

УДК 550.348.436(477.5)

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КРЫМА

А.Н. Пустовитенко, В.А. Свидлова, З.Н. Сыкчина

Расширенная и модернизированная региональная сеть сейсмических станций Крыма периода 1990 г. [1] за последние несколько лет претерпела значительные изменения. В августе 1993 г. прекращена регистрация на скважине "Донузлавская", что снизило точность определения координат гипоцентров краевых районов региона. На основной региональной аппаратуре сейсмостанций "Севастополь" и "Алушта" изменена скорость развертки с 60 мм/мин на 120 мм/мин. Параметры сейсмических станций по состоянию на 1993 г. представлены в табл.1.

Таблица 1. Сведения о сейсмических станциях Крыма в 1993 г.

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ° E	h _y , м	Тип прибора	Комп- нента	V _{max}	ΔT _{max} , с
		Межд.	Рег.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Ялта	YAL	Ялт	12.09.1927	44.48	34.15	24	СХ СХ, КПЧ СК	N,E,Z N,E,Z N,E,Z	20000 100 1000	0.20-0.5 0.20-0.5 0.30-11
2	Феодосия	FEO	Фдс	11.10.1927	45.02	35.39	40	СХ СКМ-3	N E Z	11100 10600 10600	0.40-0.9 0.30-0.75 0.30-0.75
3	Симферополь	SIM	Смф	14.05.1928	44.95	34.12	275	СХ СКД СКД, КПЧ СД-1 СД-1, КПЧ	N,E Z N,E,Z N,E Z Z	10200 9800 1000 50 730 1000 30	0.10-0.8 0.10-0.3 0.20-20 0.20-20 18-50 18-50 18-50
4	Севастополь	SEV	Свс	28.06.1928	44.54	33.68	42	СКМ-3 СКМ-3, КПЧ СКД УСФ	N,E,Z N,E,Z N,E,Z N,E Z	30000 1000 1000 310000* 220000*	0.15-0.6 0.15-0.6 0.20-20 0.10-0.4 0.10-0.4
5	Алушта	ALU	Алш	1951	44.68	34.40	61	СХ СХ, КПЧ СКМ-3 СКМ-3, КПЧ	N,Z N,Z E E	21000 1000 21000 1000	0.20-0.5 0.20-0.5 0.20-0.5 0.20-0.5
6	Казантип		Кзн	1981	45.45	35.84	3	СМ-3КВ	N,E,Z	1900*	0.30-0.7
7	Донузлавская скважина (закр. в авг. 1993)			1984	45.46	33.15	-1350	СД-1Ф	N,E,Z	500000	0.10-0.4
8	Судак		Суд	окт.1988	44.89	35.00	108	СКМ-3	N,E,Z	20000	0.14-0.6

Примечание. Знаком * отмечен канал с электронным усилителем.

Особенности регистрации землетрясений на сейсмостанциях "Симферополь", "Севастополь", "Феодосия" следующие.

Сейсмическая станция "Симферополь" оснащена сейсмографами непрерывной регистрации, работающими в короткопериодном (СХ), среднепериодном (СКД) и длиннопериодном (СД-1) диапазонах. Из них нестандартной является только амплитудно-периодная характеристика вертикальной Z-составляющей короткопериодного сейсмографа СХ. Обусловлено это необходимостью избавиться от высокого уровня транспортных и промышленных помех вблизи станции.

Сейсмографы СКД работают на двух уровнях увеличения: $V=1000$ и $V=50$. Заглубленный канал включается в случае регистрации сильного землетрясения. Датчиками являются катушки затухания основных сейсмоприемников, сигнал от которых подается на гальванометр ГБ-3. Запись с пониженным увеличением осуществляется по основной записи с момента срабатывания сигнализатора второй ступени. Сигнализатор самоблокируется, и запись идет без перерыва до тех пор, пока оператор не выключит его. Амплитудно-периодные характеристики основных заглубленных каналов рассчитывались по методике, изложенной в [2],[3].

Сейсмограф СД-1 имеет два уровня увеличения только на вертикальной составляющей, так как для горизонтальных составляющих нет свободных гальванометров. Методика расчета заглубленного канала в длиннопериодном диапазоне имеет свои особенности, обусловленные конструкцией длиннопериодных 100-секундных гальванометров. Причина в том, что гальванометры SPG-IV имеют очень большое воздушное затухание, достигающее 60% от полного затухания. Методику расчета заглубленного канала СД-1 обосновал и применил на станции "Симферополь" И.Б. Дубинский [4].

Сейсмическая станция "Севастополь" - вторая по оснащенности после станции "Симферополь" и первая по чувствительности в области коротких периодов $T \leq 0.4$ с. Приборы этой станции установлены в штольне, пройденной в мраморовидных известняках. Расстояние до берега моря ~ 8 км.

Несмотря на хорошие условия установки и сравнительную удаленность от берега моря на периодах $T \geq 0.5$ с регистрируются значительные штормовые микросейсмы, что не позволяет поднять увеличение стандартной амплитудно-периодной характеристики выше $V=30000$. Во время шторма даже на этом увеличении линии записи переплетаются. В то же время на периодах $T \leq 0.4$ с наблюдается настолько низкий уровень помех, что обычной аппаратурой помехи не регистрируются. В целях использования максимума регистрационных возможностей А.Д. Пугачевичем была сделана попытка организовать наблюдения одним каналом, построенным на базе сейсмографа УСФ и гальванометра ГБ-4 с фокусным расстоянием $A=1$ м. В результате удалось добиться увеличения $V=100000$, но из-за большого фокусного расстояния приходилось подавать на лампочку осветителя слишком большое напряжение и лампочки часто перегорали. Но, как оказалось, даже при увеличении $V=100000$ фон помех практически отсутствует и, следовательно, есть возможность ещё поднять увеличение в два-три раза. Поскольку с обычной стандартной аппаратурой достичь увеличения $V=(200-300) \cdot 10^3$ невозможно, была сделана попытка достичь желаемого результата, применив электронный усилитель, опробованный на скважинных наблюдениях в Казахстане и в Крыму [5,6]. Достоинством этого усилителя является малое потребление электрической энергии и низкий уровень собственных шумов, которые начинают проявлять себя только при общем увеличении канала $V=1000000$. Для организации высокочувствительного канала на станции "Севастополь" были использованы те же маятники УСФ с $T_s=0.5$ с. Сигнал от сейсмоприемника после усиления через разделительные емкости подаётся на гальванометр ГК-7 с $T_g=0.4$ с. Подбором согласующихся сопротивлений удалось получить приемлемую амплитудно-периодную характеристику, которая определяется генераторным методом. Регистрация ведется уже в течение нескольких лет и, практически, без больших перерывов. Канал УСФ позволяет регистрировать местные землетрясения, начиная с $K_{II} \geq 5$, и оказывает существенную помощь в регистрации близких землетрясений, благодаря чему станция "Севастополь" участвует в обработке землетрясений с $K_{II} \geq 7$, происходящих в Керченско-

Анапской зоне на расстоянии ~ 300 км от станции "Севастополь" [7].

Сейсмическая станция "Феодосия" имеет сравнительно неблагоприятные условия регистрации. Сейсмоприемники установлены в подвале на глубине 2.5 м на постаменте, основание которого не соединяется с основной породой – известняком, а расположено на рыхлых глинистых отложениях. Расстояние до берега моря ~ 1 км. Все это обусловило то, что установленные на станции сейсмографы регистрируют постоянно высокий уровень промышленно-транспортных помех, а во время шторма – морских микросейсм. Чтобы уменьшить влияние регулярных промышленных помех с периодом $T=0.25$ с, были установлены режекторные фильтры, существенно искажившие амплитудно-периодную характеристику. Опыт регистрации с режекторным фильтром показал, что особого выигрыша в увеличении или повышении качества они не дали, а полезный сигнал искажают существенно. По крайней мере, всегда возникают проблемы с получением спектров землетрясений по записям этой станции.

В 1993 г. в регионе зарегистрировано 48 землетрясений, для 40 определены основные параметры гипоцентров [8]. В региональном каталоге приведены данные о землетрясениях с $K_{II} \geq 8.0$. Карта эпицентров этих землетрясений изображена на рис. 1. При обработке землетрясений использовались дополнительно записи станции "Анапа" (Россия).

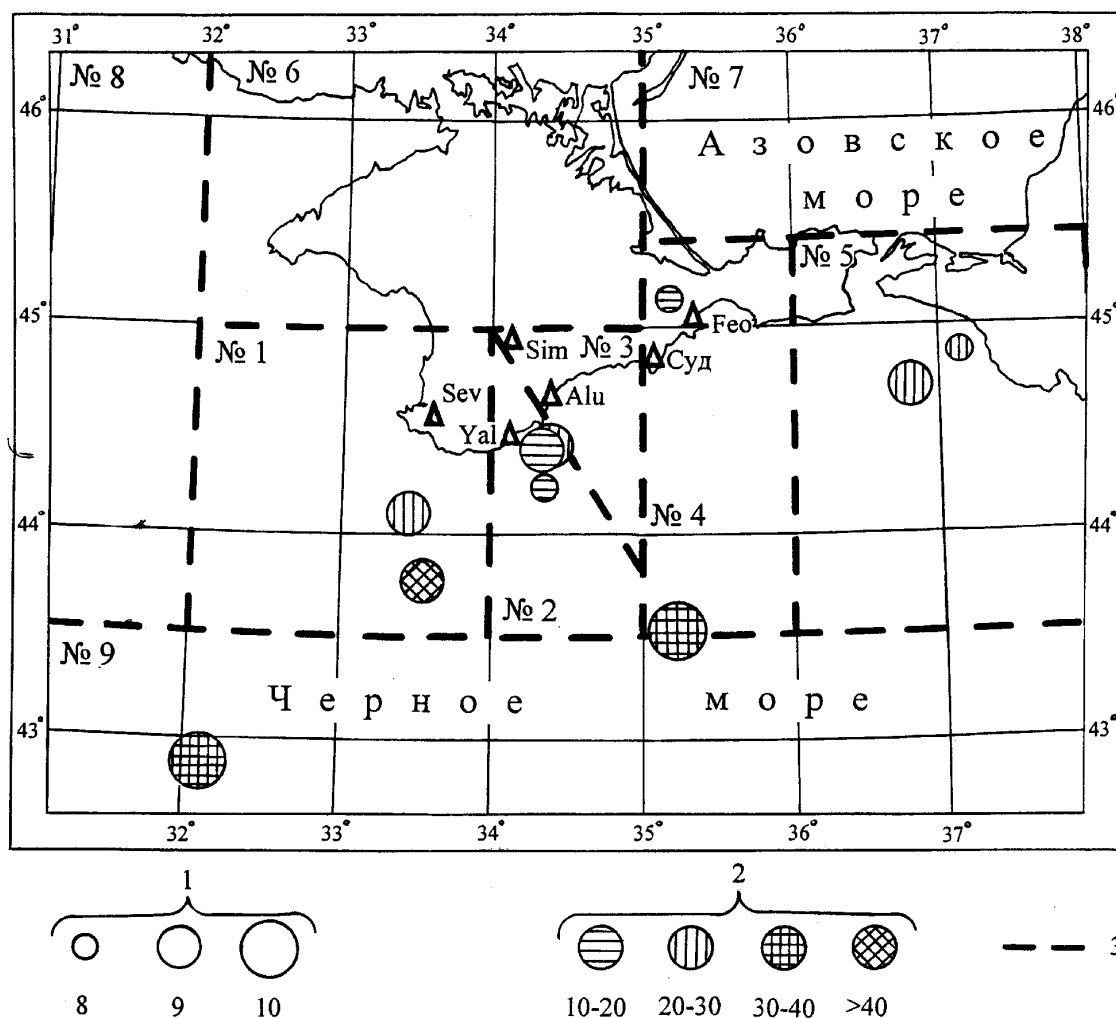


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Крымского региона за 1993 г. ($K_{II} \geq 8.0$)

1 - энергетический класс K_{II} ; 2 - глубина гипоцентра, км; 3 - граница района.

1993 год отличался необычно слабой сейсмической активностью и по количеству землетрясений, и по суммарно выделившейся энергии, которая ниже среднего значения за

предыдущие 12 лет. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_{II} и суммарная энергия, выделившаяся по районам региона, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия по районам за 1993 г.

№	Район	K_{min}	K_{II}							N_{Σ}	$\Sigma E * 10^9$, Дж
			4	5	6	7	8	9	10		
1.	Севастопольский	9	-	-	1	1	-	2	-	4	1.803
2.	Ялтинский	8	1	5	5	5	2	2	-	20	1.908
3.	Алуштинский	8	-	-	5	1	-	-	-	6	0.009
4.	Судакский	8	-	-	-	1	1	-	1	3	8.047
5.	Керченско-Анапский	9	-	-	-	-	1	1	-	2	0.920
6.	Степной Крым	9	-	-	-	1	-	-	-	1	0.006
7.	Азово-Кубанский	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.	Северо-Западный	9	-	-	-	-	1	-	-	1	0.032
9.	Черноморская впадина	10	-	-	-	-	1	1	1	3	8.384
	В с е г о		1	5	11	9	6	6	2	40	21.109

В 1993 г. рассчитано 11 амплитудных и энергетических спектров для шести землетрясений [9]. Методика оцифровки записей и расчета спектров осталась прежней [10]. Спектральные (угловая частота f_0 и спектральная плотность Σ_0) и очаговые параметры (сейсмический момент M_0 , радиус круговой дислокации r_0 , сброшенное напряжение $\Delta\sigma$, деформация сдвига ϵ , средняя подвижка по разрыву \bar{u}) для некоторых землетрясений с $K_{II} \geq 9$ приведены в табл. 3 из работы Пантелеевой Т.А. [9]. Здесь же даны средние скорректированные значения (X) динамических параметров и для одного землетрясения их погрешности (δ).

Таблица 3. Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений

С/ст.	Комп.	X/ δ	Δ , км	$\Sigma_0 * 10^{-6}$, м·с	f_0 , Гц	$M_0 * 10^{13}$, Н·м	r_0 , км	$\Delta\sigma * 10^5$, Па	$\epsilon * 10^{-6}$	$\bar{u} * 10^{-2}$, м
№1; 29 марта; $t_0=14$ ч 40 мин 31.0 с; $\varphi=43.53^\circ$; $\lambda=35.24^\circ$; $h=34$ км; $K_{II}=9.9$										
Смф	N		181	0.470	2.00	30.598	0.66	4.578	15.26	0.734
		X				18.610	0.46	6.382	21.27	0.700
№2; 14 июня; $t_0=0$ ч 34 мин 50.6 с; $\varphi=43.76^\circ$; $\lambda=33.55^\circ$; $h=55$ км; $K_{II}=9.0$										
Алш	N		135	0.140	2.50	6.800	0.53	1.988	6.63	0.255
Суд	N		175	0.120	1.92	7.500	0.69	0.998	3.33	0.166
		X				6.880	0.62	1.251	4.17	0.188
		δ				0.040	0.05	0.098	0.10	0.053
№3; 2 декабря; $t_0=13$ ч 56 мин 8.6 с; $\varphi=42.88^\circ$; $\lambda=32^\circ.12$; $h=33$ км; $K_{II}=9.8$										
Свс	E		223	0.030	4.17	2.390	0.32	3.234	10.78	0.249
		X				7.560	0.43	4.198	13.99	0.435

Динамические параметры очагов землетрясений 1993 г. согласуются с долговременными характеристиками очагов Крымских землетрясений за предыдущие годы.

Л и т е р а т у р а

1. **Кондорская Н.В., Федорова И.В. 1996.** Сейсмические станции ЕССН СССР на 01.01.1990 г. М.: Изд-во ИФЗ РАН. 35 с.
2. **Архангельский В.Т. и др. 1962.** Аппаратура и методика наблюдений на сейсмических станциях СССР. М.: Изд. АН СССР.
3. **Москвина А.Г., Шебалин Н.В. 1960.** Применение сейсмографов с двумя гальванометрами для одновременной записи землетрясений на двух уровнях чувствительности // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. №10. С. 1474–1478.
4. **Дубинский И.Б. 1977.** Особенности расчета параметров канала пониженной чувствительности длиннопериодного сейсмографа СД-1 и опыт его эксплуатации в Симферополе // Геофизический сборник. Вып. 78. Киев: Наукова думка. С. 46-49.
5. **Гальперин Е.И., Нерсесов И.Л., Воровский Л.И. и др. 1978.** Изучение сейсмического режима крупных промышленных центров. М.: Наука. 188 с.
6. **Пустовитенко А.Н., Терентьев М.Н. Федосенко Н.Е. и др. 1986.** Сейсмологические исследования на скважине "Феодосийская" // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым, Карпаты, 1983). Киев: Наукова думка. С. 104-108.
7. **Пустовитенко Б.Г., Терентьев М.Н. 1997.** Об эффективности сети сейсмических станций Крыма // Сейсмологический бюллетень Украины за 1995–1996 гг. Симферополь: ИГ НАНУ. С. 130–143.
8. **А.А. Свидлова. 1996.** Сейсмичность Крыма // Сейсмологический бюллетень Украины за 1993 г. Симферополь: ИГ НАНУ. С. 5–18.
9. **Пантелеева Т.А. 1996.** Спектры и динамические параметры очагов землетрясений Крыма за 1993г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 1993 г. Симферополь: ИГ НАНУ. С. 62-64.
10. **Пустовитенко Б.Г., Пантелеева Т.А. 1990.** Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крыма. Киев: Наукова думка. 249 с.