

СЕЙСМИЧНОСТЬ КРЫМА В 2012 ГОДУ

© В. А. Свидлова, Г. Д. Пасынков

Институт геофизики им. С. И. Субботина Национальной академии наук Украины

Приведены параметры действующей сейсмометрической аппаратуры на 7 стационарных сейсмических станциях и в новом пункте «Тарханкут». Представлены карта эпицентров, таблица распределения сейсмологических параметров землетрясений по районам региона. 2012 год характеризуется повышенной сейсмической активностью: локализовано 53 землетрясения, максимальное с $K_{II}=12.1$ в Керченско-Анапском районе; макросейсмические проявления его достигали $I_{max}=5$ баллов. Суммарная выделившаяся энергия произошедших землетрясений больше среднего уровня за предшествующие 20 лет наблюдений.

В 2012 г. сеть станций Крыма пополнилась новым сейсмологическим пунктом наблюдений «Тарханкут». Пункт расположен в самой западной части Крымского полуострова, на южной окраине села Оленевка Черноморского р-на. Сейсмические датчики установлены в заглубленном на 2 метра подвальном помещении частного домовладения. С начала года регистрация сейсмических событий осуществлялась, как и ранее, на 7 стационарных сейсмических станциях Крыма. Аппаратурное оснащение их такое же, как и в 2011 году [1]. Непрерывные наблюдения на пункте «Тарханкут» начались 11 июля 2012 г. цифровой сейсмической станцией АЦСС (MI21) КРП, предназначенной для работы в полевых условиях в автоматическом режиме. Станция принадлежит Крымскому экспертному совету. Цель расширения сети – изучение, как правило, слабой сейсмичности северо-западной части Крыма. Общие сведения о станциях сети приведены в табл. 1, а данные о регистрирующей цифровой аппаратуре – в табл. 2. Все станции функционировали в непрерывном режиме.

Существующая сеть сейсмических станций обеспечивает представительную регистрацию землетрясений с $K_{min}=9$ практически на всей территории Крымского региона. Для значительной части региона представительны землетрясения с $K_{min}=8$ [2].

Первичная интерпретация полученных цифровых материалов наблюдений на всех сейсмических станциях выполняется по программному комплексу WSG [3]. Методика сводной обработки землетрясений региона подробно описана в [1]. При обработке также использовались бюллетени землетрясений станции «Анапа», для некоторых событий привлекались волновые формы, полученные другими сейсмическими станциями России: «Возрождение» (в районе г. Геленджик), «Сочи», «Краснодар», «Туапсе».

Таблица 1. Сейсмические станции Крыма (в хронологии их открытия), работавшие в 2012 г.

№	Станция			Дата открытия	Начало цифровой регистрации	Координаты			Подпочва
	Название	Код				φ°, N	λ°, E	$h_y, м$	
		межд.	рег.						
1	«Феодосия»	FEO	Фдс	11.10.1927 г.	06.09.2006	45.02	35.39	40	мергелистая глина
2	«Ялта»	YAL	Ялт	13.13.1928 г.	05.07.2000	44.48	34.15	23.6	шиферные сланцы
3	«Симферополь»	SIM	Смф	14.05.1928 г.	25.06.2000	44.95	34.12	275	нуммулитовый известняк
4	«Севастополь»	SEV	Свс	28.06.1928 г.	03.09.2006	44.54	33.68	42	суглинки
5	«Алушта»	ALU	Алш	03.10.1951 г.	19.07.2006	44.68	34.40	61	глинистые сланцы
6	«Судак»	SUDU	Суд	18.10.1988 г.	29.07.2006	44.89	35.00	108	глинистые сланцы
7	«Керчь»	KERU	Кер	19.05.1997 г.	06.03.2007	45.31	36.46	50	мшанковый известняк
8	«Тарханкут»	TARU		11.07.2012 г.	11.07.2012	45.38	32.53	0	сарматский известняк

В. А. Свидлова, Г. Д. Пасынков, 2013.
Сейсмологический бюллетень за 2012 г.
Севастополь, 2013.

Таблица 2. Основные параметры цифровых сейсмических станций Крыма в 2012 г.

Станция	Тип датчика	Группа каналов (каналы)	Частотный диапазон, Гц	Частота квантования, Гц	Разрядность АЦП	Амплитудный динамический диапазон	Дата начала регистрации
«Симферополь»	СКД	ВН (N, E, Z)	0.01–4	20	16	96	25.06.2000 г.
	СМ-3	ЕН (N, E, Z)	0.1–20	100	16	96	
	АЦСС В2 (М17)	(N, E, Z)	–	40	24	126	29.10.2010 г.
«Ялта»	СКД	ВН (N, E, Z)	0.015–4	20	16	96	05.07.2000 г.
	СМ-3	ЕН (N, E, Z)	0.2–20	100	16	96	
	АЦСС В2 (М120)	(N, E, Z)	–	40	24	126	27.07.2011 г.
«Алушта»	ВЭГИК	(N, E, Z)	0.2–10	64	12	70	12.07.2006 г.
«Севастополь»	СКМ-3	(N, E, Z)	0.2–10	64	12	70	20.08.2006 г.
	АЦСС В2 (М119)	(N, E, Z)	–	40	24	126	06.12.2011 г.
«Судак»	СКМ-3	(N, E, Z)	0.2–10	64	12	70	15.10.2006 г.
	АЦСС В2 (М118)	(N, E, Z)	–	40	24	126	08.02.2011 г.
«Феодосия»	ВЭГИК	(N, E)	0.2–10	64	12	70	03.09.2006 г.
	СКМ-3	(Z)	0.2–10	64	12	70	
«Керчь»	ВЭГИК	(N, E, Z)	0.2–10	64	12	70	07.03.2007 г.
«Тарханкут»	АЦСС (М121)	(N, E, Z)	–	40	24	126	11.07.2012 г.

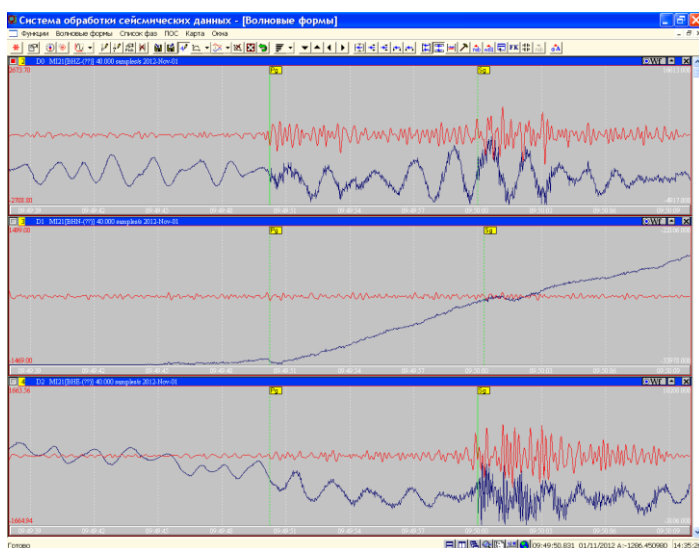


Рис. 1. Трехкомпонентная запись станцией «Тарханкут»

На рис. 1 показана волновая картина слабого землетрясения энергетического класса $K_{II}=7.4$, зарегистрированного станцией «Тарханкут» 1 ноября 2012 г. Очаг расположен в Севастопольском районе (№1). Параметры землетрясения: $O=09^h49^m36.2^s$; $\varphi=44.70^\circ N$, $\lambda=32.36^\circ E$, $h=15$ км; на рисунке верхняя запись – составляющая Z, средняя – N-S, нижняя – E-W. На каждой составляющей сохранена отфильтрованная запись, а также помечены моменты вступления продольной Pg-волны и поперечной Sg-волны.

Результаты наблюдений.

В 2012 г. в Крымско-Черноморском регионе зарегистрировано 53 землетрясения энергетических классов $K_{II}=4.6\div 12.1$. Составлены каталог и подробные данные [4]. Для 17 событий получены спектральные и динамические параметры очагов, приведенные в работе [5] настоящего сборника, для одного – решение механизма очага [6].

Результаты наблюдений показывают, что характер сейсмической активности региона существенно изменился. На порядок увеличилось количество общей выделившейся в 2012 году сейсмической энергии $\Sigma E=1288.052 \cdot 10^9$ Дж по сравнению с энергией землетрясений 2011 г. ($\Sigma E=144.452 \cdot 10^9$ Дж). Также оно выше среднего уровня за предыдущие 20 лет (1992 – 2011 гг.) – $\Sigma E_{ср}=1128.167 \cdot 10^9$ Дж. Однако общее число землетрясений уменьшилось до $N=53$, что ниже среднего $N_{ср}=61$ за тот же период наблюдений.

Распределение землетрясений 2012 года по энергетическим классам K_{II} и суммарной сейсмической энергии ΣE по районам отражено в табл. 3; на рис. 2 приведено положение эпицентров зарегистрированных землетрясений. Их пространственное распределение несколько необычно: наибольшее количество эпицентров отмечено в Керченско-Анапском районе (№5), здесь же зарегистрировано самое сильное землетрясение года с $K_{II}=12.1$. Это землетрясение и обусловило высокий годовой уровень суммарной выделившейся энергии в регионе. В центре – в Ялтинском (№2) и Алуштинском (№3) районах, значительно меньше событий, при этом снизился и их энергетический уровень – отсутствуют землетрясения с $K_{II}>8.2$.

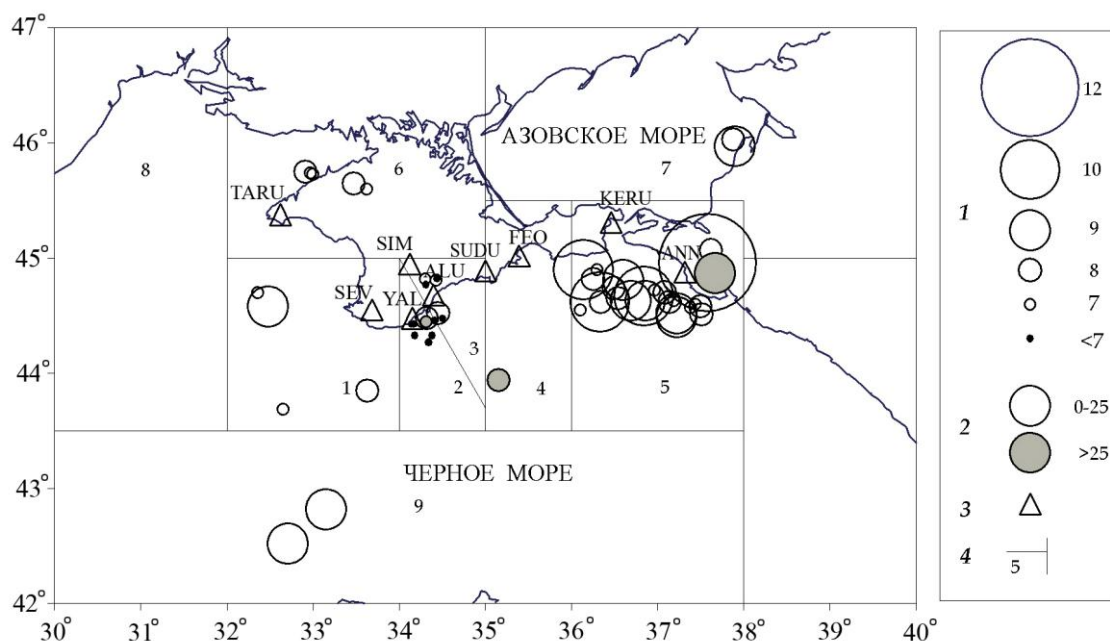


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Крыма в 2012 г. 1 – энергетический класс K_{II} ; 2 – глубина h гипоцентра, км; 3 – сейсмические станции; 4 – границы районов

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_{II} и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам за 2012 г.

№	Район	K_{II}								N_{Σ}	$\Sigma E, 10^9 \text{ Дж}$
		5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Севастопольский			2	1	1				4	0.7434
2	Ялтинский	2	4	1	1					8	0.0972
3	Алуштинский	1	2	2	1					6	0.1679
4	Судакско-Феодосийский				1					1	0.0501
5	Керченско-Анапский			6	9	6	3		1	25	1284.9829
6	Степной Крым			3	2					5	0.2514
7	Азово-Кубанский				1	1				2	0.6271
8	Северо-Западный									0	0
9	Черноморская впадина					2				3	1.1321
	Всего	3	6	14	16	9	3		1	53	1288.0521

В Севастопольском районе (№1) зарегистрировано 4 землетрясения с $K_{II}=6.9$ –8.8, два из них представительного уровня $K_{\min}=8$. Эпицентры всех событий удалены в море на расстояния 77–126 км от станции «Севастополь» при средней глубине $h=14$ –23 км.

На рис. 3 проиллюстрировано графическое определение координат эпицентра землетрясения 16 сентября 2012 г. в 21^h43^m энергетического класса $K_{II}=8.8$ и соответствующий выбор стартовой точки для расчета координат гипоцентра в программе WSG.

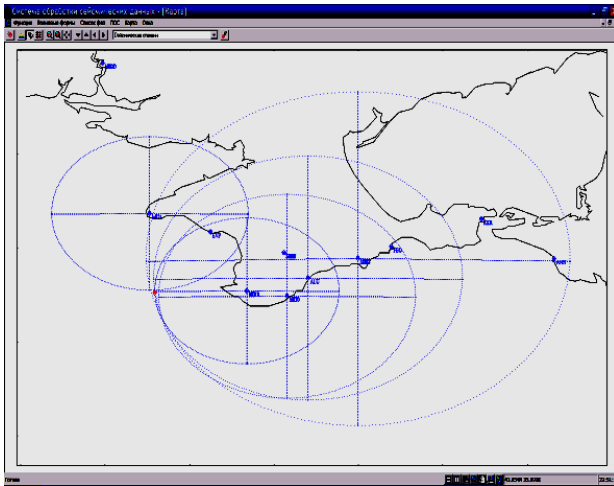


Рис. 3. Выбор стартовой точки по записям станций «Тарханкут», «Севастополь», «Ялта», «Алушта» и «Судак»

Из рисунка видно, что станции «Севастополь», «Ялта», «Алушта» и «Судак» расположены в узком азимутальном створе относительно очага этого землетрясения, вследствие этого точность определения координат эпицентра по широте невысокая. Привлечение в сводную обработку результатов регистрации пунктом наблюдений «Тарханкут» существенно улучшает надежность локации координат гипоцентров землетрясений Севастопольского района.

Необычно низкая, минимальная относительно других районов, сейсмическая энергия землетрясений **Ялтинского** района (№2). Здесь отмечено 8 землетрясений энергетических классов $K_{II}=4.6-7.9$, только два из них представительного уровня $K_{min}=7$. Эпицентры землетрясений сосредоточены в пределах морской акватории, на расстояниях 7–29 км от Ялты при глубинах от $h=9$ км до $h=29$ км.

В **Алуштинском** районе (№3) зарегистрировано 6 землетрясений $K_{II}=5.0-8.2$, три из которых представительного уровня ($K_{min}=7$). Очаги четырех землетрясений находятся на суше в 12–17 км севернее Алушты, и двух землетрясений – в море на расстоянии 18–20 км. Глубина всех событий средняя, $h=18-20$ км.

Только одно представительное событие с $K_{II}=7.7$ зарегистрировано в **Судакско-Феодосийском** районе (№4). Его эпицентр удален в море на расстояние $\Delta=107$ км от Судака при глубине $h=35$ км, располагаясь на границе с районами №№ 2, 3.

Весьма высоким уровнем сейсмической активности характеризуется **Керченско–Анапский** район (№5). Крымская сеть зарегистрировала 25 землетрясений с $K_{II}=6.9-12.1$ на глубинах от $h=1$ до $h=26$ км. Энергия самого сильного из них с $K_{II}=12.1$ составляет 97.74 % от количества всей сейсмической энергии, высвобожденной в очагах землетрясений региона в 2012 г. Уровень представительной регистрации в границах этого района меняется от $K_{min}=8$ до $K_{min}=9$. Семь из 25-ти событий ниже представительного уровня. Землетрясение максимального класса $K_{II}=12.1$ с глубиной $h=24$ км реализовалось 10 декабря в 16^h56^m. В настоящем сборнике представлена статья, посвященная этому событию [6], в которой приведены исторические сведения, результаты макросейсмического обследования, определение механизма очага, иное решение гипоцентра. Землетрясение ощущалось в Анапе ($\Delta=22$ км) с интенсивностью $I=5$ баллов и в Новороссийске ($\Delta=31$ км) с $I=4-5$ баллов [6]. К афтершокам основного толчка можно отнести два землетрясения: 10 декабря в 17^h43^m $K_{II}=8.1$ с глубиной $h=20$ км и 24 декабря в 11^h36^m $K_{II}=9.1$ с глубиной $h=26$ км. Эпицентры этих трех толчков располагались на суше, вблизи границы региона с Северным Кавказом. Необычно выглядит поле эпицентров района №5 в море. Оно вытянуто в субширотном направлении вдоль континентального склона до границы с районом №4.

В районе **Степной Крым** (№6) зарегистрировано 5 землетрясений с $K_{II}=6.7-8.1$. Два из них представительны ($K_{min}=8$) и имеют глубину, как правило, меньше средней для региона – $h=6$ км. Последнее зарегистрированное в этом районе землетрясение произошло за несколько часов до начала регистрации на пункте «Тарханкут».

В Азово–Кубанском районе (№7) с интервалом две минуты зафиксировано два землетрясения: с $K_{II}=8.7$ и $K_{II}=8.1$, глубиной $h=11$ и $h=21$ км. Одно из них ниже представительного уровня регистрации $K_{min}=9$.

Количество высвобожденной сейсмической энергии в очагах двух землетрясений Черноморской впадины (район №9) уменьшилось на два порядка относительно энергии 2011 г. Таким образом, по-прежнему наблюдается закономерность [7] о противофазном характере выделения энергии в районе №5 по отношению к району №9. Энергетические классы землетрясений $K_{II}=8.7-8.8$, глубины $h=16$ и $h=8$ км, оба представительны ($K_{min}=9$).

В Северо–Западном районе (№8) продолжается полное сейсмическое затишье.

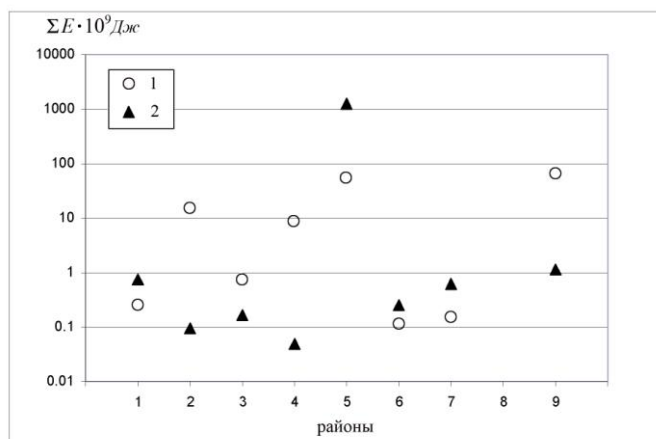


Рис. 4. Распределение величины высвобожденной сейсмической энергии ΣE по районам региона: 1 – 2011 г., 2 – 2012 г.

В заключение следует подчеркнуть, что возросшая активность региона обеспечена землетрясением с $K_{II}=12.1$, фактически произошедшим на Северном Кавказе. В остальных активных районах региона №№ 2, 3, 4, 9 наблюдалось значительное понижение количества высвобожденной сейсмической энергии – соответственно в 158, 4.5, 176 и 56.7 раз по сравнению с энергией 2011 г. Характер изменения величины сейсмической энергии ΣE в каждом районе региона в 2011 и 2012 годах показан на рис. 4.

1. **Свидлова В. А., Сыкчина З. Н., Пасынков Г. Д.** Сейсмичность Крыма в 2011 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2011 год. – Севастополь: НПЦ "ЭКОСИ-Гидрофизика", 2012.– С. 6–16.
2. **Свидлова В. А., Сыкчина З. Н., Пасынков Г. Д.** Оценка представительности землетрясений Крыма по материалам цифровых станций // Сейсмологический бюллетень Украины за 2009 год. – Севастополь: НПЦ " ЭКОСИ-Гидрофизика", 2011.– С. 65–67.
3. **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 «Пулков» и «Екатеринбург». – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 77–83.
4. **Козиненко Н. М., Свидлова В. А., Сыкчина З. Н.** Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 2012 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2012 год. – Севастополь: НПЦ " ЭКОСИ-Гидрофизика", 2012.– С. 57–85.
5. **Пустовитенко Б. Г., Калинюк И. В., Мерзгей Е. А.** Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма 2012 года // Сейсмологический бюллетень Украины за 2012 год. – Севастополь: НПЦ " ЭКОСИ-Гидрофизика", 2013.– С. 11–21.
6. **Габсатарова И. П., Малянова Р. С., Селиванова Е. А., Якушева В. Н.** Землетрясение 10 декабря 2012 года с $M_w=4.6$ вблизи г. Анапы // Сейсмологический бюллетень Украины за 2012 год. – Севастополь: НПЦ " ЭКОСИ-Гидрофизика", 2013.– С. 35–45.
7. **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.