\text{m}}$ с $MPLP=6.4$ в Восточной России – значимое для Южной Якутии; землетрясение (5) 19 мая в $01^{\text{h}}54^{\text{m}}$ с $MS=6.7$ является афтершоком сильнейшего ($MS=8.2$) события года 28 марта в $16^{\text{h}}09^{\text{m}}$ на Северной Суматре; землетрясение (13) 5 декабря в $12^{\text{h}}19^{\text{m}}$ – сильнейшее ($MS=6.8$) на Африканском континенте.

Таблица 1. Сведения о рассмотренных землетрясениях 2005 г.

№	Дата, д м	Вариант	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			Магнитуды				Район
				φ°	λ°	h , км	Mw/n	$MPSP/n$, m_b	$MPLP/n$	MS/n , Ms/n	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	19.01	I	06 11 35.2	34.06	141.52	33f	6.7*	5.9/83	6.7/7	7.0/36	Восточнее побережья Хонсю, Япония
		II	06 11 32.2	33.96	141.54	13		5.6/177		6.5/148	
		III	06 11 36.4	34.01	141.95	15	6.5/77				
2	14.02	I	23 38 07.4	41.76	79.40	24	6.2	6.3/89	6.6/7	6.3/49	Кыргызстан-Синьцзян, пограничная область
		II	23 38 08.4	41.67	79.34	31		6.0/297		6.1/191	
		III	23 38 08.7	41.72	79.27	23	6.1/70				
3	06.03	I	05 21 41.7	84.94	99.22	10	6.3	6.2/107	6.5/6	6.1/55	Севернее Северной Земли, Арктика
		II	05 21 40.4	84.92	99.70	3		5.9/275		6.1/185	
		III	05 21 43.4	84.93	98.69	12	6.3/78				
4	28.03	I	16 09 35.4	2.13	97.13	33f	7.9	7.3/64	7.4/8	8.2/50	Северная Суматра, Индонезия
		II	16 09 35.3	2.10	97.11	30		7.0/200		8.4/190	
		III	16 09 36.5	1.67	97.07	26	8.6/87				
5	19.05	I	01 54 51.7	2.05	97.07	33f	6.8	6.5/83	6.8/11	6.7/48	Северная Суматра, Индонезия
		II	01 54 51.5	2.02	97.06	30		6.1/264		6.8/197	
		III	01 54 52.8	1.88	96.74	12	6.9/78				
6	15.06	I	02 50 51.8	41.34	-125.84	10	6.8	6.3/102	6.5/8	7.1/45	У побережья Северной Калифорнии
		II	02 50 55.8	41.45	-125.59	18		5.9/220		7.0/149	
		III	02 50 53.2	41.15	-126.42	20	7.2/78				
7	24.07	I	15 42 07.1	7.94	92.18	33f	7.0	6.8/88	7.0/10	7.4/53	Район Никобарских островов, Индия
		II	15 42 05.0	7.91	92.15	17		6.4/227		7.5/194	
		III	15 42 06.2	7.92	91.88	12	7.2/78				
8	16.08	I	02 46 26.8	38.34	142.07	33f	7.3	6.7/92	7.4/9	6.8/59	У восточного побережья Хонсю, Япония
		II	02 46 26.9	38.20	142.11	38		6.4/310		6.9/191	
		III	02 46 28.4	38.24	142.05	37	7.2/76				

№	Дата, д м	Вариант	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			Магнитуды				Район
				φ°	λ°	h , км	M_w/n	$MPSP/n$, m_b	$MPLP/n$	MS/n , M_s/n	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9	08.10	I	03 50 38.9	34.63	73.63	22	7.2	6.8/54	7.4/9	7.6/45	Пакистан
		II	03 50 36.0	34.52	73.64	8		6.7/345		7.6/177	
		III	03 50 40.8	34.38	73.47	12	7.6/68				
10	15.10	I	10 06 14.6	46.80	154.12	36	6.1	6.1/97	7.0/5	5.7/63	Курильские острова
		II	10 06 15.7	46.84	154.18	43		6.0/369		5.7/182	
		III	10 06 17.0	46.85	154.33	46	6.1/82				
11	10.11	I	19 29 53.9	57.48	120.54	17	6.1	5.9/129	6.4/9	5.7/66	Восточная Россия
		II	19 29 53.3	57.48	120.53	12		5.8/320		5.7/167	
		III	19 29 54.1	57.48	120.63	12	5.8/73				
12	14.11	I	21 38 53.1	38.11	144.88	33f	7.0	6.8/142	7.3/8	6.9/87	Восточнее побережья Хонсю, Япония
		II	21 38 50.6	38.05	144.88	14		6.5/345		6.9/217	
		III	21 38 51.4	38.22	144.97	18	7.0/74				
13	05.12	I	12 19 52.9	-6.11	29.76	10	6.9	6.6/76	6.8/8	6.9/48	Район оз. Танганьика
		II	12 19 53.7	-6.24	29.68	16		6.2/301		7.0/198	
		III	12 19 56.6	-6.23	29.60	18	6.8/94				

Примечание. В графе 3 вариант I дан по [1], II, III – по [3]; в графе 7 символом f отмечены фиксированные глубины по [1–3]; в графе 8 знаком * отмечено единственное значение M_w , определенное по станции «Кисловодск», все остальные M_w в первых строчках – по станции «Обнинск».

Основные параметры очагов землетрясений (время возникновения t_0 , координаты гипоцентра φ , λ , h , магнитуды) даны в табл. 1 из двух бюллетеней в трех вариантах: I – из Сейсмологического бюллетеня ГС РАН (MOS) [1]; II, III – из бюллетеня Международного сейсмологического центра (ISC) [3]. Параметры землетрясений варианта III определены в Гарвардском центре США [3] по методу тензора момента центроида (ТМЦ) [4], использующего при расчетах волновые формы всей сейсмограммы на многих станциях (от 68 до 94 станций). Значения гипоцентров в вариантах I и II получены по временам первых вступлений P -волн на основе одного и того же годографа Джеффриса–Буллена [5], но по разным системам наблюдений. Различия значений t_0 , φ , λ , h по варианту III от I и II связаны с тем, что решения по I и II локализуют начальную фазу процесса в очаге, а III – максимальную. Параметры t_0 , φ , λ , h по I и II в большинстве случаев различаются в пределах погрешности их определений. Все землетрясения расположены на эпицентральных расстояниях Δ менее 90° , что связано с методикой расчета спектров P -волн [6, 7].

В варианте I даны магнитуды $MPSP$, $MPLP$ по продольным волнам и MS – по поверхностным. Кроме того, здесь приведены моментные магнитуды M_w , рассчитанные на основе величины сейсмического момента M_0 , определенного по цифровым сейсмограммам станций «Обнинск» (землетрясения 2–13) и «Кисловодск» (1). Расчет M_w выполнен по формуле Х. Канамори [8]:

$$M_w = \frac{2}{3} \lg M_0 - 10.7$$

для сейсмического момента в единицах «дина·см».

В варианте II даны магнитуды m_b по продольным волнам и M_s – по поверхностным; в III – моментные магнитуды M_w , полученные по методу ТМЦ.

Относительно магнитуд m_b и $MPSP$ следует отметить, что для всех землетрясений в табл. 1 значения $MPSP > m_b$ на 0.1–0.4. Разница объясняется методикой расчета: для m_b выбирается интервал записи P -волн в пределах 5 с от вступления, для $MPSP$ – до 40–60 с [9]. Различия магнитуд по поверхностным волнам для землетрясений (1, 2, 6) характеризуются превышением MS (MOS) над M_s (ISC) на 0.1–0.5, для (3, 9–12) – равенством, для (4, 5, 7, 8) – занижением на 0.1–0.2. Максимальная разница в 0.5 единицы получена для землетрясения (1), что, возможно, связано с разной выборкой данных для расчета.

Сравнение магнитуд M_w (MOS) и M_w (HRVD) показывает, что для землетрясений (4–7, 9) – M_w (MOS) < M_w (HRVD), для (1, 2, 8, 11, 13) – M_w (MOS) > M_w (HRVD), для (3, 12) –

$M_w(MOS)=M_w(HRVD)$. При этом наибольшее различие $M_w(MOS)<M_w(HRVD)$ на 0.7 единицы M_w отмечено для землетрясения (4) в Индонезии, у побережья Северной Суматры. $M_w(MOS)$ определена для землетрясений (2–13) по записям P -волн на станции «Обнинск»; для землетрясения (1) – на станции «Кисловодск» ($\Delta=73^\circ$), т.к. его запись на станции «Обнинск» была осложнена сильными фоновыми колебаниями в области P -волн. В то же время значение $M_w(HRVD)$ рассчитано по волновым формам на 68–94 станциях.

В табл. 2 для каждого землетрясения, кроме (10), приведены два решения механизма очага: в верхней строке – по знакам первых вступлений P -волн, в нижней – по методу ТМЦ (HRVD). При этом решения по P -волнам для землетрясений (3–8, 11–12) приведены из [1], а для (1, 2, 9, 13) – определены впервые. Все расчеты проводились по программе А.С. Ландера и Ж.Я. Аптекман [10] для модели двойной пары сил. Программа написана для персонального компьютера и представляет собой удобную для пользователя версию программы. Второй строкой в табл. 2 даны решения HRVD по ТМЦ [3].

Таблица 2. Параметры механизмов очагов землетрясений 2005 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источ- ник
				M_w [3]	M_S [2]	M_{PSP} [2]	T		N		P		$NP1$			$NP2$			
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
1	19.01	06 11 35.2	33		7.0	5.9	38	239	4	146	51	52	146	84	-94	355	7	-61	[3]
		06 11 6.4	15	6.5			66	257	3	354	24	85	181	22	98	353	69	87	
2	14.02	23 38 07.4	24		6.3	6.3	51	350	1	82	39	173	272	7	100	82	84	89	[3]
		23 38 08.7	23	6.1			49	340	9	80	40	177	321	10	152	79	85	81	
3	06.03	05 21 41.7	10		6.1	6.2	10	37	39	135	49	295	90	49	-147	337	66	-46	[1]
		05 21 43.4	12	6.3			0	39	8	129	82	307	121	45	-102	318	46	-78	[3]
4	28.03	16 09 35.4	33		8.2	7.3	51	44	1	135	39	226	325	7	100	135	84	89	[1]
		16 09 36.5	26	8.6			52	30	4	125	38	218	333	8	118	125	83	86	[3]
5	19.05	01 54 51.7	33		6.7	6.5	64	54	5	153	26	246	347	20	104	152	71	85	[1]
		01 54 52.8	12	6.9			52	49	3	315	38	222	290	8	65	135	83	93	[3]
6	15.06	02 50 51.8	10		7.1	6.3	10	296	78	90	5	205	340	79	176	71	86	11	[1]
		02-50 53.2	20	7.2			8	272	82	81	2	182	317	83	175	47	85	7	[3]
7	24.07	15 42 07.1	33		7.4	6.8	10	64	78	270	5	155	200	79	4	109	86	169	[1]
		15 42 06.2	12	7.2			14	253	68	124	16	347	29	68	-2	120	89	-158	[3]
8	16.08	02 46 26.8	33		6.8	6.7	62	309	11	198	25	103	171	22	61	22	71	101	[1]
		02 46 28.4	37	7.2			61	298	3	203	29	111	194	16	81	24	74	93	[3]
9	08.10	03 50 38.9	22	7.2	7.6	6.8	48	5	41	166	10	264	32	50	148	144	66	44	[3]
		03 50 40.8	12	7.6			68	334	20	128	9	221	334	40	123	114	57	65	
10	15.10	10 06 14.6	36	6.2	7.7	6.1													[1]
		10 06 17.0	46	6.1			64	289	1	22	26	112	206	20	94	21	71	88	[3]
11	10.11	19 29 53.9	17		5.7	5.9	12	40	20	135	66	282	106	37	-125	327	60	-66	[1]
		19 29 54.1	12	5.8			8	181	12	273	76	60	258	39	-110	102	54	-75	[3]
12	14.11	21 38 53.1	33		6.9	6.8	11	107	28	11	59	217	228	42	-45	355	62	-122	[1]
		21 38 51.4	18	7.0			3	100	9	191	80	352	181	43	-104	19	49	-78	[3]
13	05.12	12 19 52.9	10		6.9	6.6	20	169	36	63	47	283	303	40	-24	52	75	-128	[3]
		12 19 56.6	18	6.8			0	81	24	171	66	351	149	50	-122	13	50	-58	

Сравнение решений, полученных по знакам P -волн, с решениями по ТМЦ для землетрясений (2–8, 12, 13) показывает практически их тождественность. При том же типе подвижки отдельные различия отмечаются лишь в ориентации нодальных плоскостей и осей главных напряжений. Возможно, это связано с использованием различной методики определения механизма очага.

Ниже дано краткое описание механизмов очагов землетрясений из табл. 2, показанных на рис. 1.

Четыре землетрясения произошли на Дальнем Востоке, в Тихоокеанском сейсмическом поясе, из них одно (10) – в России, на Курильских островах, а три (1, 8, 12) – в Японии, у Восточного побережья о. Хонсю. Механизмы очагов событий (1, 8, 10) типичны для Курильской зоны [11, 12]: землетрясения возникли под действием преобладания напряжений сжатия, ори-

ентированных на восток и северо-восток, движения по пологим плоскостям – надвиги, по крутопадающим – взбросы. Направления простираения нодальных плоскостей – на северо-восток и северо-запад. Только для землетрясения (12) отмечается другой тип подвижки – сброс с компонентами сдвига.

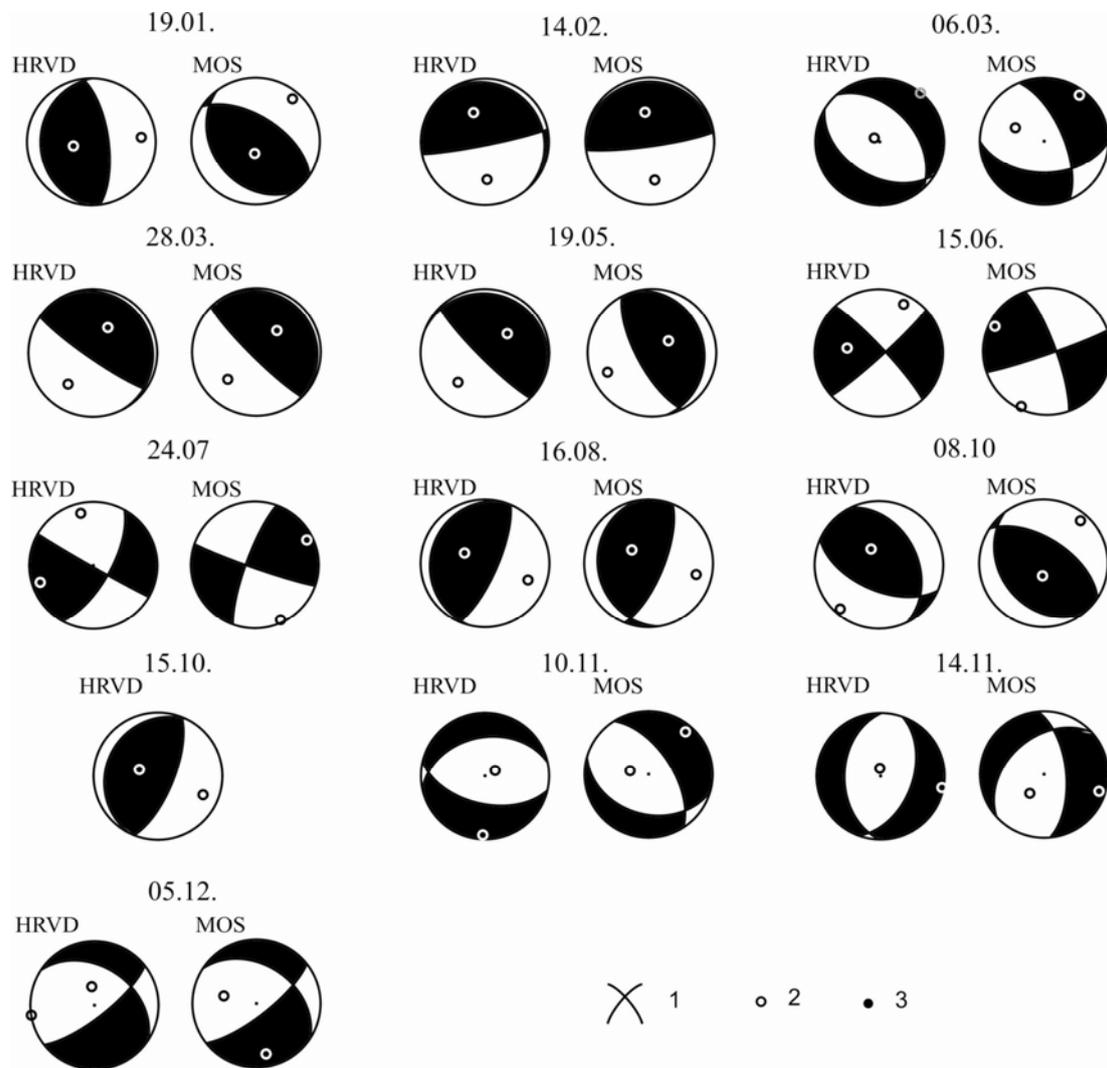


Рис. 1. Стереогаммы механизмов очагов землетрясений 2005 г. в проекции нижней полусферы

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернены области волн сжатия.

Землетрясение (2) в Киргизии произошло 14 февраля в 23^h38^m с $MS=6.3$, $M_w=6.2$ под действием близких по величине сжимающих и растягивающих напряжений, ориентированных с севера на юг. Тип подвижки по пологой плоскости близмеридионального простираения – надвиг, по крутопадающей близширотного простираения – взброс.

Землетрясение (3), расположенное севернее о. Северная Земля, достаточно редкое, сильное ($M_w=6.3$) событие в Арктической зоне. Оно произошло 6 марта в 05^h21^m, его эпицентр расположен близ Северного полюса ($\varphi=84.94^\circ N$, $\lambda=99.22^\circ E$), к северу от хр. Гаккеля [13]. Это землетрясение связано с сейсмоактивной зоной, протягивающейся через глубоководную часть Арктического бассейна до моря Лаптевых. Решения механизма его очага, полученные по P -волнам и ТМЦ, близки. Механизм очага типичен для этой зоны [14]. Движение произошло под действием растягивающих напряжений, ориентированных в северо-восточном направлении. Подвижка представлена сбросом, в случае ТМЦ по обеим нодальным плоскостям северо-западного простираения (с небольшими компонентами сдвига – правостороннего по $NP1$ и левостороннего по $NP2$), а в случае P -волн – северо-западного и широтного простираения плоскостей.

Землетрясение (4) – 28 марта в 16^h09^m с $MS=8.2$, $M_w=8.6$ из района Северной Суматры в Индонезии является сильнейшим событием года; землетрясение (5), произошедшее 19 мая в 01^h54^m с $MS=6.7$, $M_w=6.8$, является его афтершоком. Их механизмы близки, простирание нодальных плоскостей – северо-западное, движение в очаге возникло при превалировании напряжений сжатия, тип подвижки по пологой плоскости – надвиг, по крутой – взброс. Подробное описание этого землетрясения дано в статье наст. сб. [15].

Землетрясения (6) – в Северной Калифорнии, (7) – в районе Никобарских островов, (9) – в Пакистане подробно описаны в работе [15]. Решения механизмов их очагов, по данным P -волн и ТМЦ, подобны. В очаге (6) движение возникло под действием близких по величине напряжений сжатия и растяжения. Тип движения представлен сдвигом с компонентами взброса. В очаге (7) также близки по величине напряжения сжатия и растяжения, с небольшим различием в ориентации их осей; тип движения по обеим нодальным плоскостям северо-западного и северо-восточного простирания и крутого падения – сброс с небольшими вертикальными компонентами. Эпицентр этого землетрясения располагался около западной границы афтершоковой зоны разрушительного Суматринского землетрясения 26.12.2004 г. [16]. Землетрясение (9) на границе Индии и Пакистана 8 октября в 03^h50^m с $MS=7.6$, $M_w=7.2$ является сильнейшим в этом районе за последние 100 лет [17]. Механизм его очага представлен взбросом по обеим нодальным плоскостям с компонентами сдвига. Обе плоскости имели северо-западное простирание и достаточно крутое падение. Движение в очаге обусловлено превалированием напряжений сжатия, ориентированных на юго-запад в случае ТМЦ и на северо-восток – в случае P -волн.

Решения механизма очага ощутимого землетрясения (11) 10 ноября в 19^h29^m с $MS=5.7$, $M_w=6.1$ в южной Якутии, определенные по знакам P -волн и ТМЦ, подобны. Землетрясение произошло в условиях преобладания напряжений растяжения, тип подвижки в обоих случаях – сброс с небольшими компонентами сдвига, обе нодальные плоскости залегают достаточно круто ($DP=37-60^\circ$). Различия отмечаются в направлениях простирания нодальных плоскостей и ориентации осей главных напряжений. Возможно, это связано с использованием различной методики определения механизма очага.

Для землетрясения (13) решения механизма очага в районе оз. Танганьика на юго-востоке Африки по P -волнам и ТМЦ практически одинаковы. Землетрясение произошло под действием растягивающих напряжений, тип движения по обеим нодальным плоскостям, залегающим достаточно круто ($DP=40-75^\circ$), – сброс, с небольшими компонентами сдвига. Различия отмечаются в ориентации осей растяжения и сжатия: ось растяжения в случае P -волн направлена на юг, в случае HRVD – на запад; ось сжатия – на запад и север соответственно.

Динамические параметры очагов землетрясений приведены в табл. 3.

Таблица 3. Характеристики спектров P -волн и динамические параметры очагов землетрясений 2005 г. по записям цифровой аппаратуры STS-1 на станциях «Обнинск» и «Кисловодск» для землетрясений (2–13) и (1) соответственно

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Стан- ция	M_w	MS	Δ°	Ω_0 , 10^{-4} Мс	f_n , 10^{-2} Гц	f_0 , 10^{-2} Гц	M_0 , 10^{19} Н·м	L , 10^3 м	$\Delta\sigma$, 10^5 Н/м ²	$\bar{\eta}\sigma$, 10^5 Н/м ²	\bar{u} , м
1	19.01	06 11 35.2	KIV	6.7	7.0	72.9	0.63	12.0		1.4				
2	14.02	23 38 07.4	OBN	6.2	6.3	30.9	0.10	5.6	35.5	0.2	14	26	31	0.37
3	06.03	05 21 41.7	OBN	6.3	6.1	33.0	0.14	6.9	24.0	0.4	20	18	7	0.42
4	28.03	16 09 35.4	OBN	7.9	8.2	71.8	20.0	4.8	8.1	91.0	62	134	48	8.62
5	19.05	01 54 51.7	OBN	6.8	6.7	71.8	0.33	4.4	17.8	1.5	28	24	16	0.70
6	15.06	02 50 51.8	OBN	6.8	7.1	82.7	0.32	2.7	15.1	2.1	32	22	47	0.75
7	24.07	15 42 07.1	OBN	7.0	7.4	64.3	0.87	4.9	11.7	3.5	42	16	79	0.72
8	16.08	02 46 26.8	OBN	7.3	6.8	67.4	2.29	2.5	14.1	9.8	34	87	4	3.08
9	08.10	03 50 38.9	OBN	7.2	7.6	32.7	3.31	5.8	10.7	8.2	46	29	67	1.41
10	15.10	10 06 14.6	OBN	6.1	5.7	65.6	0.05	28.8	36.3	0.2	14	25	4	0.37
11	10.11	19 29 53.9	OBN	6.1	5.7	43.8	0.04	26.9	33.9	0.2	14	26	4	0.37
12	14.11	21 38 53.1	OBN	7.0	6.9	68.8	0.98	8.1	12.0	4.2	41	21	12	0.91
13	05.12	12 19 52.9	OBN	6.9	6.9	61.3	0.65	2.1	12.6	1.4	39	8	35	0.60

Они рассчитаны по спектрам продольных волн, зарегистрированных цифровой аппаратурой типа IRIS+STS-1 на телесеизмических расстояниях $\Delta=33-83^\circ$ для землетрясений (2–13) по

записям станции «Обнинск», а для землетрясения (1) – «Кисловодск». Станционные спектры, приведенные к очагу, показаны на рис. 2.

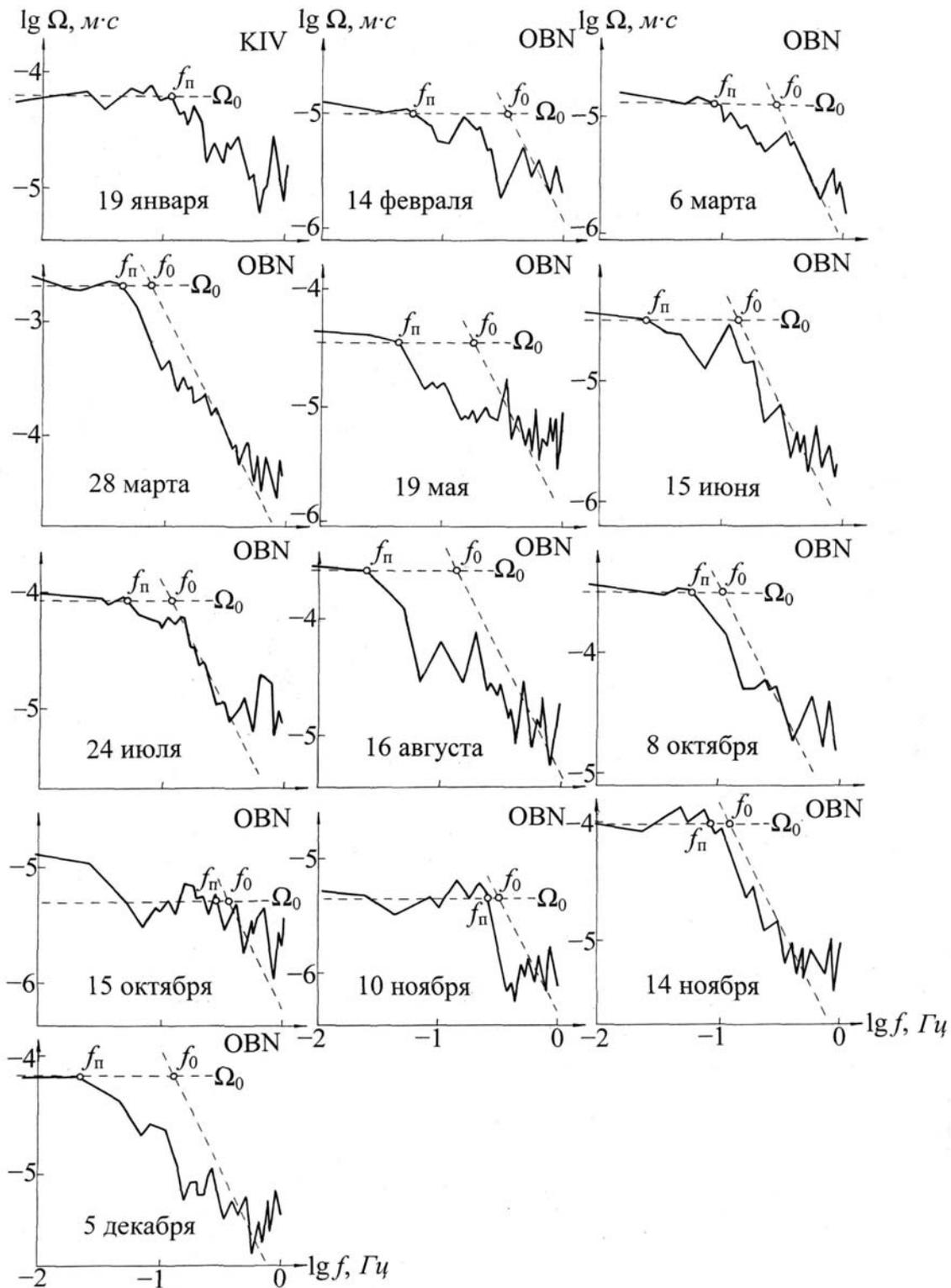


Рис. 2. Очаговые спектры P -волн землетрясений (2–13), записанных на станциях «Обнинск» и (1) – «Кисловодск»

Определены следующие спектральные характеристики: уровень Ω_0 длиннопериодной ветви спектра, частота f_{π} точки перелома спектра, частота угловой точки f_0 . На их основе вычислялись динамические параметры: сейсмический момент M_0 , сброшенное $\Delta\sigma$ и кажущееся $\eta\sigma$

напряжения, а также длина L разрыва и подвижка \bar{u} в очагах по методике [6, 7]. Для получения значений L , \bar{u} , $\Delta\sigma$ использовалась дислокационная модель Брюна [18], которая нашла широкое применение в сейсмологической практике.

Л и т е р а т у р а

1. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2005 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2005–2006.
2. **Шаторная Н.В. (отв. сост.), Бабкина В.Ф., Болдырева Н.В., Аторина М.А., Рыжикова М.И., Щербакова А.И.** Каталог землетрясений Земли за 2005 год ($N=6492$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
3. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2005.** – Berkshire: ISC, 2007.
4. **Dziewonski A., Chou T. and Woodhouse J.** Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity // *J. Geophys. Res.* – 1981. – **86**. – N B4. – P. 2825–2852.
5. **Jeffreys H., Bullen K.E.** Seismological tables // *Brit. Assoc. for the advancement of Sci.* – London: Gray-Milne Trust, 1958. – 65 p.
6. **Захарова А.И., Чепкунас Л.С.** Динамические параметры очагов сильных землетрясений по спектрам продольных волн на станции «Обнинск» // *Физика Земли.* – 1977. – № 2. – С. 9–17.
7. **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.
8. **Hanks T.C., Kanamori H.** A Moment Magnitude Scale // *J. Geophys. Res.* – 1979. – **84**. – N 135. – P. 2348–2350.
9. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях ЕССН СССР.** – М.: Наука, 1982. – 272 с.
10. **Ландер А.В.** Комплекс программ определения механизмов очагов землетрясений и их графического представления // *Комплексные сейсмологические и геофизические исследования Камчатки и Командорских островов (01.01.2003 г.–31.12.2003 г.)* // Отчет КОМСП ГС РАН. – Петропавловск-Камчатский: Фонды КОМСП ГС РАН, 2004. – С. 359–380.
11. **Чепкунас Л.С., Малянова Л.С.** Очаговые параметры сильных землетрясений Земли // *Землетрясения Северной Евразии, 2003 год.* – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 254–260.
12. **Чепкунас Л.С., Болдырева Н.В., Пойгина С.Г.** Оперативная обработка землетрясений мира по телесеismicким наблюдениям ГС РАН // *Землетрясения Северной Евразии, 2003 год.* – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 274–282.
13. **Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П.** Хроника сейсмичности Земли. От Суматры до Северной Земли // *Земля и Вселенная.* – 2005. – № 6. – С. 74–78.
14. **Аветисов Г.П.** Арктический бассейн // *Землетрясения Северной Евразии, 2003 год.* – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 227–230.
15. **Чепкунас Л.С., Болдырева Н.В., Пойгина С.Г.** Оперативная обработка землетрясений мира по телесеismicким наблюдениям ГС РАН. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
16. **Чепкунас Л.С., Болдырева Н.В., Пойгина С.Г.** Оперативная обработка землетрясений мира по телесеismicким наблюдениям ГС РАН // *Землетрясения Северной Евразии, 2004 год.* – Обнинск: ГС РАН, 2010. – С. 274–282.
17. **Маркин В.А.** Самое сильное землетрясение за 100 лет // *Земля и Вселенная.* – 2005. – N 6. – С. 78.
18. **Brune J.N.** Tectonic stress and the spectrum of seismic shear waves from earthquake // *J. Geophys. Res.* – 1970. – **75**. – № 26. – P. 4997–5009.