

II. СПЕКТРЫ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

УДК 550.348.436

ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ЗЕМЛИ

А.И. Захарова, Л.С. Чепкунас, Л.С. Малянова

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

Для 13 землетрясений земного шара с очагами в земной коре (рис. 1) исследованы основные (табл. 1) и динамические (табл. 2, 3) параметры очагов.

Таблица 1. Сведения о рассмотренных землетрясениях 2002 г.

№	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 Ms/n	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	02.01	I	17 22 51.2	-17.67	167.85	33f	7.3/1	6.6/39	7.6/4	7.4/26	Вануату (Новые Гебриды)
		II	17 22 53.2	-17.67	167.85	54		6.4/81		7.4/87	
		III	17 23 06.3	-17.78	167.85	40	7.2/53				
2	28.01	I	13 50 30.4	49.38	155.55	50	6.3/1	6.1/86		6.0/43	Курильские острова
		II	13 50 31.1	49.38	155.61	53		6.0/231		5.7/121	
		III	13 50 35.0	49.32	156.10	49	6.1/59				
3	05.03	I	21 16 10.0	6.20	124.27	33f	7.2/2	6.5/37	6.9/11	7.0/32	Минданао
		II	21 16 09.7	6.03	124.27	33f		6.3/92		7.1/113	
		III	21 16 23.3	5.92	124.25	29	7.5/60				
4	25.03	I	14 56 35.8	36.11	69.25	17	6.3/2	6.2/57	6.5/15	6.1/54	Гиндукуш, Афганистан
		II	14 56 37.7	36.01	69.27	33f		5.8/151		6.2/91	
		III	14 56 41.2	36.28	69.06	15	6.1/50				
5	31.03	I	06 52 49.7	24.41	122.30	27	7.4/2	6.6/47	7.1/17	7.2/38	Район Тайваня
		II	06 52 50.7	24.27	122.18	33f		6.3/162		7.2/96	
		III	06 53 00.0	24.19	121.96	39	7.157				
6	26.04	I	16 06 07.7	13.37	144.61	76	7.4/2	6.8/32	7.1/15		Марианские острова
		II	16 06 05.1	13.03	144.69	69		6.4/103			
		III	16 06 13.9	13.15	144.67	69	7.0/75				
7	22.06	I	02 58 25.0	35.664	48.957	33f	6.8/2	6.3/32	7.0/10	6.2/38	Западный Иран
		II	02 58 21.5	35.59	49.02	10		6.2/200		6.4/89	
		III	02 58 28.8	35.82	48.97	15	6.5/60				
8	24.08	I	18 40 52.7	43.06	146.11	42	6.4/2	6.2/37	6.3/5	6.1/36	Курильские острова
		II	18 40 52.9	43.05	146.13	38		5.8/224		5.8/140	
		III	18 40 58.7	42.99	146.13	33f	6.1/51				
9	08.09	I	18 44 27.1	-3.14	142.88	33f	7.5/1	6.5/31	7.5/9	7.5/47	Северное побережье Новой Гвинеи
		II	18 44 23.8	-3.30	142.92	13		6.5/89		7.7/154	
		III	18 44 38.3	-3.27	143.38	20	7.6/62				
10	10.10	I	10 50 23.8	-1.65	134.12	33f	7.2/2	6.6/39	7.3/6	7.4/22	Район Западного Ириана
		II	10 50 22.2	-1.75	134.26	25		6.3/101		7.6/92	
		III	10 50 41.9	-1.79	134.30	15	7.5/68				
11	19.10	I	12 09 06.0	44.41	149.85	33f	6.3/2	5.5/56	6.5/4	6.3/29	Курильские острова
		II	12 09 05.0	44.16	149.87	33f		5.3/208		6.2/129	
		III	12 09 14.5	43.95	150.16	15	6.3/66				

№	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 , Ms/n	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	02.11	I	01 26 11.2	3.06	96.10	24	7.4/2	6.4/29	7.2/8	7.2/30	Северная Суматра
		II	01 26 11.8	2.98	96.12	31		6.2/219		7.5/151	
		III	01 26 25.9	2.65	95.99	23	7.2/59				
13	03.11	I	22 12 40.9	63.61	-147.71	10	7.4/2	7.0/31	7.2/10	7.6/31	Центральная Аляска
		II	22 12 41.1	63.63	-147.61	11		6.8/276		8.0/109	
		III	22 13 28.0	63.23	-144.89	15	7.9/57				

Примечание. В графе 7 буквой «f» отмечена фиксированная глубина.

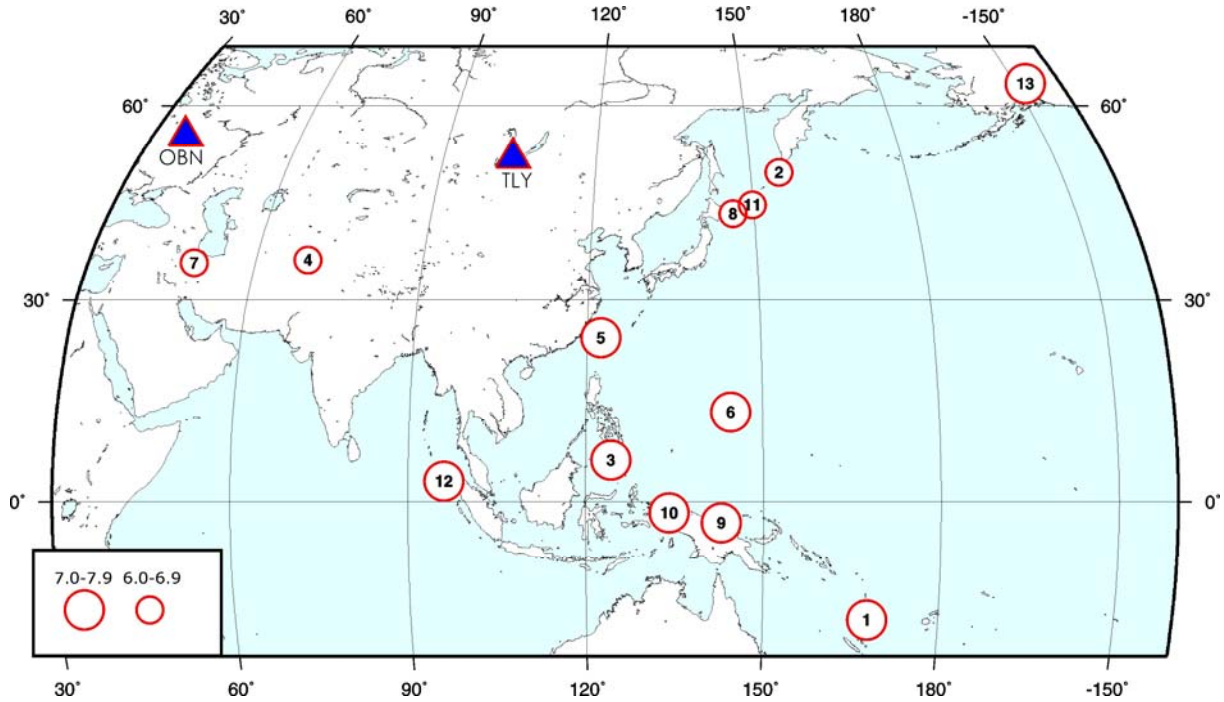


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений за 2002 г., для которых построены спектры по цифровым сейсмограммам станций «Обнинск» и «Талая»

В табл. 1 большинство землетрясений являются сильнейшими ($M \geq 7$) землетрясениями из различных регионов мира [1] на расстоянии $\Delta \leq 100^\circ$ от станции «Обнинск» (выбор Δ связан с методикой расчета спектров P -волн [2, 3]). В табл. 1 включены также три землетрясения с $M < 7$, которые являются, однако, сильнейшими ($MS = 6.0 - 6.3$) коровыми землетрясениями Курильско-го региона. Два из них были ощутимы: землетрясение 28 января с $MS = 6.0$ ощущалось в Северо-Курильске с $I = 4 - 5$ баллов, 24 августа с $MS = 6.1$ – в Южно-Курильске с $I = 4$ балла. Рассмотрено и разрушительное землетрясение 25 марта с $MS = 6.1$ южнее Таджикистана [4].

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 – Сейсмологического бюллетеня ГС РАН (MOS) [1]; II – бюллетеня Международного сейсмологического центра (ISC) [5]. Параметры землетрясений варианта III определены в Гарвардском центре США [5, HRV] по методу тензора момента центроида (ТМЦ), использующего при расчетах волновые формы всей сейсмограммы. Значения гипоцентров в I и II получены по временам первых вступлений P -волн на основе одного и того же годографа Джеффриса–Буллена [6], 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.

В варианте I представлены магнитуды *MPSP*, *MPLP* по продольным волнам и *MS* – по поверхностным. Кроме того, здесь приведены моментные магнитуды *Mw*, рассчитанные на основе величины сейсмического момента M_0 , определенного по цифровым сейсмограммам двух сейсмических станций «Обнинск» и «Талая» (см. ниже табл. 3). Расчет *Mw* выполнен по формуле Н. Канамори

$$M_w = \frac{2}{3} \lg M_0 - 10.7 \quad [7]$$

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 *Mw*, полученные по методу ТМЦ.

Относительно магнитуд m_b и *MPSP* следует отметить, что для одиннадцати землетрясений значения $m_b < MPSP$, для двух – $m_b = MPSP$. Разница этих значений объясняется методикой их расчета. Для m_b выбирается интервал записи *P*-волн в пределах 5 с от вступления, в то время как для *MPSP* он может быть увеличен до 40–60 с [8]. Максимальное различие магнитуд *MPSP* и m_b составляет 0.4 единицы магнитуды для землетрясений 4, 6, 8. Различия магнитуд *MS*(MOS) и M_S (ISC) по поверхностным волнам заключены в интервале 0.1–0.2 единицы магнитуды. Максимальная разница в 0.4 единицы получена только для землетрясения 13, что, возможно, связано с разной выборкой данных для расчета. Магнитуды *Mw*(MOS) и *Mw*(HRV) для землетрясений 1, 11 равны, для 3, 9, 10, 13 – $M_w(MOS) < M_w(HRV)$, для 2, 4, 5, 6, 7, 8, 12) – $M_w(MOS) > M_w(HRV)$ на 0.2–0.3 единицы *Mw*. Отмечаемые различия, вероятно, связаны с тем, что *Mw*(MOS) определены по одному типу волн и лишь на одной станции, в то время как при расчете *Mw*(HRV) рассматривалась вся сейсмограмма и на многих станциях.

В табл. 2 для землетрясений 2–6, 8, 9, 11 приведены решения механизмов очагов из [5], полученные по методу ТМЦ [9], и для 2, 3, 5, 6, 9 – из [1, 10], определенные по знакам первых вступлений *P*-волн на ряде сейсмических станций для модели двойной пары сил по программе А.С. Ландера и Ж.Я. Аптекман. Эта программа написана для персонального компьютера и представляет более удобную для пользователя версию программы [11]. Для землетрясений 1, 10–13 решения механизмов очагов описаны в [12].

Таблица 2. Параметры механизмов очагов землетрясений 2002 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды			Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источ- ник
				<i>Mw</i>	<i>MS</i>	<i>MPSP</i>	<i>T</i>		<i>N</i>		<i>P</i>		<i>NP1</i>			<i>NP2</i>			
							<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	
2	28.01	13 50 30.4	50	6.3	6.0	6.1	79	108	11	288	0	198	278	46	75	119	46	105	[1, 10]
		13 50 35.0	49	6.1			79	295	2	34	11	124	216	34	93	33	56	88	[5]
3	05.03	21 16 10.0	33	7.2	7.0	6.5	59	91	18	329	24	231	288	26	46	155	72	109	[1, 10]
		21 16 23.3	29	7.5			67	83	8	333	21	239	314	25	70	156	67	99	[5]
4	25.03	14 56 35.8	17	6.3	6.1	6.2	79	43	9	184	7	275	16	39	104	177	53	79	[5]
5	31.03	06 52 49.7	27	7.4	7.2	6.6	48	303	41	104	10	203	330	50	148	82	66	44	[1, 10]
		06 53 00.0	39	7.1			67	314	16	85	17	180	292	32	121	77	63	72	[5]
6	26.04	16 06 07.7	76	7.4		6.8	50	355	11	252	38	153	193	12	31	73	84	101	[1, 10]
		16 06 13.9	69	7.0			45	344	3	51	44	158	172	3	11	71	89	93	[5]
8	24.08	18 40 52.7	42	6.4	6.1	6.2	69	289	6	36	20	128	228	26	104	33	65	83	[5]
9	08.09	18 44 27.1	33	7.5	7.5	6.5	47	294	36	153	20	48	94	40	24	345	75	128	[1, 10]
		18 44 38.3	20	7.6			59	286	24	148	19	49	106	34	43	339	68	116	[5]
11	19.10	12 09 06.0	33	6.3	6.3	5.5	61	325	2	232	29	141	227	16	84	53	74	92	[5]

Ниже дано краткое описание механизмов очагов землетрясений, приведенных в табл. 2 и показанных на рис. 2.

Землетрясение № 2 с $M_S=6.0$, произошедшее 28 января в 13^h50^m в Курило-Камчатской зоне, имеет механизм очага, типичный [13] для этого района. Оно возникло под действием явного преобладания напряжений сжатия. Тип движения по обеим плоскостям – взброс. Однако направления нодальных плоскостей и осей сжатия в решениях MOS и HRV различны. В первом случае обе плоскости простираются на запад–северо-запад, ось сжатия – на север–северо-восток, во втором случае плоскости ориентированы на северо-восток, ось сжатия – на юго-восток. Различия в ориентации связаны, возможно, с перестройкой направления первого дви-

жения (MOS) в связи с развитием магистрального разрыва, соответствующего решению HRV. Направление магистрального разрыва по HRV совпадает с ориентацией Курильской гряды.

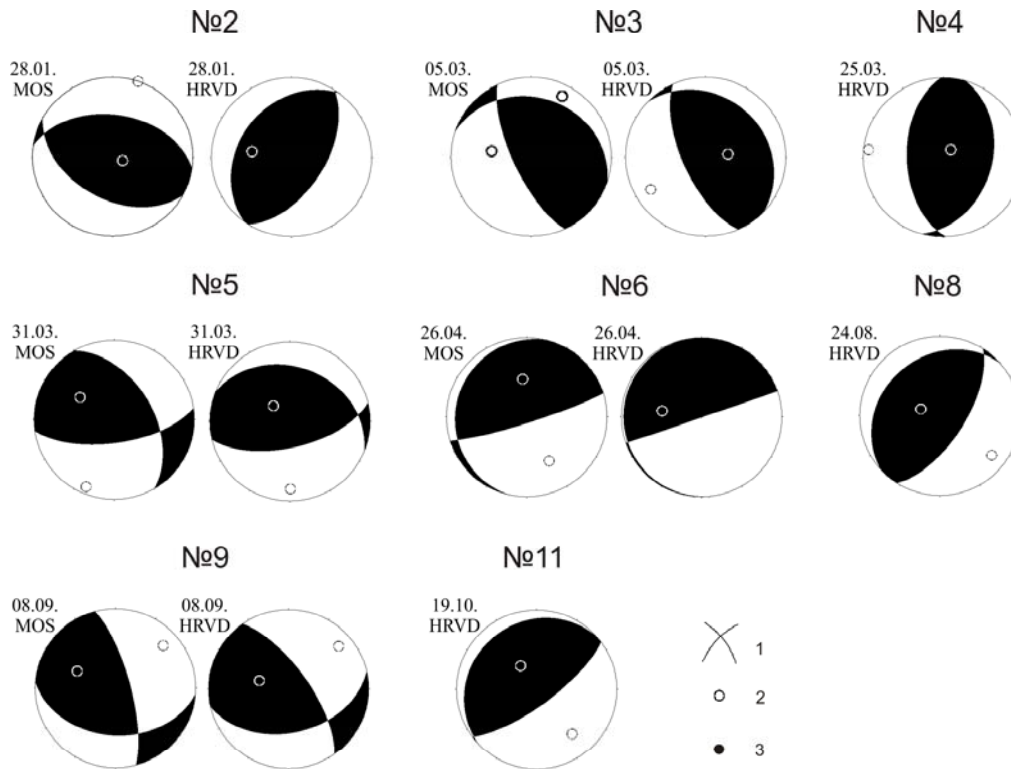


Рис. 2. Стереграммы механизмов очагов землетрясений в проекции нижней полусферы

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

Механизмы очагов по HRV для землетрясений № 8 с $MS=6.1$ и № 11 с $MS=6.3$, произошедших 24 августа в 18^h40^m и 19 октября в 12^h09^m в Курило-Камчатской зоне, также типичны [13] для этого района. Обе нодальные плоскости имеют северо-восточное простирание. Движение в их очагах произошло под действием напряжений сжатия, ориентированных на юго-восток. Тип подвижки по крутозалегающим плоскостям $NP2$ – взбросы (практически «чистый») для землетрясения 19 октября и с компонентой левостороннего сдвига – для 24 августа), по пологим $NP1$ – надвиги с компонентами сдвига (правостороннего – для 24 августа и левостороннего – для 19 октября).

Решения механизма очагов, полученные в MOS и HRV для землетрясений № 3 с $MS=7.0$ и № 5 с $MS=7.2$, зарегистрированных 5 марта в 21^h16^m на Филиппинах и 31 марта в 06^h52^m на Тайване, подобны: в очагах преобладают сжимающие напряжения. Ось сжатия ориентирована для первого землетрясения на юго-запад, для второго – на юг. По крутопадающим плоскостям $NP2$ отмечается взброс с компонентами правостороннего сдвига для землетрясения 5 марта и левостороннего – для 31 марта, по пологим плоскостям $NP1$ – надвиг с компонентами левостороннего сдвига и взброс с компонентами правостороннего сдвига соответственно.

Для землетрясения № 6 с $MPLP=7.1$, отмеченного 26 апреля в 16^h06^m в районе Марианских островов, решения механизма очага по MOS и HRV очень близки. По плоскости $NP2$ крутого ($DP=84, 89^\circ$) падения северо-восточного простирания отмечается практически «чистый» взброс, по пологой ($DP=3, 12^\circ$) плоскости $NP1$ близмеридионального простирания – левосторонний сдвиг (надвиг) по MOS и горизонтальное скольжение по HRV. Движение в очаге произошло под действием близких по величине напряжений сжатия и растяжения, ориентированных в направлении с юго-востока на северо-запад.

Решения механизма очага по MOS и HRV для землетрясения № 9 с $MS=7.5$, возникшего 8 сентября в 18^h44^m близ Новой Гвинеи, также очень близки. Землетрясение произошло под действием напряжений сжатия, ориентированных на северо-восток. По пологой плоскости $NP1$

близширотного простирания наблюдается левосторонний сдвиг с компонентами взброса, по крутопадающей плоскости $NP2$ северо-западного направления – взброс с компонентами правостороннего сдвига.

Движение в очаге землетрясения № 4 с $MS=6.1$, произошедшего 25 марта в 14^h56^m , реализовалось под действием превалирующих напряжений сжатия, ориентированных в западном направлении. Обе нодальные плоскости по решению HRV имеют близмеридиональное простирание, тип движения по ним – взброс с компонентами сдвига (левостороннего по более крутой плоскости $NP2$ и правостороннего по более пологой $NP1$).

Динамические параметры очагов землетрясений, приведенных в табл. 3, рассчитаны по спектрам продольных волн, зарегистрированных цифровой аппаратурой STS-1 на телесеismических расстояниях $\Delta \leq 100^\circ$. Для десяти землетрясений спектры рассчитаны по записям двух станций: «Обнинск» (OBN) и «Талая» (TLY). Привлечение записей станции TLY наряду с OBN сделано для более надежной оценки величины сейсмического момента. Для трех землетрясений (2 января в 17^h22^m с $MS=7.4$, 28 января в 13^h50^m с $MS=6.0$ и 8 сентября в 18^h44^m с $MS=7.5$) спектры рассчитаны только при использовании волновых форм станции «Талая», т.к. станция «Обнинск» для землетрясений 2 января и 8 сентября расположена на эпицентральных расстояниях $\Delta > 100^\circ$, а во время землетрясения 28 января стали помехой сильные микросейсмические колебания. Интервал эпицентральных расстояний для рассматриваемых землетрясений оказался равным $\Delta = 21-84^\circ$ для станции OBN и $29-89^\circ$ – для TLY. Станционные спектры, приведенные к очагу, показаны на рис. 3. Определены следующие спектральные характеристики: уровень Ω_0 длиннопериодной ветви спектра, частота f_n точки перелома спектра, частота угловой точки f_0 . Отметим, что параметр f_0 определялся только по станции «Обнинск», т.к. для станции «Талая» отсутствуют поправки за поглощение земной коры. Далее рассчитывались динамические параметры – по станциям OBN и TLY – сейсмический момент M_0 , по станции OBN – сброшенное $\Delta\sigma$ и кажущееся $\bar{\eta}\sigma$ напряжения, а также величины разрыва в очагах – длина L и подвижка \bar{u} [14]. Для получения значений L , U , $\Delta\sigma$ использовалась дислокационная модель Брюна [15], которая нашла широкое применение в сейсмологической практике.

Таблица 3. Характеристики спектров P -волн и динамические параметры очагов землетрясений 2002 г. по записям цифровой аппаратуры STS-1 на станциях «Обнинск» и «Талая»

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	С/ст	M_w	MS	Δ°	Ω_0 , мс	f_n , Гц	f_0 , Гц	M_0 , Н·м	L , м	$\Delta\sigma$, Н/м ²	$\bar{\eta}\sigma$, Н/м ²	\bar{u} , м
1	02.01	17 22 51.2	TLY	7.2	7.4	88.73	$2.7 \cdot 10^{-4}$	$5.8 \cdot 10^{-2}$		8.7				
2	28.01	13 50 30.4	TLY	6.3	6.0	32.51	$0.02 \cdot 10^{-4}$	$6.3 \cdot 10^{-2}$		0.4				
3	05.03	21 16 10.0	OBN TLY	7.1 7.2	7.0	83.65 48.45	$0.9 \cdot 10^{-4}$ $4.0 \cdot 10^{-4}$	$6.3 \cdot 10^{-2}$	$17.8 \cdot 10^{-2}$	4.8 6.7	$28 \cdot 10^3$	$76 \cdot 10^5$	$12 \cdot 10^5$	2.60
4	25.03	14 56 35.8	OBN TLY	6.2 6.4	6.1	29.33 28.94	$0.12 \cdot 10^{-4}$ $0.42 \cdot 10^{-4}$	$27.5 \cdot 10^{-2}$ $26.3 \cdot 10^{-2}$	$27.5 \cdot 10^{-2}$	0.2 0.5	$18 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^5$	$13 \cdot 10^5$	0.26
5	31.03	06 52 49.7	OBN TLY	7.3 7.4	7.2	67.95 30.76	$2.1 \cdot 10^{-4}$ $12.0 \cdot 10^{-4}$	$3.2 \cdot 10^{-2}$ $6.8 \cdot 10^{-2}$	$10.7 \cdot 10^{-2}$	9.0 15.2	$46 \cdot 10^3$	$32 \cdot 10^5$	$13 \cdot 10^5$	1.81
6	26.04	16 06 07.7	OBN TLY	7.3 7.5		89.15 50.41	$1.0 \cdot 10^{-4}$ $6.0 \cdot 10^{-4}$	$6.0 \cdot 10^{-2}$ $4.6 \cdot 10^{-2}$	$14.4 \cdot 10^{-2}$	12.0 18.9	$40 \cdot 10^3$	$66 \cdot 10^5$		3.18
7	22.06	02 58 25.0	OBN TLY	6.7 6.9	6.2	21.25 41.65	$1.4 \cdot 10^{-4}$ $1.6 \cdot 10^{-4}$	$21.4 \cdot 10^{-2}$ $15.1 \cdot 10^{-2}$		1.2 2.7				
8	24.08	18 40 52.7	OBN TLY	6.5 6.4	6.1	65.42 29.66	$0.09 \cdot 10^{-4}$ $0.2 \cdot 10^{-4}$	$3.2 \cdot 10^{-2}$ $7.8 \cdot 10^{-2}$	$39.8 \cdot 10^{-2}$	0.7 0.5	$14 \cdot 10^3$	$89 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	1.52
9	08.09	18 44 27.1	TLY	7.5	7.5	63.96	$5.0 \cdot 10^{-4}$	$11.5 \cdot 10^{-2}$		20.0				
10	10.10	10 50 23.8	OBN TLY	7.2 7.1	7.4	95.67 59.07	$0.7 \cdot 10^{-4}$ $3.2 \cdot 10^{-4}$	$2.4 \cdot 10^{-2}$ $10.7 \cdot 10^{-2}$	$8.5 \cdot 10^{-2}$	7.4 5.8	$58 \cdot 10^3$	$13 \cdot 10^5$	$32 \cdot 10^5$	0.93
11	19.10	12 09 06.0	OBN TLY	6.4 6.2	6.3	65.92 31.29	$0.1 \cdot 10^{-4}$ $0.2 \cdot 10^{-4}$	$18.2 \cdot 10^{-2}$ $6.9 \cdot 10^{-2}$	$35.5 \cdot 10^{-2}$	0.4 0.2	$14 \cdot 10^3$	$51 \cdot 10^5$	$13 \cdot 10^5$	0.87
12	02.11	01 26 11.2	OBN TLY	7.2 7.5	7.2	70.47 48.86	$1.4 \cdot 10^{-4}$ $9.1 \cdot 10^{-4}$	$4.8 \cdot 10^{-2}$ $4.7 \cdot 10^{-2}$	$14.1 \cdot 10^{-2}$	6.4 18.3	$34 \cdot 10^3$	$57 \cdot 10^5$	$19 \cdot 10^5$	2.35
13	03.11	22 12 40.9	OBN TLY	7.4 7.5	7.6	61.56 52.33	$3.0 \cdot 10^{-4}$ 8.9	$3.2 \cdot 10^{-2}$ 2.6	$11.5 \cdot 10^{-2}$	15.2 20.2	$42 \cdot 10^3$	$72 \cdot 10^5$	$31 \cdot 10^5$	3.66

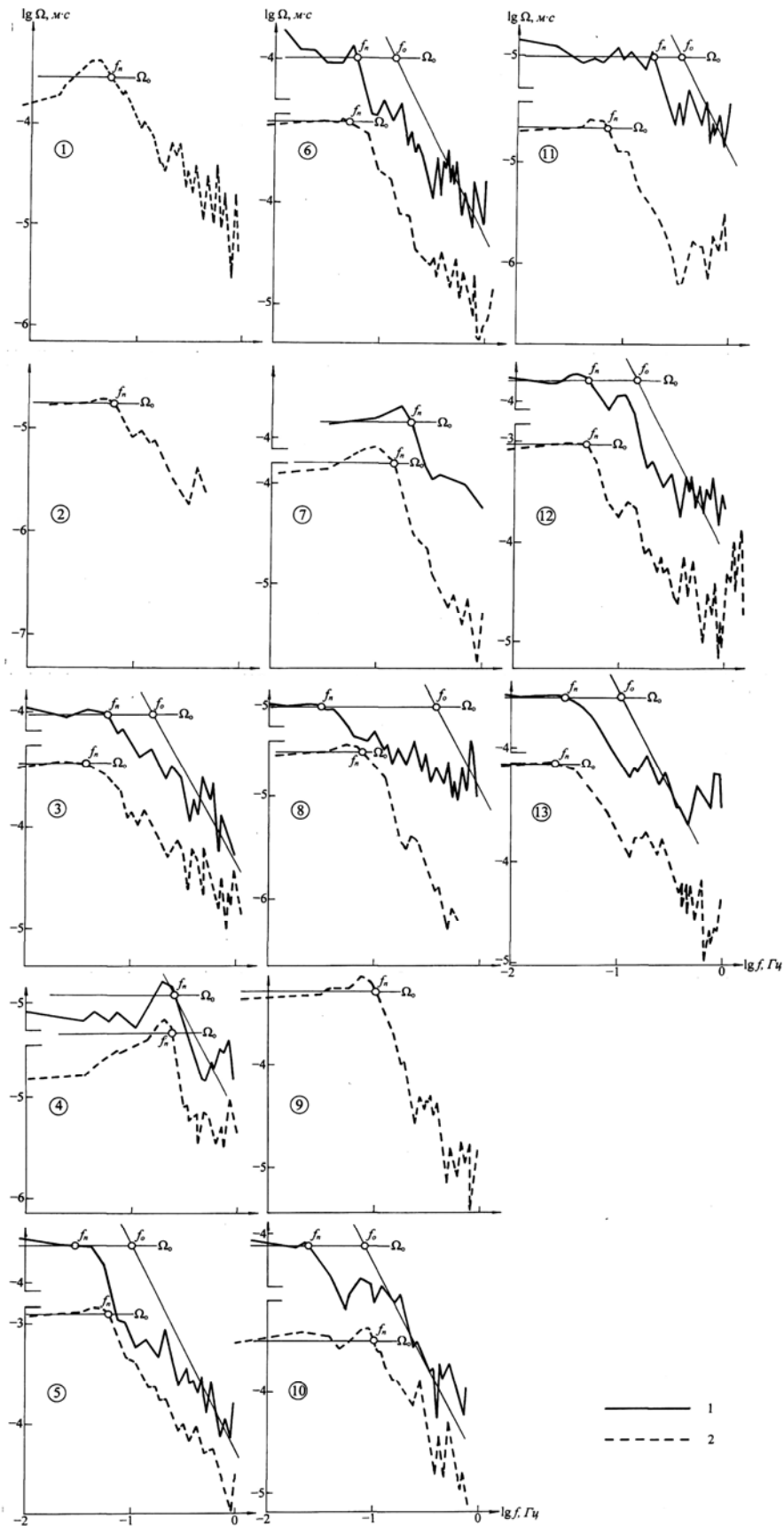


Рис. 3. Очаговые спектры P -волн, записанных на станциях «Обнинск» и «Талая»
 Номера спектров соответствуют номерам землетрясений в табл. 1
 1, 2 – спектры по записям станций «Обнинск» и «Талая» соответственно.

Л и т е р а т у р а

1. **Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2002 год** / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2002–2003.
2. **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.
3. **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.
4. **Starovoit O., Yunga S., Gabsatarova I. and Chepkunas L.** Destructive earthquake in Afghanistan (Hindu Kush) on March 25, 2002 // *Orfeus Newsletter. Observatories and Research Facilities for European Seismology*, April 2002. – 4. – № 1. – 5 с.
5. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2002.** – Berkshire: ISC, 2003–2004.
6. **Jeffreys H., Bullen K.E.** Seismological tables // *Brit. Assoc. for the advancement of Sci.* – London: Gray-Milne Trust, 1958. – 65 p.
7. **Hanks T.C., Kanamori H.** A Moment Magnitude Scale // *J. Geophys. Res.* – 1979. – **84**. – № 135. – P. 2348–2350.
8. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях ЕССН СССР.** – М.: Наука, 1982. – 272 с.
9. **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**. – № B4. – P. 2825–2852.
10. **Малянова Л.С., Чепкунас Л.С. (отв. сост.).** Земной шар (по методу 1х вступлений *P*-волн). (См. раздел VII (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).
11. **Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Аптекман Ж.Я., Бармин М.П.** Об определении механизма очагов на ЭВМ ЕС-1030 // *Физика сейсмических волн и внутреннее строение Земли*. – М.: Наука, 1983 – С. 86–91.
12. **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.).
13. **Захарова А.И., Чепкунас Л.С.** Очаговые параметры сильных землетрясений мира // *Землетрясения Северной Евразии в 1994 году*. – М.: ГС РАН, 2000. – С. 129–133.
14. **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.
15. **Brune J.N.** Tectonic stress and the spectrum of seismic shear waves from earthquake // *J. Geophys. Res.* – 1970. – **75**. – № 26. – P. 4997–5009.