

**КРЫМ****А.Н. Пустовитенко, В.А. Свидлова**Отдел сейсмологии Института геофизики НАН Украины, г. Симферополь, [silver@mail.strace.net](mailto:silver@mail.strace.net)

В 2003 г. в Крымской сети работали семь стационарных сейсмических станций (табл. 1). На сейсмических станциях «Симферополь» и «Ялта» продолжалась непрерывная регистрация как стандартной аналоговой, так и цифровой аппаратурой SDAS (Seismic digital acquisition station) российского производства, изготовленной фирмой «Геотех+» (г. Обнинск), с использованием сейсмометров СМЗ-ОС [1].

Обработка полученных материалов наблюдений выполнялась по программе WSG 4.5 и WSG 4.994 [2]. В октябре 2003 г. сигналы точного времени (СТВ) радиостанции «Маяк» стали поступать на Украину не с релейных наземных линий, а непосредственно со спутника с отставанием от «Проминя» примерно на 3 с. Для сохранения внутренней сходимости результатов наблюдений все сейсмические станции Крыма были переведены на прием СТВ радио «Проминь». В результате дополнительные сведения с зарубежных станций «Анапа», «Сочи», «Кисшинёв» и др. стали нуждаться в поправках времени для совместной обработки данных. По предыдущим многолетним наблюдениям было установлено, что при одинаковом способе передачи по релейным линиям сигнал точного времени радио «Проминь» отстает от сигнала «Маяка» на 0.3–0.4 с. Все это говорит о необходимости срочного перехода всех аналоговых станций на единое мировое время.

**Таблица 1.** Сейсмические станции Крыма (в хронологии их открытия), работавшие в 2003 г.

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Принадлежность
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h <sub>y</sub> , 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	– «–

Параметры этих станций (табл. 2), по сравнению с таковыми в [3], претерпели незначительные изменения.

**Таблица 2.** Параметры сейсмографов, основных и заглубленных каналов регистрации, на аналоговых станциях Крыма в 2003 г.

№	Название станции	Тип прибора	Компоненты	T <sub>ss</sub> , с	D <sub>s</sub>	T <sub>gs</sub> , с	D <sub>g</sub>	σ <sup>2</sup>	V <sub>max</sub>	T <sub>max</sub> , с	Скорость развертки, мм/мин
1	Симферополь	СХ	N, E	1.00	0.70	0.360	3.00	0.2200	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	3.30·10 <sup>-3</sup>	500	0.05–0.80	360
			E	0.92	0.52	0.097	11.10	3.20·10 <sup>-3</sup>	500	0.05–0.80	360
			Z	0.97	0.60	0.096	14.50	3.50·10 <sup>-3</sup>	500	0.05–0.80	360

№	Название станции	Тип прибора	Компоненты	$T_s, c$	$D_s$	$T_g, c$	$D_g$	$\sigma^2$	$V_{max}$	$T_{max}, c$	Скорость развертки, мм/мин
		СД-1	N	25.00	1.00	103	0.50	0.1730	700	20.0–50	15
			E	25.00	1.00	95	0.54	0.1480	700	20.0–50	15
			Z	25.00	1.00	81.0	0.46	0.1830	1000	20.0–50	15
2	Севастополь	СКМ-3	N	0.89	0.625	0.280	2.40	0.0600	20000	0.10–0.70	60
			E	0.94	0.625	0.280	2.40	0.0470	20000	0.10–0.70	60
			Z	0.96	0.625	0.280	2.40	0.0600	20000	0.10–0.70	60
3	Ялта	СХ	N, E	0.75	0.70	0.290	2.00	0.1900	20000	0.20–0.60	60
			Z	0.72	0.70	0.290	1.80	0.1580	20000	0.20–0.55	60
		СХ, КПЧ	N	0.67	0.53	0.250	2.30	$4.6 \cdot 10^{-3}$	1000	0.10–0.60	60
			E	0.66	0.55	0.130	4.40	$1.84 \cdot 10^{-2}$	1000	0.10–0.60	60
			Z	0.65	0.57	0.255	2.10	$4.1 \cdot 10^{-3}$	1000	0.10–0.60	60
4	Алушта	СХ	N	0.752	0.74	0.220	1.70	0.2500	20000	0.20–0.50	60
			E	0.744	0.73	0.220	1.70	0.0355	20000	0.20–0.50	60
		СГКМ-3	Z	0.76	0.74	0.225	1.70	0.1210	20000	0.20–0.50	60
		СХ-КПЧ	N	0.60	0.546	0.190	2.00	$8.9 \cdot 10^{-4}$	1000	0.10–0.50	120
			E	0.71	0.70	0.190	2.00	$4.0 \cdot 10^{-4}$	2000	0.20–0.40	120
Z	0.66	0.62	0.200	1.90	$8.2 \cdot 10^{-4}$	1000	0.20–0.50	120			
5	Судак	СКМ-3	N	1.00	0.70	0.270	1.77	$1.57 \cdot 10^{-2}$	20000	0.19–0.55	60
			E	1.00	0.7	0.270	1.80	$1.87 \cdot 10^{-2}$	20000	0.15–0.55	60
			Z	1.00	0.7	0.260	1.80	$1.95 \cdot 10^{-2}$	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	N	1.00	0.70	0.390	3.60	0.0430	10000	0.10–0.70	60
			E	0.97	0.70	0.400	3.60	0.0380	10000	0.10–0.70	60
		СКМ-3	Z	0.97	0.70	0.400	3.60	0.0170	10000	0.10–0.70	60
7	Керчь	УСФ	N	0.65	0.64	0.225	2.00	0.0290	10000	0.10–0.50	60
			E	0.56	0.60	0.310	1.83	0.0830	10000	0.10–0.50	60
			Z	0.80	0.78	0.313	1.45	0.0188	5000	0.10–0.50	60

Цифровые станции «Ялта» и «Симферополь», принадлежащие Крымскому экспертному совету по оценке сейсмической опасности, работают с июля 2000 г. Датчики цифровых каналов регистрации установлены на тех же постаментов, что и аналоговых. Коэффициенты увеличений каналов ВН и ЕН цифровых станций (табл. 3) были рассчитаны в 2001 г. и с тех пор не изменялись.

Таблица 3. Данные об аппаратуре цифровых станций Крыма по [4]

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, отсчет/(м/с)
Симферополь	SDAS+СКД	ВН (N, E, Z) v	0.01–4	20	16	$2.5 \cdot 10^8$
	SDAS+СМ-3	ЕН (N, E, Z) v	0.1–20	100	16	$1.9 \cdot 10^9$
Ялта	SDAS+СКД	ВН (N, E, Z) v	0.015–4	20	16	$3.3 \cdot 10^9$
	SDAS+СМ-3	ЕН (N, E, Z) v	0.2–20	100	16	$3.1 \cdot 10^9$

В 2003 г. сетью станций зарегистрировано 62 землетрясения с энергетическими классами  $K_{II}=4.4–10.5$ . Основные параметры землетрясений, для которых определены координаты гипоцентра, представлены в каталоге [5]. На карте (рис. 1) нанесены эпицентры землетрясений с  $K_{II}>6.5$ .

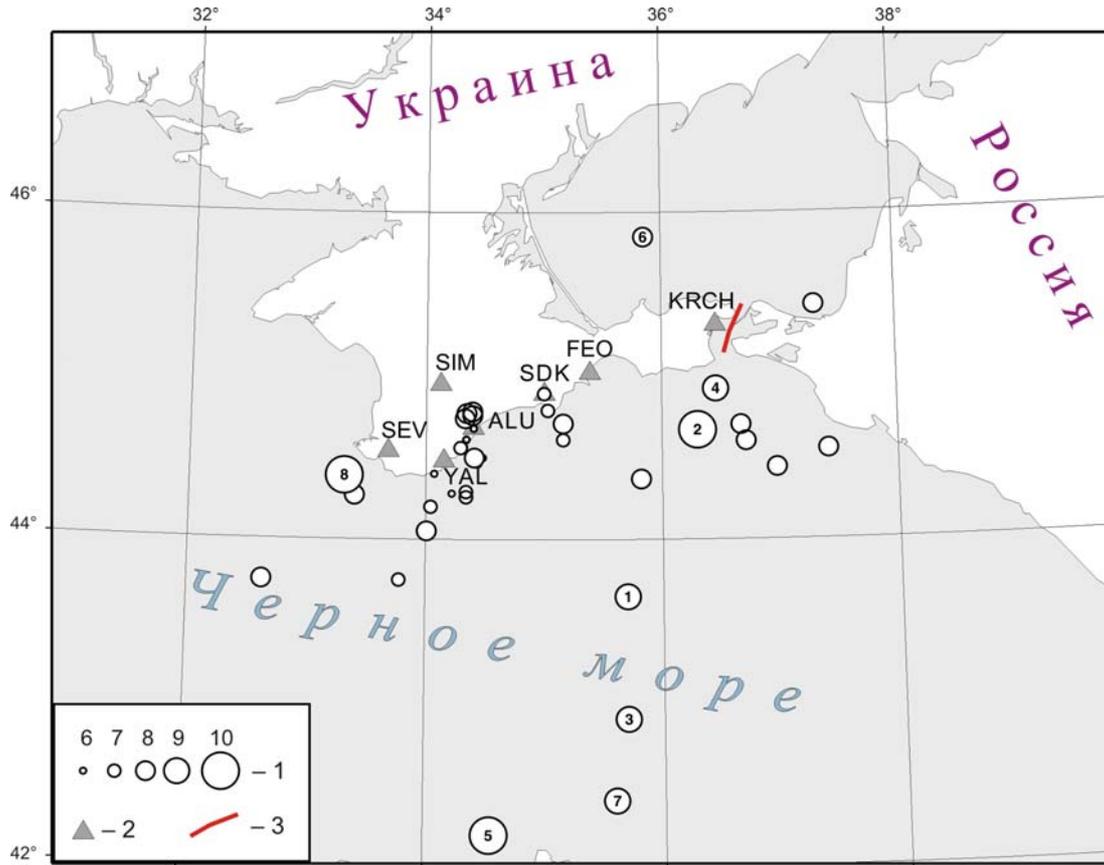


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Крымского региона за 2003 г.

1 – энергетический класс  $K_{II}$ ; 2 – сейсмическая станция; 3 – государственная граница.

Распределение числа землетрясений и суммарной выделившейся энергии за 2003 г. по девяти районам региона представлено в табл. 4, откуда следует, что суммарные за год характеристики уровня сейсмичности составили:  $N_{\Sigma}=62$  и  $\Sigma E=4.6 \cdot 10^{10}$  Дж.

Таблица 4. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_{II}$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  по районам за 2003 г.

№	Район	$K_{II}$									$N_{\Sigma}$	$\Sigma E,$ $10^9$ Дж
		4	5	6	7	8	9	10	11			
1	Севастопольский			1	1	2					5	4.253
2	Ялтинский			5	4	2					11	0.193
3	Алуштинский	1	11	10	3	4					29	0.514
4	Судакский				3	2	1				6	0.808
5	Керченско-Анапский					5	1	1			7	5.676
6	Степной Крым											0
7	Азово-Кубанский						1				1	0.316
8	Северо-Западный											0
9	Черноморская впадина						2		1		3	34.533
	Всего	1	11	16	11	15	5	2	1		62	46.293

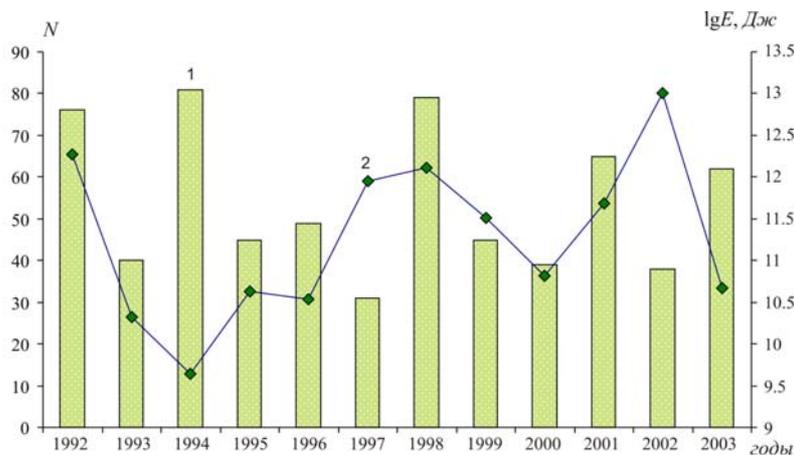
В сравнении с аналогичными показателями за 2002 г. ( $N_{\Sigma}=38$  и  $\Sigma E \sim 1 \cdot 10^{13}$  Дж [3]) видно, что число землетрясений увеличилось в 1.6 раза, но уровень выделившейся в их очагах суммарной энергии почти на три порядка ниже. Основной вклад в высокий уровень сейсмической энергии в 2002 г. был от Нижнекубанского-II землетрясения 09.10.2002 г. с  $M_w=5.5$  [6] в приграничной с Северным Кавказом зоне, причем уровень сейсмической энергии в 2002 г. – наивысший за период с 1992 г. (табл. 5, рис. 2).

**Таблица 5.** Распределение числа землетрясений по энергетическим классам  $K_{II}$  и суммарная сейсмическая энергия  $\Sigma E$  Крыма за 1992–2003 гг.

№	$K_{II}$										$N_{\Sigma}$	$\Sigma E,$ $10^9 \text{ Дж}$
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
1992		3	15	15	17	14	6	4	2		76	1861.72
1993	1	5	11	9	6	6	2				40	21.109
1994	23	22	13	5	13	4					81	4.345
1995	4	4	12	13	9	2		1			45	42.326
1996		5	8	12	16	5	3				49	33.904
1997		1	7	8	5	5	5	1	2		31	904.407
1998		1	15	28	13	11	7	3	1		79	1310.927
1999		3	6	7	12	10	4	3			45	321.38
2000	3	2	13	8	6	4	2	1			39	66.109
2001	2	6	22	14	8	8	3	4			65	482.53
2002	1	7	9	10	4	6				1	38	10006.063
2003	1	11	16	11	15	5	2	1			62	46.293
Сумма	35	70	147	140	124	80	34	18	5	1	650	15101.11
Среднее	2.917	5.83	12.3	12	10	6.7	2.8	1.5	0.4	0.08	54	1258.42

Примечание. Таблица создана *ред.* по публикациям [3, 4, 7–15].

Среднее годовое число землетрясений в Крыму за 1992–2003 гг. составило  $N_{\Sigma}=54$  и, следовательно, наблюдаемое в 2003 г. число землетрясений несколько выше среднего. Но землетрясение класса  $K_{II}=13$  лишь одно, которое повысило средний уровень энергии до величины  $\sim 1258 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ , превышенной лишь в 1992 и 1998 гг. (табл. 5).



**Рис. 2.** Распределение числа землетрясений  $N$  (1) и суммарной выделившейся энергии  $\Sigma E$  (2) по годам за 12 лет

Рассмотрим особенности проявления сейсмичности по отдельным районам региона. В **Севастопольском районе (№ 1)** наблюдалось пять землетрясений с  $K_{II}=6.1–9.6$ , их суммарная сейсмическая энергия достигла значения  $4.2 \cdot 10^9 \text{ Дж}$  (табл. 4, рис. 3). Максимальное землетрясение с  $K_{II}=9.6$  реализовалось 21 октября в  $12^{\text{h}}50^{\text{m}}$  на глубине  $h=13 \text{ км}$ , минимальное с  $K_{II}=6.1$  – 25 октября в  $23^{\text{h}}29^{\text{m}}$  в непосредственной близости от максимального, но на большей глубине  $h=22 \text{ км}$  [5]. Его возможно считать афтершоком.

В **Ялтинском районе (№ 2)** отмечено 11 слабых землетрясений с  $K_{II}=5.8–8.0$ . Суммарная энергия, выделившаяся в их очагах, составила  $0.2 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ . Среди них особо следует отметить компактную по времени и пространству группу из трех толчков близкой энергии, возникших 26 мая в  $17^{\text{h}}31^{\text{m}}$ ,  $17^{\text{h}}33^{\text{m}}$ ,  $17^{\text{h}}50^{\text{m}}$  с  $K_{II}=6.3, 5.8$  и  $6.1$  соответственно [5]. Эпицентры почти всех землетрясений сгруппированы в прибрежной полосе на расстояниях 11–29 км от станции, лишь один удален на 50 км.

Наибольшее число событий 47% от общего числа в регионе произошло в **Алуштинском районе (№ 3)**. Однако их суммарная сейсмическая энергия невелика и составляет  $0.5 \cdot 10^9$  Дж (табл. 4). Интервал энергетических классов 29-ти землетрясений района от  $K_{II}=4.4$  до 8.4. Эпицентры 21 из них относятся к так называемой Демерджинской группе очагов на суше, локализованных на значительных глубинах  $h=15-21$  км на небольшой площади ( $\varphi=44.74-44.78^\circ N$ ,  $\lambda=34.32-34.39^\circ E$ ) с 19 по 29 декабря [5].

Сейсмическая активность в **Судакском районе (№ 4)** сохраняется на среднем уровне. Здесь зарегистрировано шесть землетрясений с  $K_{II}=6.6-8.8$ , причем четыре из них возникли в январе: 15-го в  $06^h42^m$  с  $K_{II}=8.8$ , 18-го в  $16^h02^m$  и  $23^h54^m$  с  $K_{II}=6.9$  и 7.4, 21-го в  $18^h58^m$  с  $K_{II}=7.6$ . Все они имели заглубленные гипоцентры:  $h=20, 28, 25$  и  $33$  км соответственно [5].

Вслед за упомянутым выше Нижнекубанским-II сильно ощутимым землетрясением 09.10.2002 г. с  $M_w=5.5$  [6] в **Керченско-Анапском районе (№ 5)** наблюдается довольно резкий спад сейсмической активности. Крымской сетью здесь локализовано семь землетрясений относительно высоких ( $K_{II}=7.9-9.6$ ) классов. Пространственное расположение эпицентров обычное, кроме одного в самой северной части района на границе с районом № 7.

В малоактивном **Азово-Кубанском районе (№ 7)** после двухлетнего перерыва 9 июля в  $14^h28^m$  зафиксировано одно землетрясение с  $K_{II}=8.5$  на глубине  $h=44$  км.

Максимум годовой сейсмической энергии региона, равный  $34.5 \cdot 10^9$  Дж, приходится на **район Черноморской впадины (№ 9)** и составляет 75% от суммарной величины энергии в регионе. Такая активность реализована тремя землетрясениями, произошедшими: 4 марта в  $06^h30^m$  с  $K_{II}=8.6$  и  $h=15$  км, 17 апреля в  $07^h09^m$  с  $K_{II}=10.5$  и  $h=33$  км, 4 августа в  $04^h12^m$  с  $K_{II}=9.4$  и  $h=33$  км [5].

Полное затишье сохраняется в **Степном (№ 6)** и **Северо-Западном (№ 8)** районах региона.

Распределение выделившейся энергии по районам за период с 1992 по 2003 гг. (рис. 3) пролонгирует выявленную с 1997 г. [12] закономерность о противофазном характере выделения энергии в районе № 5 по отношению к району № 9. Вероятные объяснения этого явления даны в работах [4, 16].

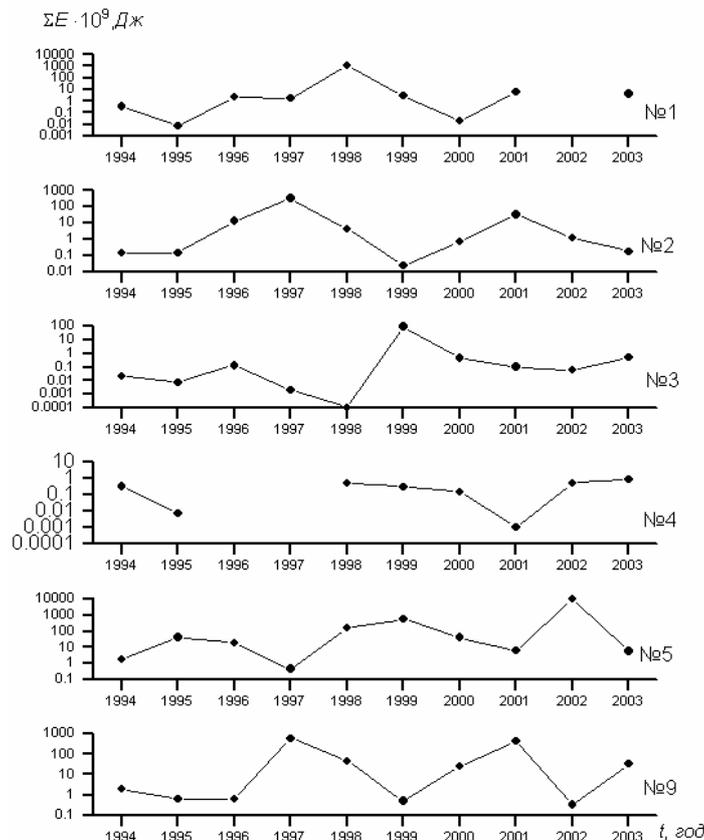


Рис. 3. Графики высвобождения энергии за последние 12 лет для некоторых районов Крымского региона

## Л и т е р а т у р а

1. Надёжка Л.И., Пивоваров С.П., Мехрюшев Д.Ю., Сафронич И.Н., Вторников Е.Ю. Региональная сеть сейсмических наблюдений на территории ВКМ // Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Книга 1. Землетрясения (гл. 4, 4.2.1.). – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – С. 293–296.
2. Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса обработки цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Материалы Международной сейсмологической школы, посвященной 100-летию открытия сейсмических станций «Пулково» и «Екатеринбург». – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.
3. Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А. Крым // Землетрясения Северной Евразии, 2002 г. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 73–79.
4. Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А., Пустовитенко А.А., Михайлова Р.С. Крым // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 64–73.
5. Свидлова В.А., Сыкчина З.Н., Козиненко Н.М. (отв. сост.). Каталог землетрясений Крыма за 2003 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. Габсатарова И.П., Чепкунас Л.С., Бабкова Е.А. Нижнекубанское-II землетрясение 9 ноября 2002 года с  $K_p=13.0$ ,  $M_w=5.5$ ,  $I_0=6$  (Северный Кавказ) // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН. 2008. – С. 357–379.
7. Пантелеева Т.А. Землетрясения Крыма // Землетрясения Северной Евразии в 1992 году. – М.: ГС РАН, 1997. – С. 16–18.
8. Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А., Сыкчина З.Н. Землетрясения Крыма // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 15–19.
9. Свидлова В.А. Крым // Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. – М.: ГС РАН, 2000. – С. 9–11.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
12. Пустовитенко А.Н., Пустовитенко Б.Г., Поречнова Е.И., Свидлова В.А., Сыкчина З.Н. Крым // Землетрясения Северной Евразии в 1998 году. – Обнинск: ГС РАН, 2004. – С. 36–44.
14. 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.
15. Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А., Пустовитенко А.А., Поречнова Е.И., Сыкчина З.Н. Крым // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 58–63.
16. Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А., Михайлова Р.С. Некоторые особенности сейсмичности Крыма // Уроки и следствия сильных землетрясений (к 80-летию разрушительных землетрясений в Крыму). Сборник материалов Международной конференции. Ялта, сентябрь 25–28, 2007 г. – Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2007. – С. 106–107.