

ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА

Е.И. Поречнова, З.Н. Сыкчина

Отдел сейсмологии Института геофизики НАН Украины,
г. Симферополь, *seismosilver@mail.ru*

Для шести землетрясений Крымско-Черноморского региона 2006 г. с $K_{II}=8.5-11.3$ были рассчитаны 14 амплитудных и энергетических спектров в диапазоне эпицентральных расстояний $\Delta=54-322$ км. Очаговые параметры землетрясений получены по амплитудным спектрам поперечных и продольных волн по записям региональных сейсмических станций «Севастополь», «Ялта», «Алушта», «Симферополь», «Судак», «Феодосия» и «Керчь». На всех станциях записи получены по короткопериодной аппаратуре со скоростью развертки 60 мм/мин.

Для оцифровки аналоговых записей старшим научным сотрудником А.Н. Пустовитенко (устное сообщение, 2006) было предложено сканирование записей с последующей оцифровкой по особым точкам в программе Photoshop. Пространственное распределение эпицентров землетрясений, для которых получены спектры, представлено на рис. 1.

Очаги землетрясений, для которых были рассчитаны спектры, расположены во втором, пятом, седьмом и девятом районах (табл. 1). Границы районов приведены в статье [1] наст. сб. Почти все землетрясения (пять из шести) локализованы в акватории Черного моря (рис. 1): (1) – в прибрежной части юга Крыма вблизи Ялты; (3) – несколько южнее; (2, 6) – вблизи кавказского побережья; (4) – в Черноморской впадине. И лишь землетрясение (5) локализовано на суше, севернее Азовского моря. Удалось получить спектры для ощутимого Ялтинского землетрясения 7 февраля (1) и ощутимого Бердянского землетрясения (5) 31 июля [2] по ст. «Феодосия» и рассчитать для них моментную магнитуду (см. табл. 2).

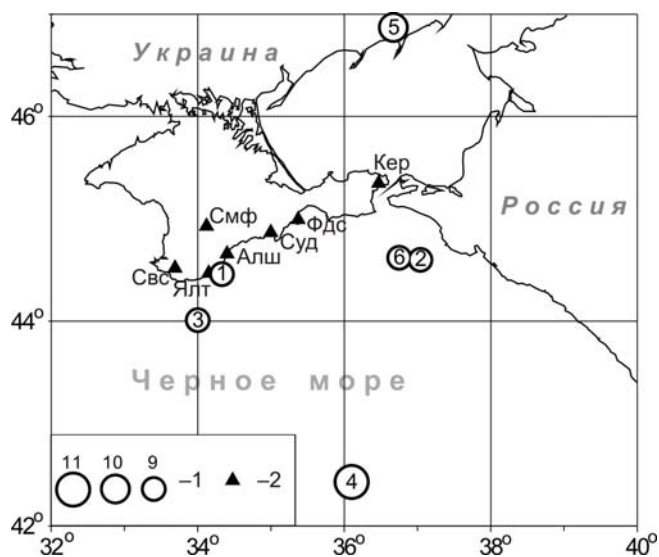


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений 2006 г., для которых рассчитаны спектры

1 – энергетический класс и номер землетрясения в табл. 1;
2 – сейсмическая станция.

Таблица 1. Список землетрясений Крыма за 2006 г., для которых рассчитаны спектры

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	Магнитуды				K_{II}	Район
			φ° , N	λ° , E		M_c	M_w	m_b	$MPSP$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	07.02	22 58 38.1	44.46	34.33	13	2.6	3.0	3.1	3.4	9.4	Ялтинский (№ 2)
2	30.03	21 37 25.0	44.60	37.04	27		3.2	3.3	4.0	9.1	Керченско-Анапский (№ 5)
3	08.04	10 26 52.6	44.01	34.00	35		3.3			8.5	Ялтинский (№ 2)
4	19.05	23 01 55.0	42.43	36.10	22	4.3	4.2	4.5	4.7	11.3	Черноморская впадина (№9)
5	31.07	09 04 32.8	46.87	36.67	20	3.2	3.3	3.5	4.2	9.8	Азово-Кубанский (№7)
6	13.08	05 46 45.1	44.62	36.75	7		3.0	3.2	4.2	9.3	Керченско-Анапский (№ 5)

Примечание. Параметры землетрясений в графах 2–8, 10, 11 соответствуют таковым в [3]; в графе 9 магнитуды m_b взяты из [4], $MPSP$ взяты из [5].

На рис. 2 представлены рассчитанные амплитудные спектры и результаты их аппроксимации прямыми линиями. Методика оцифровки сейсмограмм и расчета спектральных и очаговых параметров описана в [6].

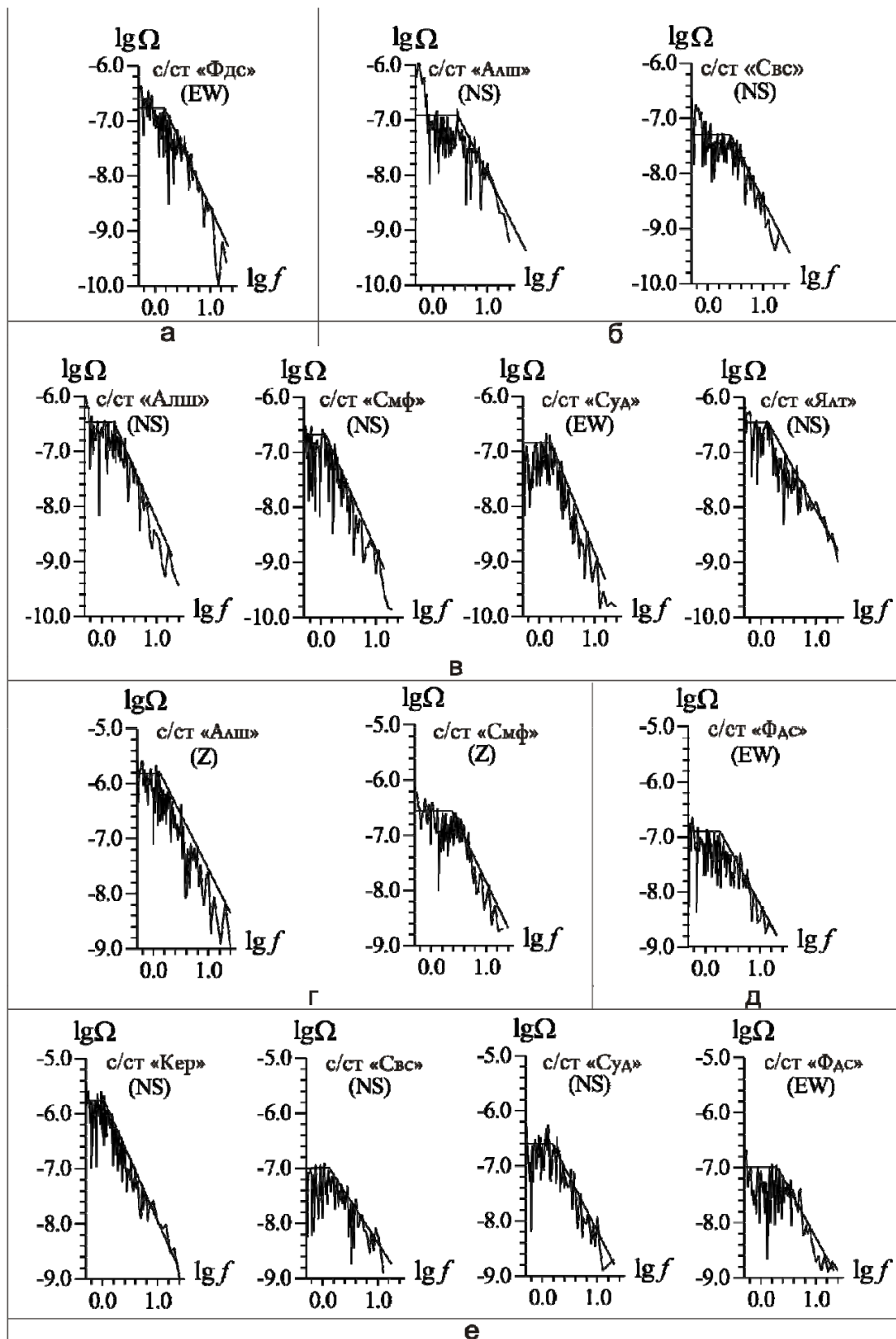


Рис. 2. Амплитудные спектры для землетрясений 2006 г.: 7 февраля в 22^h58^m (а), 30 марта в 21^h37^m (б), 8 апреля в 10^h26^m (в), 19 мая в 23^h01^m (г), 31 июля в 09^h04^m (д), 13 августа в 05^h46^m (е)

Аппроксимация спектров и расчет динамических параметров очагов землетрясений проводился по методике Брюна [7, 8]. Полученные спектры достаточно хорошо удовлетворяют модели Брюна, что позволяет уверенно выделить спектральные параметры: угловую частоту f_0 и спектральную плотность Ω_0 , которые были использованы для расчета динамических параметров исследуемых очагов. В табл. 2 представлены следующие параметры очагов землетрясений: Δ – эпицентральное расстояние, Ω_0 – спектральная плотность, f_0 – угловая частота, M_0 – сейсмический момент, r_0 – радиус круговой дислокации, $\Delta\sigma$ – сброшенное напряжение, ε – деформация сдвига, \bar{u} – средняя подвижка по разрыву. Здесь же приведены средние некорректированные (S) и скорректированные (S_k) значения динамических параметров. Следует заметить, что по ст. «Керчь» для землетрясения (6) значения сейсмического момента M_0 получились завышенными, по сравнению с таковыми на других станциях, как и в 2005 г. [9]. Видимо, необходимо скорректировать станционную поправку по ст. «Керчь». Поэтому при нахождении средних значений динамических параметров данные станции «Керчь» не учитывались. В табл. 2 представлены также значения моментной магнитуды M_w , рассчитанной по сейсмическому моменту M_0 . Вычисления выполнены по формуле Канамори [10]:

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

где M_0 измеряется в $дн \cdot см$. В системе СИ момент M_0 измеряется в $Н \cdot м$ и 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 2006 г.

Станция	Составляющая	Δ , км	Ω_0 , $10^{-6} \cdot м \cdot с$	f_0 , Гц	M_0 , $10^{13} \cdot Н \cdot м$	M_w	r_0 , км	$\Delta\sigma$, $10^5 \cdot Па$	$\varepsilon \cdot 10^{-6}$	\bar{u} , $10^{-2} \cdot м$
Землетрясение 7 февраля: $t_0=22^h58^m38.1^s$, $\varphi=44.46^\circ$, $\lambda=34.33^\circ$, $h=13$ км, $K_{II}=9.4$										
Феодосия	Е	104	0.17	1.47	4.2	3.0	0.81	0.35	1.16	0.07
Землетрясение 30 марта: $t_0=21^h37^m25.0^s$, $\varphi=44.60^\circ$, $\lambda=37.04^\circ$, $h=27$ км, $K_{II}=9.1$										
Алушта	Н	209	0.12	2.86	8.94	3.3	0.47	3.90	13	0.44
Севастополь	Н	266	0.05	2.5	4.73	3.1	0.53	1.38	4.6	0.18
S					6.5	3.2	0.5	2.32	7.74	0.28
S_k					10.95	3.3	0.56	2.71	9.03	0.37
Землетрясение 8 апреля: $t_0=10^h26^m52.6^s$, $\varphi=44.01^\circ$, $\lambda=34.00^\circ$, $h=35$ км, $K_{II}=8.5$										
Алушта	Н	81	0.34	1.61	10.61	3.3	0.82	0.83	2.77	0.17
Симферополь	Н	105	0.25	1.27	9.78	3.3	1.05	0.37	1.24	0.09
Судак	Е	126	0.14	1.59	6.47	3.2	0.84	0.48	1.61	0.10
Ялта	Н	54	0.35	1.35	7.96	3.2	0.98	0.37	1.22	0.09
S					8.55	3.3	0.92	0.48	1.61	0.11
S_k					8.71	3.3	0.84	0.65	2.16	0.13
Землетрясение 19 мая: $t_0=23^h01^m55.0^s$, $\varphi=42.43^\circ$, $\lambda=36.10^\circ$, $h=22$ км, $K_{II}=11.3$										
Алушта	З	285	1.58	1.28	467.64	4.4	1.71	4.14	13.81	1.70
Симферополь	З	322	0.28	2.33	93.57	3.9	0.94	4.95	16.49	1.12
Землетрясение 31 июля: $t_0=09^h04^m32.8^s$, $\varphi=46.87^\circ$, $\lambda=36.67^\circ$, $h=20$ км, $K_{II}=9.8$										
Феодосия	Е	229	0.13	1.82	10.69	3.3	0.73	1.20	4.01	0.21
Землетрясение 13 августа: $t_0=05^h46^m45.1^s$, $\varphi=44.62^\circ$, $\lambda=36.75^\circ$, $h=7$ км, $K_{II}=9.3$										
Керчь	Н	80	1.7	1.08	20.47	3.5	0.98	0.97	3.22	0.23
Севастополь	Н	243	0.1	1.28	3.65	3.0	0.82	0.29	0.97	0.06
Судак	Н	141	0.25	1.54	5.29	3.1	0.68	0.73	2.44	0.12
Феодосия	Е	116	0.1	1.92	1.74	2.8	0.55	0.47	1.57	0.06
S					3.23	3.0	0.67	0.47	1.55	0.08
S_k					4.69	3.1	0.68	0.64	2.14	0.11

К концу 2006 г. на всех станциях произошел переход на цифровую регистрацию. В связи с этим задача расчета спектров потребует дальнейших исследований.

Л и т е р а т у р а

1. Пасынков Г.Д., Шаторный Б.И., Свидлова В.А., Козиненко Н.М. Крым. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
2. **Пустовитенко А.Н.**, Свидлова В.А., Князева В.С., Бушмакина Г.Н., Габсатарова И.П. Осипенковское (Бердянское) землетрясение 31 июля 2006 г. с $M_w=3.3$, $I_0=5$ (Украина, Запорожская обл.). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
3. Козиненко Н.М., Свидлова В.А., Сыкчина З.Н. (отв. сост.). Каталог землетрясений Крыма за 2006 г. ($N=42$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
4. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2006.** – Berkshire: ISC, 2008.
5. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2006 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2006–2007. – [Электронный ресурс]. – ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2006/
6. Пустовитенко Б.Г., Пантелеева Т.А. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крыма. – Киев: Наукова думка, 1990. – 249 с.
7. Brune J.N. Tectonic stress and the spectrum of seismic shear waves from earthquake // J. Geophys. Res. – 1970. – 75. – N 26. – P. 4997–5009.
8. Brune J.N. Tectonic stress and the spectrum of seismic shear waves from earthquake // J. Geophys. Res. – 1970. – 75. – N 26. – P. 4997–5009.
9. Пустовитенко Б.Г., Поречнова Е.И., Калинюк И.В., Сыкчина З.Н. Очаговые параметры землетрясений Крыма // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 325–330.
10. Hanks T.S., Kanamori H. A moment magnitude scale // J. Geophys. Res. – 1979. – 84. – N 135. – P. 2348–2350.