

КРЫМ

А.Н. Пустовитенко¹, В.А. Свидлова¹, А.А. Пустовитенко¹, Р.С. Михайлова²

¹Отдел сейсмологии Института геофизики НАН Украины, г. Симферополь, *silver@mail.strace.net*

²Геофизическая Служба РАН, г. Обнинск, *raisa@gstras.ru*

Сеть сейсмических станций в 2001 г., по сравнению с таковой в 2000 г. [1], не изменилась: по-прежнему работали семь стационарных станций и один выносной пункт наблюдений «Донузлав» (табл. 1).

Таблица 1. Сейсмические станции Крыма (в хронологии их открытия), работавшие в 2001 г.

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Принадлежность
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h _y , м	
		межд.	рег.					
1	Феодосия	FEO	Фдс	11.10.1927	45.02	35.39	40	Отдел сейсмологии ИГ НАН Украины
2	Ялта	YAL	Ялт	13.03.1928	44.48	34.15	23.6	
3	Симферополь	SIM	Смф	14.05.1928	44.95	34.12	275	–"–
4	Севастополь	SEV	Свс	28.06.1928	44.54	33.68	42	–"–
5	Алушта	ALU	Алш	03.10.1951	44.68	34.40	61	–"–
6	Судак	SDK	Суд	18.10.1988	44.89	35.00	108	–"–
7	Керчь	KRCH	Крч	19.05.1997	45.31	36.46	50	–"–
8	Донузлав	DON	Днз	20.04.1998	45.45	33.10	80	Крымский экспертный совет

В таблице параметров сейсмической аппаратуры за 2001 г. (табл. 2) изменилось лишь аппаратное оснащение двух станций: в «Севастополе» не работал комплект СКМ-3-КПЧ, в «Симферополе» в течение всего года отсутствовал длиннопериодный канал СД-1. Как отмечено в [2], сейсмоприемники этих каналов, имеющие высокоомные катушки, были сняты с гальванометрической регистрации и подключены к цифровым комплектам записи землетрясений на станциях «Симферополь» и «Ялта» (табл. 3). Дальнейшая практика наблюдений показала, что это решение было ошибочным. Никакая самая совершенная цифровая регистрация не может заменить уникальные длиннопериодные сейсмографы, особенно при регистрации удаленных событий [3]. Немалые усилия в течение 2001 г. были потрачены на калибровку сейсмических каналов цифровых станций. В результате удалось откалибровать и короткопериодные СМ-3 (ЕН) и длиннопериодные СКД (ВН) каналы [3].

Таблица 2. Параметры сейсмографов основных каналов регистрации на аналоговых станциях Крыма в 2001 г.

№	Название станции	Тип прибора	Компоненты	T _s , с	D _s	T _g , с	D _g	σ ²	V _{max}	T _{max} , с	Скорость развертки, мм/мин
1	Симферополь	СХ	N, E	1.00	0.70	0.360	3.00	0.2250	16000	0.20–0.80	60
			Z	1.00	0.70	0.360	4.20	0.1200	10000	0.20–0.80	60
		СХ, КПЧ	N	0.92	0.52	0.093	11.60	3.3·10 ⁻³	500	0.05–0.80	360
			E	0.92	0.52	0.097	11.10	3.2·10 ⁻³	500	0.05–0.80	360
			Z	0.97	0.60	0.096	14.50	3.5·10 ⁻³	500	0.05–0.80	360
		СКД, СКД, КПЧ	N, E, Z	25.00	0.50	1.200	8.00	0.2500	1000	0.20–20.0	30
			N	22.40	0.45	1.400	6.90	1.29·10 ⁻⁴	50	0.20–18.0	30
			E	22.40	0.45	1.300	7.40	2.68·10 ⁻⁴	50	0.20–18.0	30
			Z	22.40	0.45	1.140	8.40	2.19·10 ⁻⁴	50	0.20–18.0	30

№	Название станции	Тип прибора	Компоненты	T_s, c	D_s	T_g, c	D_g	σ^2	V_{max}	T_{max}, c	Скорость развертки, мм/мин	
2	Севастополь	СКМ-3	N	1.00	0.70	0.200	1.70	0.2000	20000	0.10–0.70	60	
			E	1.00	0.70	0.200	1.70	0.1750	20000	0.10–0.70	60	
			Z	1.00	0.70	0.200	1.70	0.2300	20000	0.10–0.70	60	
3	Ялта	СХ СХ, КПЧ	N, E, Z	0.75	0.70	0.290	2.00	0.1900	20000	0.20–0.60	60	
			N	0.67	0.55	0.200	2.60	$7.9 \cdot 10^{-3}$	1000	0.10–0.60	60	
			E	0.67	0.55	0.130	4.50	$3.0 \cdot 10^{-2}$	1000	0.10–0.60	60	
			Z	0.67	0.55	0.210	2.80	$9.0 \cdot 10^{-3}$	1000	0.10–0.60	60	
4	Алушта	СХ СГКМ-3 СХ СХ-КПЧ	N	0.76	0.74	0.220	1.74	0.2460	20000	0.20–0.50	60	
			E	0.76	0.74	0.220	1.74	0.0350	20000	0.20–0.50	60	
			Z	0.73	0.74	0.220	1.74	0.1220	20000	0.20–0.50	60	
			N	0.61	0.57	0.190	2.00	$9.3 \cdot 10^{-4}$	1000	0.10–0.50	120	
			E	0.72	0.72	0.190	2.00	$4.2 \cdot 10^{-4}$	2000	0.20–0.40	120	
			Z	0.59	0.56	0.220	1.80	$4.2 \cdot 10^{-4}$	1000	0.20–0.50	120	
5	Судак	СКМ-3	N	1.00	0.70	0.280	1.80	$1.6 \cdot 10^{-2}$	20000	0.19–0.55	60	
			E, Z	1.00	0.7	0.270	1.80	$1.8 \cdot 10^{-2}$	20000	0.15–0.55	60	
			СКМ-3, КПЧ	N	0.98	0.67	0.093	5.30	$6.6 \cdot 10^{-4}$	1000	0.15–0.60	360
				E	0.92	0.67	0.090	5.40	$7.5 \cdot 10^{-4}$	1000	0.15–0.60	360
				Z	0.92	0.67	0.095	5.10	$7.5 \cdot 10^{-4}$	1000	0.15–0.60	360
6	Феодосия	СХ СКМ-3	N, E	1.00	0.70	0.400	3.60	0.0400	10000	0.10–0.70	60	
			Z	1.00	0.70	0.400	3.60	0.0200	10000	0.10–0.70	60	
7	Керчь	УСФ	N	0.60	0.60	0.213	2.00	0.0188	10500	0.10–0.45	60	
			E	0.60	0.60	0.208	2.00	0.0191	10500	0.10–0.45	60	
			Z	0.60	0.60	0.227	2.00	0.0055	5150	0.10–0.50	60	
8	Донузлав	ВЭГИК	N	1.00	–	0.200	–	–	10000*	0.10–0.80	60	
			Z	1.00	–	0.200	–	–	10000*	0.10–0.80	60	

Примечание. Знаком * отмечен электронный канал.

Таблица 3. Данные об аппаратуре цифровых станций Крыма в 2001 г.

Название станции и дата начала ц/записи	Тип датчика	Перечень имеющихся каналов и их характеристики	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, отсчет/(м/с)
Симферополь. 25.06.2000 г.	СКД	ВН (N, E, Z) v	0.01–4	20	16	$2.5 \cdot 10^8$
	СМ-3	ЕН (N, E, Z) v	0.1–20	100	16	$1.9 \cdot 10^9$
Ялта 05.07.2000 г.	СКД	ВН (N, E, Z) v	0.015–4	20	16	$3.3 \cdot 10^9$
	СМ-3	ЕН (N, E, Z) v	0.2–20	100	16	$3.1 \cdot 10^9$

Сравнительный анализ записей землетрясений аналоговой гальванометрической и цифровой аппаратурой показал, что при регистрации близких и местных событий никакого повышения точности в снятии моментов вступления и выделении отдельных фаз, а, следовательно, и в повышении точности определения координат эпицентров не наблюдается. Если землетрясение записано плохо на сейсмограмме, то и регистрация на цифровой станции со всем ее мощным аппаратом фильтрации и поляризации, стягивания и растягивания записи ничем помочь не в состоянии. Пример параллельной записи сейсмического события на цифровой и обычной аналоговой аппаратуре приведен на рис. 1.

Однако преимущество компьютерной интерпретации цифровых записей состоит в значительном выигрыше времени при обработке сильных землетрясений в оперативном режиме. Кроме этого цифровая запись позволяет более точно измерить динамические параметры: амплитуды, периоды, спектры отдельных фаз и их поляризацию в пространстве. В целом заметно повышается оперативность, качество обработки и скорость передачи информации в сейсмологический центр.

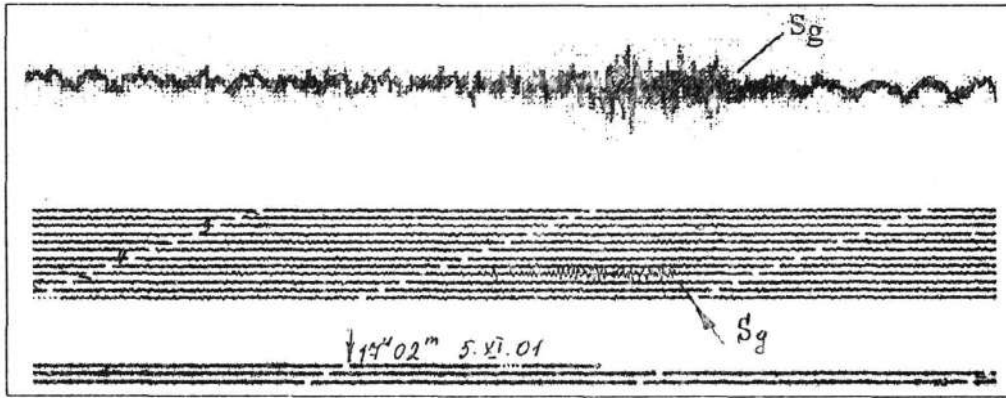


Рис. 1. Записи землетрясения цифровой станцией (вверху) и аналоговой – сейсмографом СХ с увеличением $V=10000$ (внизу)

В методике сводной обработки близких и местных землетрясений Крыма в 2001 г. произошли некоторые изменения.

1. В связи с установкой цифровой станции в Симферополе в сводной обработке получила применение программа WSG. От землетрясений из краевых районов региона иногда фиксируются только головные волны, поэтому гипоцентры этих землетрясений не всегда можно рассчитать по программам [4, 5], разработанным в Крыму. В этих случаях программа WSG позволяет найти более надежное решение гипоцентра. Так, в 2001 г. с использованием этой программы были локализованы гипоцентры четырех землетрясений из краевых районов. К сожалению, программа WSG не позволяет локализовать землетрясение в случаях, когда в сводной обработке приходится использовать записи одиночных фаз только продольных или только поперечных волн. Невозможно также по этой программе оценить погрешности определения основных параметров гипоцентра.

2. Существенным вкладом в улучшение результатов сводной обработки явилась разработка новых номограмм [6, 7] энергетической классификации землетрясений по данным сейсмической станции «Судак». Практическое использование этих номограмм началось с 1 января 2001 г.

Карта энергетической представительности Крыма дана на рис. 2, по данным наблюдений за 2000 г. [8], которую можно пролонгировать на 2001 г., т.к. сеть сейсмических станций не изменилась. Согласно этой карте во всем регионе не должны быть пропущены землетрясения с $K_{II} \div 8$ и выше.

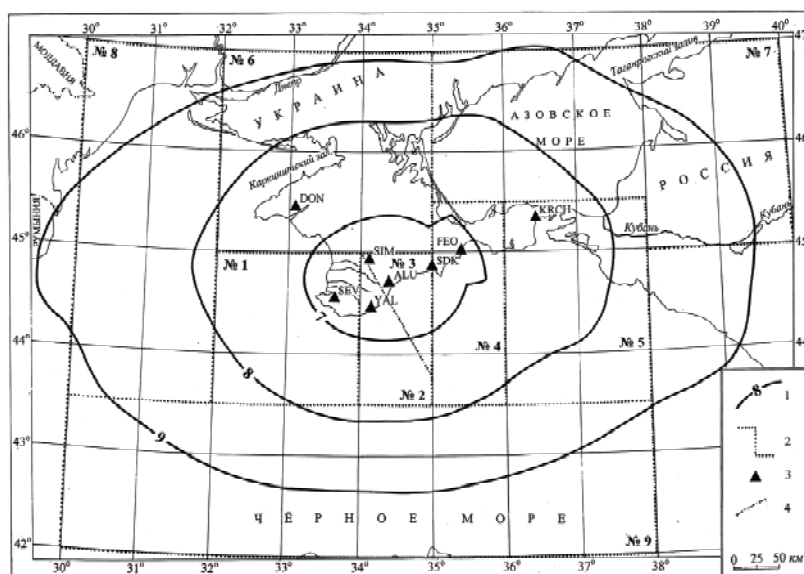


Рис. 2. Карта энергетической представительности K_{min} землетрясений Крыма за 2001 г.

1 – изолиния K_{min} ; 2 – граница района; 3 – сейсмическая станция; 4 – государственная граница.

Общее число зарегистрированных в 2001 г. землетрясений составило 76 в диапазоне классов $K_{II}=4.2-11.6$, однако координаты эпицентров и другие параметры определены лишь для 65 из них [9]. Минимальный энергетический класс $K_{II}=4.2$ характеризует землетрясение 19 ноября в 08^h55^m с координатами $\varphi=44.48^\circ N$, $\lambda=34.14^\circ E$ непосредственно вблизи станции «Ялта» ($\varphi=44.48^\circ N$, $\lambda=34.15^\circ E$ в табл. 1), максимальный класс $K_{II}=11.6$ имеет землетрясение 4 марта в 23^h31^m на территории Черноморской впадины. Ощутимым было лишь землетрясение 18 октября в 17^h28^m с $K_{II}=8.9$ в Керченско-Анапском районе, вызвавшее сотрясения с интенсивностью 2–3 балла [10] в Анапе. Карта эпицентров всех землетрясений представлена на рис. 3, а их распределение по девяти районам Крыма – в табл. 4.

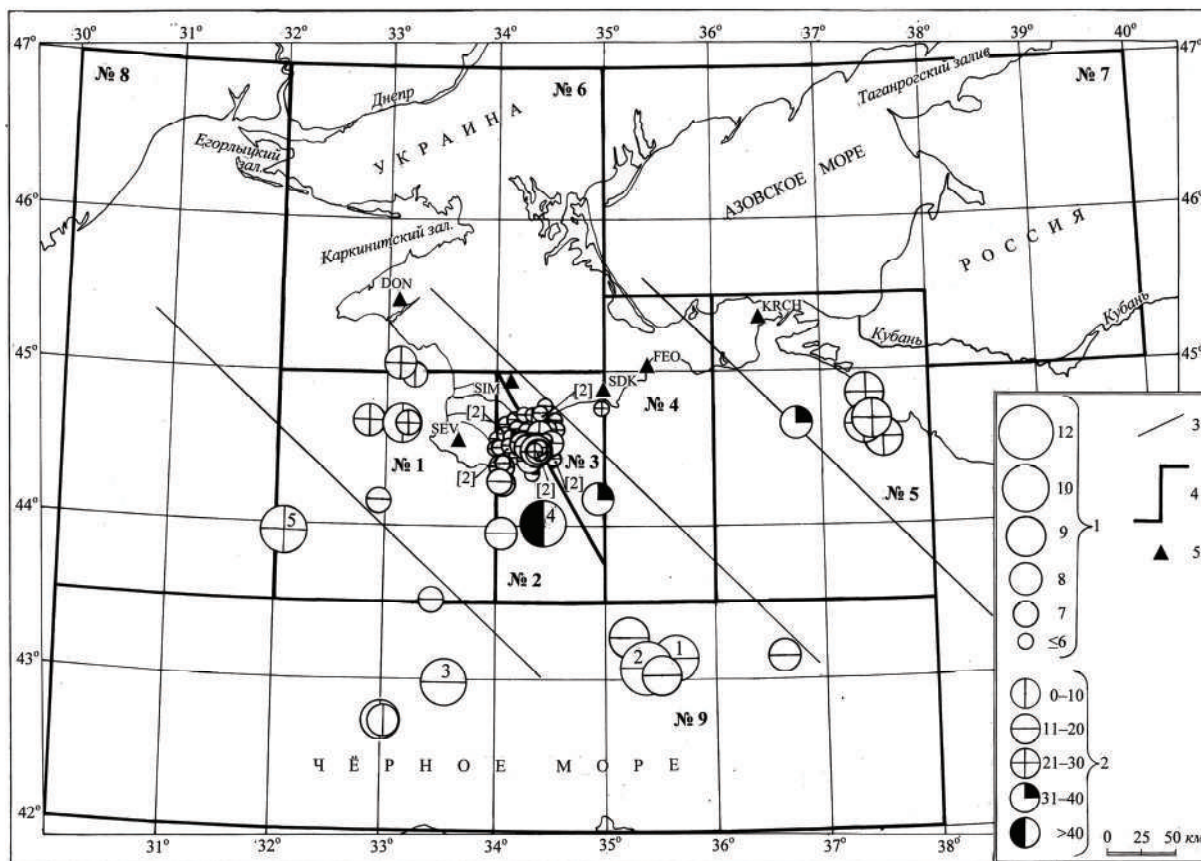


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Крымского региона за 2001 г.

1 – энергетический класс K_{II} ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – граница эпицентральной области землетрясений; 4 – граница района; 5 – сейсмическая станция. (Цифры в кружках соответствуют номерам землетрясений в графе 1 каталога [9]).

Таблица 4. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_{II} и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам за 2001 г.

№	Район	K_{II}										ΣN	$\Sigma E \cdot 10^9$, Дж
		4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	Севастопольский				2	1	1	1				5	5.655
2	Ялтинский	2	4	13	9	2		1			31	31.842	
3	Алуштинский		2	9	2	1					14	0.097	
4	Судакский											–	–
5	Керченско-Анапский					1	4				5	5.763	
6	Степной Крым					1					1	0.251	
7	Азово-Кубанский										–	–	
8	Северо-Западный										–	–	
9	Черноморская впадина				1	2	3	2		1	9	438.922	
	Всего	2	6	22	14	8	8	3	4	0	65	482.530	

Общее количество высвобожденной в очагах сейсмической энергии составило $\Sigma E=482.53 \cdot 10^9$ Дж. Сравнение числа землетрясений и суммарной сейсмической энергии за 2001 г. с аналогичными показателями за предыдущие десять лет (табл. 5) показывает почти точное совпадение значения суммарной энергии за 2001 г. со среднегодовым за десять лет ($\Sigma E=483.914 \cdot 10^9$ Дж). Но если сравнивать параметры N_{Σ} и ΣE за 2001 г. с таковыми за 2000 г., то очевидно увеличение, как числа землетрясений, так и энергии. Данные табл. 5 удобно использовать для построения графика повторяемости землетрясений за 2001 г. и предыдущие десять лет (рис. 4).

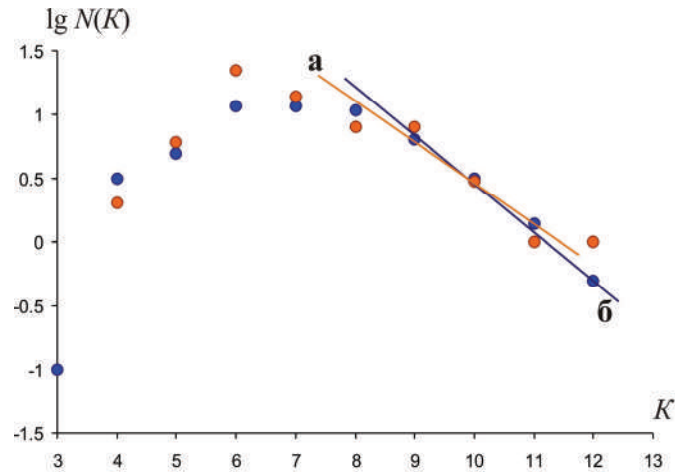


Рис. 4. Графики повторяемости землетрясений Крыма за 2001 (а) и 1991–2000 гг. (б)

Из графиков следует, что как в 2001 г., так и в 1991–2000 гг. представительными в регионе в целом можно считать землетрясения лишь с $K_{\Pi} \geq 8$, что собственно подтверждает карту K_{\min} на рис. 2. Не совсем понятны, однако, крайне низкие значения наклонов графиков в уравнениях (1, 2):

$$\lg N = (2.99 \pm 0.34) - (0.25 \pm 0.04) K_{\Pi} \text{ за 2001 г.}, \quad (1)$$

$$\lg N = (3.78 \pm 0.24) - (0.33 \pm 0.02) K_{\Pi} \text{ за 1991–2001 гг.}, \quad (2)$$

соответственно, равные $\gamma = -0.25$ и $\gamma = -0.33$ что, в общем-то, может быть связано с системой классификации землетрясений.

Таблица 5. Годовые и средние числа землетрясений разных классов и суммарной энергии за 1991–2001 гг.

Год	K_{Π}										ΣN	$\Sigma E \cdot 10^9$, Дж	Источник
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1991	–	–	4	16	10	11	4	3	1		49	272.91	[11]
1992	–	–	3	15	15	17	14	6	4	2	76	1861.72	[11]
1993	–	1	5	11	9	6	6	2	–	–	40	21.109	[12]
1994	1	23	22	13	5	14	3	–	–	–	81	4.345	[13]
1995	–	4	4	12	13	9	2	–	1	–	45	42.326	[14]
1996	–	–	5	8	12	16	5	3	–	–	49	33.904	[15]
1997	–	–	1	7	8	5	5	5	1	2	31	904.407	[16]
1998	–	–	1	15	28	13	11	7	3	1	79	1310.927	[7]
1999	–	–	3	6	7	12	10	4	3	–	45	321.380	[17]
2000	–	4	2	13	8	6	4	2	1	–	39	66.109	[1]
Среднее	0.1	3.2	5.0	11.6	11.5	10.9	6.4	3.2	1.4	0.5	53.8	483.914	
2001	–	2	6	22	14	8	8	3	1	1	65	482.530	

Рассмотрим сейсмичность каждого из девяти районов более детально.

Наиболее активным в 2001 г. по уровню высвобожденной сейсмической энергии явился район **Черноморской впадины (№ 9)**, где 4 марта в 23^h31^m произошло самое сильное земле-

трясение года с $K_{II}=11.6$. Его очаг приурочен к области Центрально-черноморского поднятия с мощностью земной коры в этом районе до 30 км [18]. Оно имело один предваряющий и два последующих толчка (табл. 6), которые, однако, нельзя назвать форшоком и афтершоками из-за растянутости процесса во времени, но можно определить всю эту серию как группу толчков, поскольку их очаги близки и расположены практически на одной глубине.

Таблица 6. Основные параметры группы землетрясений в районе № 9

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	M_c	M_w	K_{II}
			φ°, N	λ°, E				
Предваряющее событие								
1	03.01	12 25 34.6	43.12	35.64	18	3.1	4.4	10.1
Основной толчок								
	04.03	23 31 01.2	43.06	35.37	20	4.0	4.4	11.6
Последующие события								
1	12.03	21 21 33.0	43.02	35.51	19			9.0
2	23.05	16 14 33.0	43.25	35.22	19			9.0

Согласно [19], для основного толчка получено два близких варианта решения механизма очага по данным агентств MED и ZUR (табл. 7).

Таблица 7. Параметры механизма очага землетрясения 4 марта в 23^h31^m с $K_{II}=11.6$ (метод ТМ)

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	M_w	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
					T		N		P		$NP1$			$NP2$		
					PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$
MED	04.03	23 31 04.2	16	5.0	67	195	17	331	15	66	178	34	121	322	62	71
ZUR	04.03	23 31 03	15	4.5	71	192	17	342	9	74	330	56	69	184	39	118

По решению MED нодальная плоскость $NP1$ имеет меридиональное простирание ($AZM=178^\circ$) (рис. 5). Подвижка по ней – типа надвиг, с компонентами правостороннего сдвига. Плоскость $NP2$ имеет северо-западное простирание ($AZM=322^\circ$), подвижка – типа взброс, с компонентами левостороннего сдвига. Согласно ZUR, плоскость $NP1$ имеет северо-западное простирание ($AZM=330^\circ$), со взбросовой подвижкой с компонентами левостороннего сдвига, а по меридиональной плоскости $NP2$ ($AZM=184^\circ$) – надвиг с компонентами правостороннего сдвига. Заметим, что плоскость $NP2$ решения ZUR соответствует плоскости $NP1$ решения MED, и наоборот (табл. 7).

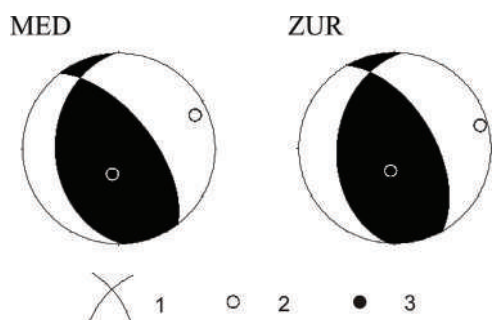


Рис. 5. Механизм очага землетрясения 4 марта в 23^h31^m (нижняя полусфера) по данным агентств MED и ZUR

1 – нодальные линии; 2 и 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернена область волн сжатия.

Ялтинский район (№ 2) характеризуется наибольшим числом ($N=31$) землетрясений с $K_{II}=4.2-10.5$ (табл. 4). Большая их часть локализована в прибрежной полосе на расстояниях 1–26 км. И лишь два землетрясения (29 июля в 22^h30^m с $K_{II}=10.5$ и 11 декабря в 00^h55^m с $K_{II}=7.9$) удалены от берега на 58–60 км. Особый интерес представляет рой из 14 слабых толчков (21% от общего числа землетрясений за год), произошедший 8 марта с 19^h31^m по 22^h41^m (табл. 8). Самый слабый толчок в рое имеет $K_{II}=5.1$, наиболее сильных, с почти равной энергией ($K_{II}=7.1$ и 7.2) – два. Все события роя достаточно глубокие с $h=15-22$ км.

Таблица 8. Список землетрясений Ялтинского роя 8 марта 2001 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , м	K_{II}
			φ° , N	λ° , E		
1	08.03	19 31 42.8	44.48	34.41	16	5.5
2	08.03	19 44 36.5	44.48	34.41	16	4.6
3	08.03	20 07 27.8	44.49	34.41	17	5.6
4	08.03	20 11 33.6	44.50	34.40	18	5.8
5	08.03	20 11 47.0	44.49	34.39	19	7.1
6	08.03	20 12 19.7	44.49	34.36	22	4.4
7	08.03	20 12 26.8	44.49	34.36	22	6.4
8	08.03	20 12 34.0	44.48	34.41	15	6.8
9	08.03	20 13 03.9	44.47	34.41	16	6.3
10	08.03	20 13 23.1	44.49	34.39	19	5.4
11	08.03	20 14 23.1	44.49	34.39	19	5.1
12	08.03	20 20 40.8	44.51	34.36	16	7.2
13	08.03	20 20 57.8	44.51	34.36	16	6.0
14	08.03	22 41 36.4	44.47	34.43	16	5.9

Алуштинский район (№3) по числу зарегистрированных землетрясений ($N=14$) следует после Ялтинского, однако величина суммарной энергии в Алуштинском районе составила всего лишь $\Sigma E=0.097 \cdot 10^9$ Дж против $\Sigma E=31.842 \cdot 10^9$ Дж в Ялтинском. Все 14 землетрясений в диапазоне $K_{II}=4.5-7.8$ зарегистрированы с эпицентрными расстояниями 5–27 км от станции «Алушта». Максимальный класс $K_{II}=7.8$ имеет землетрясение, произошедшее 14 сентября в 17^h07^m [9].

Остальные районы характеризуются весьма низким уровнем сейсмичности, как по числу землетрясений, так и по суммарной энергии (табл. 4). В **Севастопольском районе (№ 1)** произошло пять землетрясений с энергетическими классами $K_{II}=6.8-9.6$ [9]. Эпицентр самого сильного из них (11 декабря в 04^h38^m) находится в 142 км от Севастополя, остальные – вблизи него, в прибрежной полосе. **Судакско-Феодосийский район (№ 4)** отличается редкими землетрясениями. В 2001 г. здесь отмечено пять слабых толчков, которые, однако, локализовать не удалось, т.к. они записаны одной станцией «Судак». В **Керченско-Анапском районе (№ 5)** зарегистрированы четыре землетрясения 9-го класса (22 января в 12^h55^m с $K_{II}=9.4$, 28 мая в 02^h56^m с $K_{II}=8.6$, 28 сентября в 12^h50^m с $K_{II}=9.3$, 18 октября в 17^h28^m с $K_{II}=8.9$) и одно – 8-го класса (3 мая в 02^h17^m с $K_{II}=7.8$). Одно из них (18 октября), как отмечено выше, явилось единственным ощутимым землетрясением [9]. К **Степному Крыму** (район **№ 6**) формально отнесено землетрясение 6 ноября в 04^h12^m с $K_{II}=8.4$, хотя его эпицентр находится в акватории Черного моря, фактически ближе к Севастопольской группе очагов. В **Азово-Кубанском районе (№ 7)** произошли три землетрясения за пределами $\lambda=39^\circ$, на территории Северного Кавказа. Надежно локализовать их эпицентры, по данным сети Крыма, невозможно, поэтому они не включены в каталог региона. Эти события включены в каталог Северного Кавказа [20]. В **Северо-Западном районе (№ 8)** отмечено полное сейсмическое затишье.

В то же время, рассматривая поле эпицентров землетрясений Крыма за 2001 г. в целом (рис. 2), без дробления его по районам, можно выделить две полосы повышенной их плотности северо-западной ориентации: первая из них объединяет практически все эпицентры четырех районов № 1–3, 9; вторая вытянута вдоль Кавказского побережья Черного моря и включает все эпицентры северо-восточной части района № 5, локализованные с близкими координатами в прибрежных водах вблизи Анапы. Пространство между этими двумя полосами, куда входят части районов № 3–6, в 2001 г. совершенно асейсмично.

Завершая обзор сейсмичности Крыма в 2001 г., остановимся, как в обзорах за 1997–2000 гг. [1, 7, 16, 17], на анализе графиков распределения высвобожденной сейсмической энергии по отдельным районам, пролонгированных до 2001 г. Они изображены на рис. 6.

Как видим, по-прежнему наблюдается четкий квазисинусоидальный режим выделения сейсмической энергии во втором (Ялтинском) районе, где ярко выражены перепады максимумов и минимумов с периодом около пяти лет. В первом (Севастопольском) районе выделение энергии происходит с задержкой на один год относительно второго (Ялтинского), но практически

по тому же закону. Синфазно со вторым ведет себя и девятый район (Черноморская впадина). В то же время сейсмический процесс в пятом (Керченско-Анапском) районе является зеркальным отражением процесса в девятом: периоды наибольшей активности в одном районе точно соответствуют периодам наименьшей активности в другом, и наоборот. Процессы в третьем (Алуштинском) и четвертом (Судакско-Феодосийском) районах, по сравнению со всеми другими, невыразительны, к тому же в четвертом районе имеет место разрыв графика в 1996–1997 гг., когда землетрясения с $K_T \geq 4$ не регистрировались вовсе.

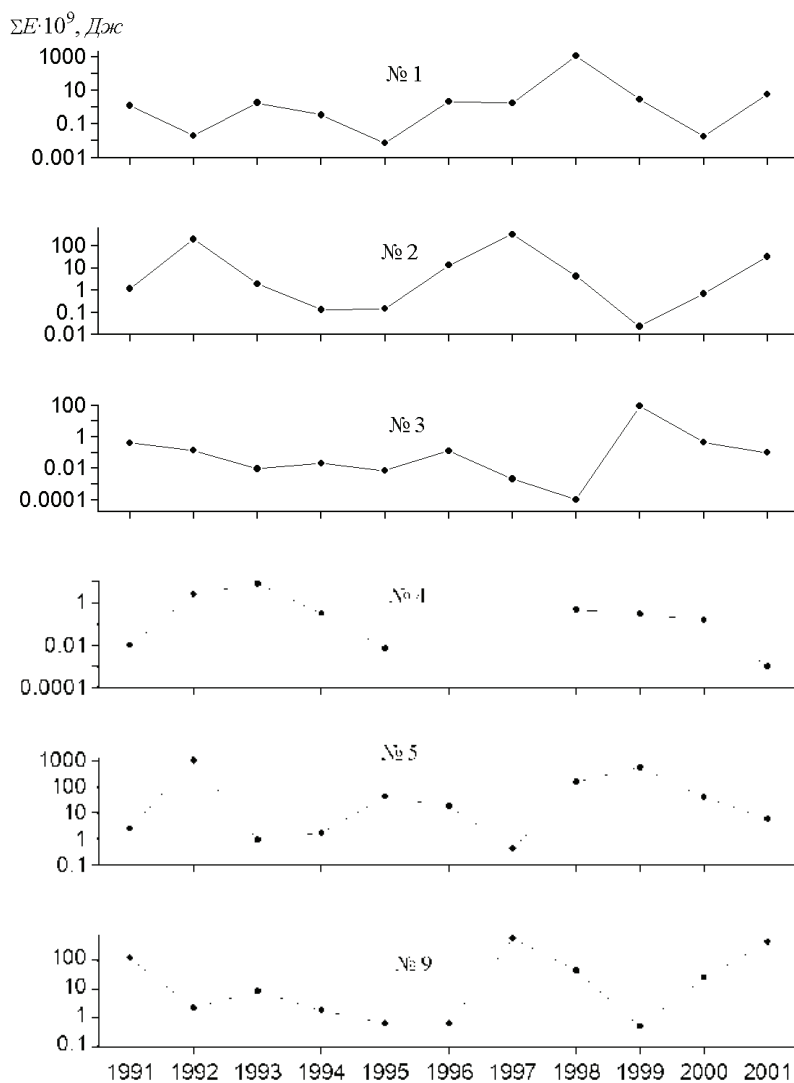


Рис. 6. Графики выделения сейсмической энергии по отдельным районам за 1991–2001 гг.

Описанные закономерности можно попытаться объяснить, привлекая схему с элементами разломной тектоники в пределах исследуемого региона (рис. 7) в интерпретации В.Б. Соллогуба с соавторами [21].

На этой схеме среди прочих разломов имеются глубинные разломы раннепротерозойского возраста северо-западной ориентации. И если в качестве рабочей гипотезы принять именно их заметное влияние на формирование сейсмического поля эпицентров землетрясений Крыма, то становится понятной синфазность выделения энергии в районах № 1, 2, 9, поскольку эти три района принадлежат одной разломной структуре. В то же время становится понятной и противофазность в выделении энергии в районах № 5 и № 9, ибо указанные районы лежат в разных, но соседних разломных структурах, которые работают в противофазе. Такие явления известны. В частности, они были выявлены В.К. Кулагиным [22] для разломных структур Южного Тянь-Шаня при сопоставлении сейсмичности двух параллельных разломных зон – Илякско-Вахшской и Гиссаро-Кокшаальской.

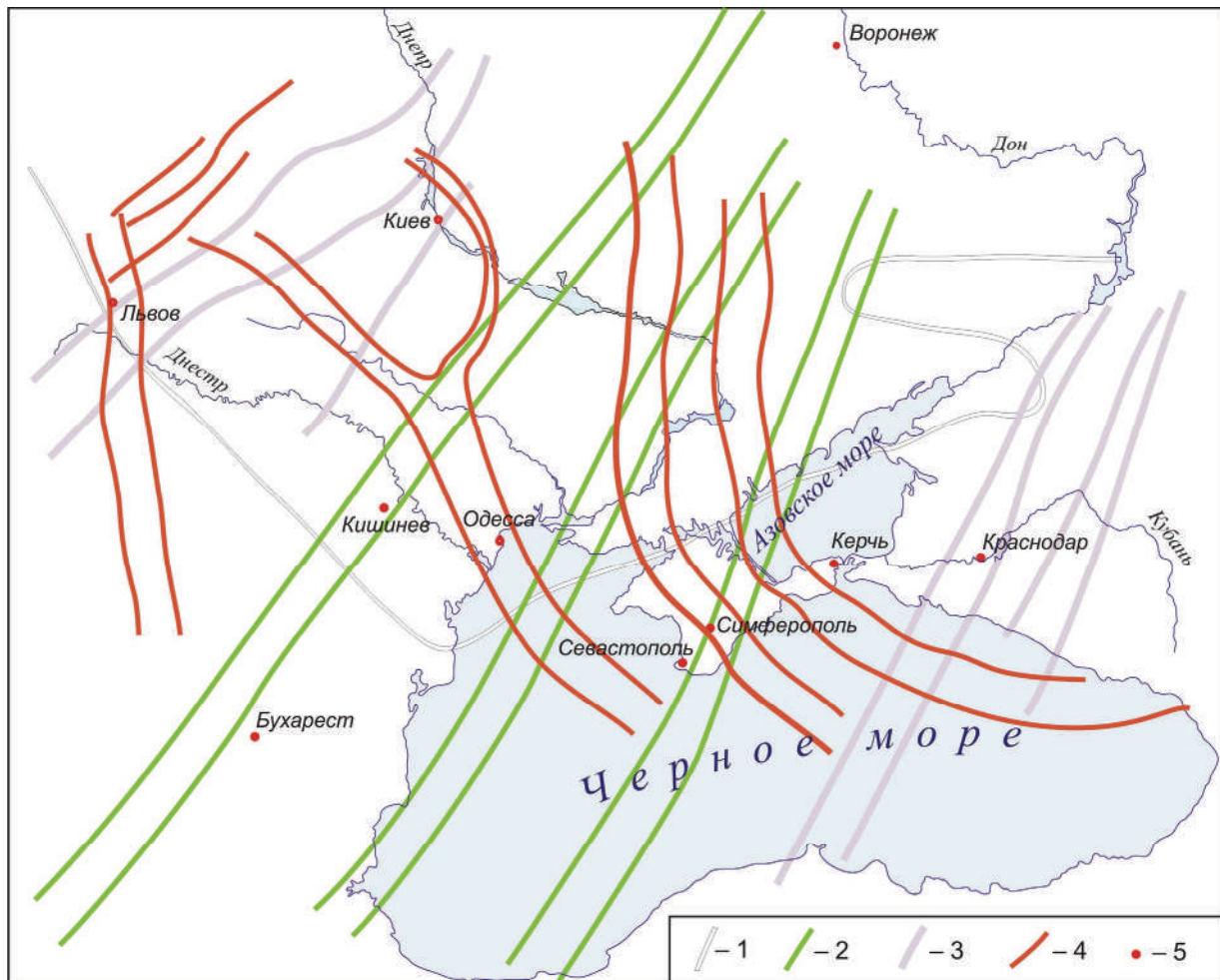


Рис. 7. Схема разломов в пределах Украины (фрагмент рис. 50 из [21])

1 – граница Восточно-Европейской платформы; 2 – мантийный глубинный разлом северо-восточного простирания; 3 – глубинный разлом северо-восточного направления; 4 – глубинный разлом раннепротерозойского возраста; 5 – населенный пункт.

Л и т е р а т у р а

1. Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А., Пустовитенко А.А., Поречнова Е.И., Сыччина З.Н. Крым // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 58–63.
2. Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А. Сейсмичность Крыма в 2000 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2000 год. – Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС ОСОПЗ, 2002. – С. 6–10.
3. Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А. Сейсмичность Крыма в 2001 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2000 год. – Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС ОСОПЗ, 2003. – С. 6–12.
4. Кульчицкий В.Е., Сафонова Г.П. Алгоритм и программа расчета координат очагов местных землетрясений // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым–Карпаты, 1980 г.). – Киев: Наукова думка, 1984. – С. 100–111.
5. Кульчицкий В.Е., Сафонова Г.П., Свидлова В.А. Годографы сейсмических волн Крымско-Черноморского региона // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым–Карпаты, 1983 г.). – Киев, Наукова думка, 1986. – С. 94–103.
6. Пустовитенко Б.Г., Свидлова В.А. Энергетическая классификация местных землетрясений Крыма по записям сейсмической коды на сейсмостанции «Судак» // Сейсмологический бюллетень Украины за 1998 год. – Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС ОСОПЗ, 2000. – С. 81–89.
7. Пустовитенко А.Н., Пустовитенко Б.Г., Поречнова Е.И., Свидлова В.А., Сыччина З.Н. Крым // Землетрясения Северной Евразии в 1998 году. – Обнинск: ГС РАН, 2004. – С. 36–44.

8. **Кульчицкий В.Е.** Оценка областей представительности землетрясений для сети сейсмических станций Крыма (опыт эксплуатации математической компьютерной системы MATHCAD) // Сейсмологический бюллетень Украины за 2000 г. – Симферополь: ИГ НАНУ, 2002. – С. 64–68.
9. **Свидлова В.А., Сыкчина З.Н. (отв. сост.)**. Крым. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
10. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага)**. Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
11. **Пантелеева Т.А.** Землетрясения Крыма // Землетрясения Северной Евразии в 1992 году. – М.: ГС РАН, 1997. – С. 16–18.
12. **Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А., Сыкчина З.Н.** Землетрясения Крыма // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 15–19.
13. **Свидлова В.А.** Крым // Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. – М.: ГС РАН, 2000. – С. 9–11.
14. **Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А., Сыкчина З.Н., Поречнова Е.И.** Крым // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 15–19.
15. **Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А., Пустовитенко А.А., Поречнова Е.И., Сыкчина З.Н.** Крым // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ГС РАН, 2002. – С. 18–22.
16. **Пустовитенко А.Н., Пустовитенко Б.Г., Свидлова В.А., Поречнова Е.И., Сыкчина З.Н.** Крым // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 33–41.
17. **Пустовитенко А.Н., Поречнова Е.И., Пустовитенко А.А., Свидлова В.А., Сыкчина З.Н.** Крым // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 52–59.
18. **Геофизические параметры литосферы южного сектора Альпийского орогена** (Под ред. Б.С. Вольвовского, В.И. Старостенко). – Киев: Наукова думка, 1996. – 214 с.
19. **Пустовитенко А.А. (сост.)**. Крым. (См. раздел VII (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).
20. **Габсатарова И.П., Амиров С.Р. (отв. сост.), Селиванова Е.А., Девяткина Л.В., Иванова Л.Е., Мусалаева З.А., Гамидова А.М., Сагателова Е.Ю., Абдуллаева А.Р.** Северный Кавказ. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
21. **Соллогуб В.Б.** Неоднородности литосферы по данным сейсмических исследований // Литосфера Центральной и Восточной Европы: Восточно-Европейская платформа. – Киев: Наукова думка, 1989. – С. 139–147.
22. **Кулагин В.К.** Строение земной коры Вахшского района Таджикской ССР по сейсмическим данным. Канд. дис. – Иркутск: Фонды Иркутского Гос. Ун-та, 1970. – 150 с.