

ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА

Е.И. Поречнова, З.Н. Сыкчина

Отдел сейсмологии Института геофизики НАН Украины, г. Симферополь, silver@mail.strace.net

В 2001 г. было рассчитано 11 амплитудных и энергетических спектров для шести землетрясений Крымского региона из [1] (табл. 1). Среди них самое сильное в регионе землетрясение в 2001 г. с $K_{П}=11.6$ [2], четыре – с $K_{П} \div 10$ и одно – с $K_{П}=9.2$.

Таблица 1. Список землетрясений Крыма, для которых рассчитаны спектры в 2001 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	Магнитуды				$K_{П}$
			φ° , N	λ° , E		M_s	M_w	$\wedge MS$ # M_s	$\wedge MPSP$ # m_b	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	03.01	12 25 34.6	43.12	35.64	18	3.1	3.3		$\wedge 4.4$	10.1
2	04.03	23 31 01.2	43.06	35.37	20	4.0	4.4	$\wedge 3.5$ #3.6	$\wedge 4.7$ #4.5	11.6
3	05.03	11 58 12.0	42.97	33.56	20		3.5	#3.0	$\wedge 4.4$ #4.2	10.4
4	29.07	22 30 26.0	44.01	34.44	46	3.4	3.8		$\wedge 4.0$ #3.8	10.5
5	07.12	07 18 44.9	44.66	33.16	7	2.7	3.0			9.2
6	11.12	04 38 29.3	43.96	32.09	30	3.2	3.3			9.6

Примечание. Параметры землетрясений в графах 2–8, 11, 12 соответствуют таковым в [1]; магнитуды M_S и M_{PSP} взяты из [3], M_s и m_b – из [4].

На рис. 1 представлена карта эпицентров землетрясений, а на рис. 2 – их спектры. Очаги трех землетрясений находятся в девятом районе, двух – в первом и только одного – во втором.

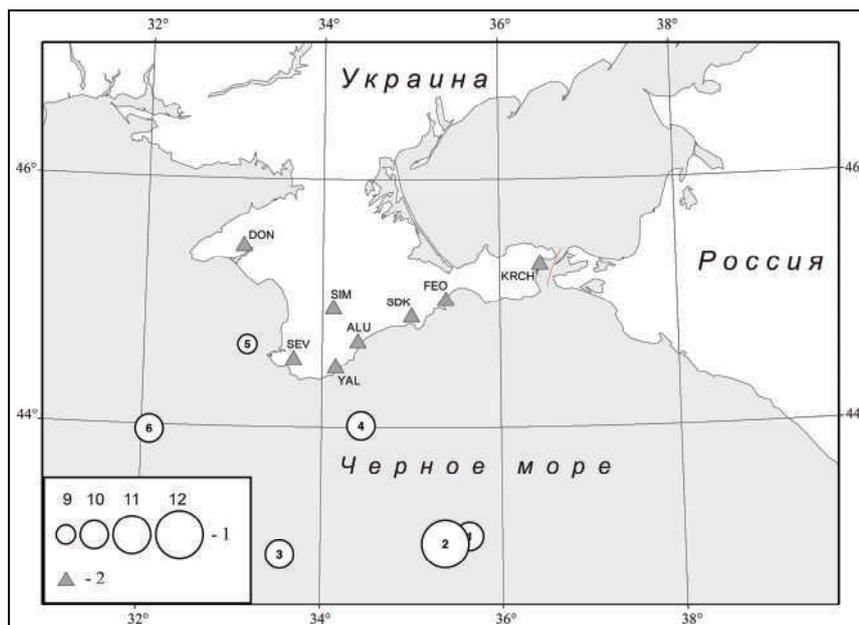


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Крыма в 2001 г., для которых рассчитаны спектры

1 – энергетический класс; 2 – сейсмическая станция.

Очаговые параметры землетрясений получены по амплитудным спектрам поперечных и продольных волн землетрясений, зарегистрированных станциями «Симферополь», «Судак», «Севастополь» и «Ялта». Скорость развертки составляла 60 мм/мин для сейсмографов СХ и СКМ-3, запись землетрясения 4 марта на станции «Судак» получена на сейсмографе СКМ КПЧ со скоростью развертки 470 мм/мин.

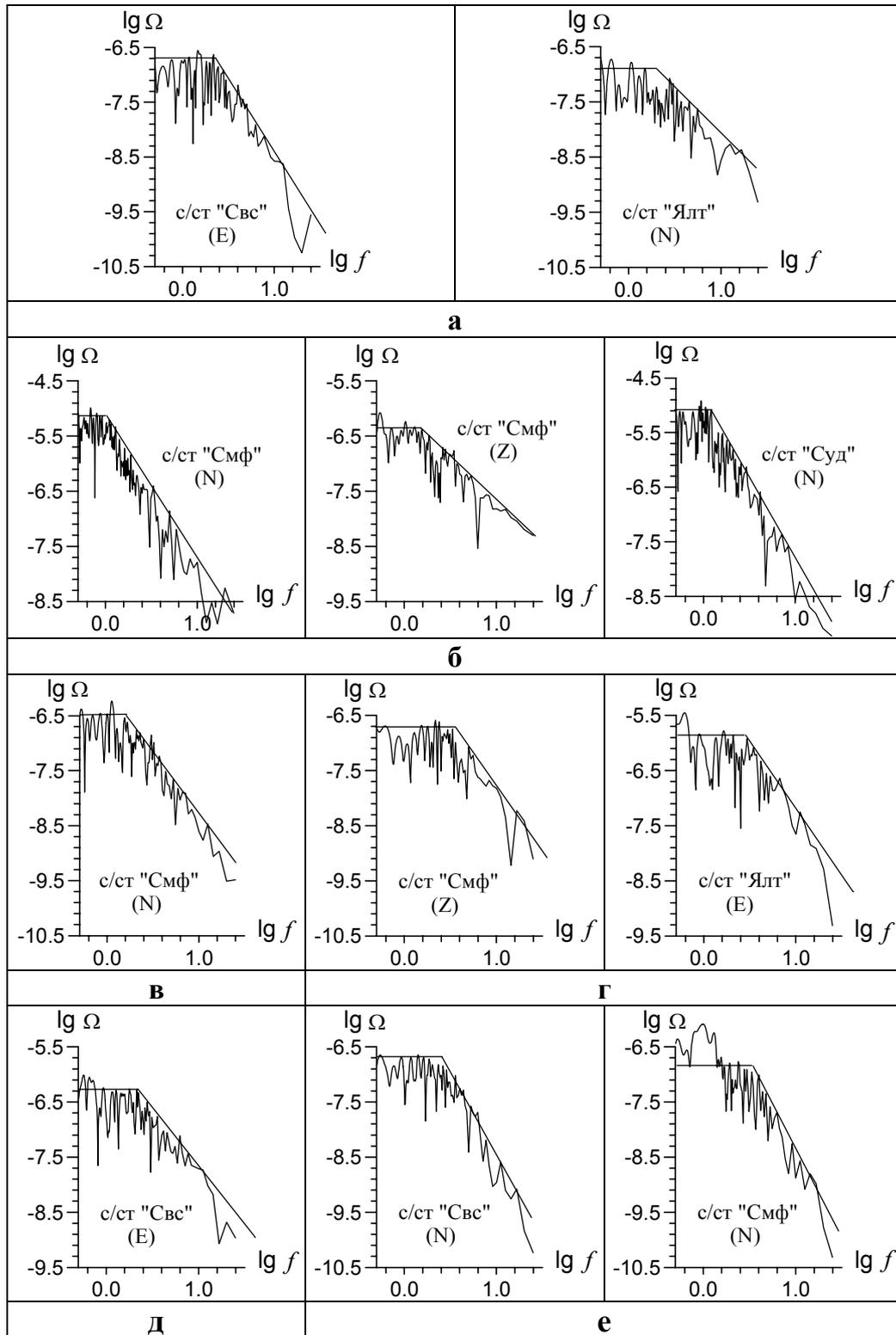


Рис. 2. Амплитудные спектры за 2001 г. для землетрясений: а – 3 января в 12^h25^m с $K_{II}=10.1$; б – 4 марта в 23^h31^m с $K_{II}=11.6$; в – 5 марта в 11^h58^m с $K_{II}=10.4$; г – 29 июля в 22^h30^m с $K_{II}=10.5$; д – 7 декабря в 07^h18^m с $K_{II}=9.2$; е – 11 декабря в 04^h38^m с $K_{II}=9.6$

На рис. 2 представлены рассчитанные амплитудные спектры. Для интерпретации амплитудных спектров и оценки параметров источника принята наиболее распространенная в практической сейсмологии модель Дж. Брюна [5, 6] и все определения выполнены в рамках только этой модели. Амплитудный спектр, согласно модели Брюна, аппроксимировался пересечением двух прямых, одна из которых проходит параллельно оси частот и характеризует спектральную плотность Фурье Ω_0 для модуля полного вектора смещения в поперечной (или продольной) волне при $f \rightarrow 0$. На частотах, где спад спектра пропорционален f^2 , спектр аппроксимируется наклонной прямой. Частота, при которой начинается спад низкочастотной части, называется граничной (угловой) частотой f_0 . Она функционально связана с размерами источника [7].

Методика оцифровки сейсмограмм и расчета спектральных и очаговых параметров описана в [7]. Полученные спектры достаточно хорошо удовлетворяют модели Брюна, что позволяет уверенно выделить спектральные параметры: угловую частоту f_0 и спектральную плотность Ω_0 . Характеристики амплитудных спектров f_0 и Ω_0 использованы для расчета динамических параметров очагов землетрясений Крыма.

В табл. 2 представлены следующие параметры очагов землетрясений: Δ – эпицентральное расстояние, Ω_0 – спектральная плотность, f_0 – угловая частота, M_0 – сейсмический момент, значения моментной магнитуды M_w , рассчитанной по сейсмическому моменту M_0 , r_0 – радиус круговой дислокации, $\Delta\sigma$ – сброшенное напряжение, ϵ – деформация сдвига, \bar{u} – средняя подвижка по разрыву. Здесь же приведены средние нескорректированные (S) и скорректированные (S_k) значения динамических параметров. Вычисления выполнены по средним, нескорректированным значениям сейсмического момента по формуле Канамори [8]:

$$M_w = 2/3 \cdot \lg M_0 - 10.7.$$

В системе СИ формула Канамори приобретает вид:

$$M_w = 2/3 \cdot (\lg M_0 + 7) - 10.7.$$

Таблица 2. Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма за 2001 г.

Станция	Составляющая	Δ , км	$\Omega_0 \cdot 10^{-6}$, мс	f_0 , Гц	$M_0 \cdot 10^{13}$, Н·м	M_w	r_0 , км	$\Delta\sigma \cdot 10^5$, Па	$\epsilon \cdot 10^{-6}$	$\bar{u} \cdot 10^{-2}$, м
Землетрясение 3 января: $t_0 = 12^h 25^m 34.6^s$, $\varphi = 43.12^\circ$, $\lambda = 35.64^\circ$, $h = 18$ км, $K_{II} = 10.1$										
Севастополь	Е	223	0.193	2.36	12.10	3.4	0.53	3.52	11.72	0.45
Ялта	Н	193	0.135	2.06	7.30	3.2	0.61	1.40	4.66	0.21
S					9.39	3.3	0.57	2.22	7.39	0.31
S_k					24.96	3.6	0.70	3.23	10.77	0.54
Землетрясение 4 марта: $t_0 = 23^h 31^m 01.2^s$, $\varphi = 43.06^\circ$, $\lambda = 35.37^\circ$, $h = 20$ км, $K_{II} = 11.6$										
Симферополь	Н	233	7.425	1.03	485.91	4.4	1.23	11.53	38.44	3.42
Симферополь	З	233	0.446	1.69	107.95	4.0	1.30	2.18	7.25	0.68
Судак	Н	205	7.987	1.22	460.38	4.4	1.03	18.50	61.67	4.60
S					472.98	4.4	1.13	14.61	48.69	3.96
S_k					316.11	4.3	0.88	20.39	67.97	4.33
Землетрясение 5 марта: $t_0 = 11^h 58^m 12.0^s$, $\varphi = 42.97^\circ$, $\lambda = 35.56^\circ$, $h = 20$ км, $K_{II} = 10.4$										
Симферополь	Н	248	0.321	1.59	22.32	3.5	0.79	1.96	6.55	0.38
S_k					9.97	3.3	0.53	3.02	10.05	0.38
Землетрясение 29 июля: $t_0 = 22^h 30^m 26.0^s$, $\varphi = 44.01^\circ$, $\lambda = 34.44^\circ$, $h = 46$ км, $K_{II} = 10.5$										
Севастополь	З	93	0.208	3.37	61.77	3.8	0.85	4.39	7.31	0.45
Ялта	Е	43	1.291	2.82	53.58	3.8	0.56	13.67	22.78	0.92
S					108.91	4.0	0.72	12.80	21.33	1.11
Землетрясение 7 декабря: $t_0 = 07^h 18^m 44.9^s$, $\varphi = 44.66^\circ$, $\lambda = 33.16^\circ$, $h = 7$ км, $K_{II} = 9.2$										
Севастополь	Е	44	0.545	2.19	3.64	3.0	0.48	1.46	4.86	0.17
S_k					11.13	3.3	0.58	2.52	8.40	0.35

Станция	Состав- ляющая	Δ , км	$\Omega_0 \cdot 10^{-6}$, мс	f_0 , Гц	$M_0 \cdot 10^{13}$, Н·м	M_w	r_0 , км	$\Delta\sigma \cdot 10^5$, Па	$\varepsilon \cdot 10^{-6}$	$\bar{u} \cdot 10^{-2}$, м
Землетрясение 11 декабря: $t_0=04^h38^m29.3^s$, $\varphi=43.96^\circ$, $\lambda=32.09^\circ$, $h=30$ км, $K_{II}=9.6$										
Севастополь	N	143	0.200	2.61	10.33	3.3	0.51	3.44	11.46	0.42
Симферополь	N	195	0.160	3.44	11.17	3.3	0.39	8.48	28.27	0.79
S					10.74	3.3	0.44	5.40	18.00	0.58
S_k					12.05	3.4	0.42	7.11	23.70	0.72

Л и т е р а т у р а

1. Свидлова В.А., Сыкчина З.Н. (отв. сост.). Крым. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
2. Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А., Пустовитенко А.А. Крым. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
3. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2001 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2001–2002.
4. Bulletin of the International Seismological Centre for 2001. – Berkshire: ISC, 2002–2003.
5. Brune J.N. Tectonic stress and the spectrum of seismic shear waves from earthquake // J. Geophys. Res. – 1970. – 75. – № 26. – P. 4997–5009.
6. Brune J.N. Corrections // J. Geophys. Res. – 1970. – 75. – № 26. – P. 4997–5009.
7. Пустовитенко Б.Г., Пантелева Т.А. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крыма. – Киев: Наукова думка, 1990. – 249 с.
8. Hanks T.S., Kanamori H. A moment magnitude scale // J. Geophys. Res. – 1979. – 84. – № 135. – P. 2348–2350.