

УТОЧНЕННЫЕ ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

КРЫМА 1990 ГОДА

Пустовитенко Б.Г.

*Отдел сейсмологии Института геофизики им. С.И. Субботина НАНУ,
г. Симферополь, Россия*

E-mail: bpustovitenko@mail.ru

Представлены результаты переинтерпретации амплитудных спектров объемных сейсмических волн и динамических параметров очагов ощутимых землетрясений Крыма 1990 года и наиболее сильных повторных толчков. Динамические параметры очагов откорректированы с учетом новых данных о механизмах очагов главных толчков 2 июля и 16 августа 1990 г. и направленности сейсмического излучения на станции регистрации. Дополнительно для каждого сейсмического события оценена энергия образования дислокации в очаге и магнитуда по сейсмическому моменту.

Ключевые слова: механизм очага, направленность излучения, сейсмический момент, радиус дислокации, сброшенное напряжение, энергия дислокации, моментная магнитуда

ВВЕДЕНИЕ

В период с 29 июня по 8 августа 1990 г. на материковой части Крыма между городами Алушта и Судак произошла серия землетрясений в диапазоне энергетических классов $K_{\Pi}=3.8 \div 10.9$, два из которых 29 июня $12^{\text{h}}07^{\text{m}}41.5^{\text{s}}$, $K_{\Pi}=10.8$ и 2 июля 1990 г. в $0^{\text{h}}35^{\text{m}}50.9^{\text{s}}$ с $K_{\Pi}=10.9$ ощущались населением с интенсивностью от $I=5$ баллов до $I=2-3$ балла [1, 2]. Наибольший макросейсмический эффект в обоих случаях проявился в районе села Приветное, расположенного на расстоянии $13 \div 14$ км от инструментальных эпицентров [1, 2]. 16 августа этого же года на расстоянии 35 км от с. Приветное в море произошло еще одно сильное землетрясение с $K_{\Pi}=12.8$, которое ощущалось на побережье с интенсивностью от $I=4$ балла до $I=2-3$ балла [1, 2].

По данным записей аналоговых сейсмических станций Крыма были рассчитаны амплитудные спектры и определены динамические параметры очагов этих ощутимых толчков и их наиболее сильных форшоков и афтершоков [2, 3]. Отсутствие в то время данных о механизме очагов не позволило авторам работ [2, 3] корректно учесть направленность излучения сейсмических волн на станции регистрации при расчете сейсмического момента, что существенно снижает точность полученных оценок всех динамических параметров. Сильные и ощутимые землетрясения с эпицентрами на материковой части Крыма явления довольно редкие, потому уточнение и повышение точности оценок их очаговых параметров с появлением новых экспериментальных данных является актуальной задачей для последующего решения различных задач геодинамики региона, а также разработки моделей очага и сейсмичности для оценки долговременной сейсмической опасности территории.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

К настоящему времени собраны, проанализированы первичные записи волновых форм землетрясения 2 июля 1990 г. и 16 августа 1990 г., уточнены знаки

первых вступлений продольных волн, оценена степень их достоверности и надежности. Это в совокупности с опубликованными данными в ISC [4] позволило получить надежные решения механизмов очагов [5, 6] и откорректировать ранее полученные оценки динамических параметров.

В данной работе представлена новая интерпретация амплитудных спектров из [3] и уточненные значения динамических параметров очагов главных толчков 29 июня в 12^h07^m41.5^c с $K_{II} = 10.8$, 2 июля в 0^h35^m50.9^c с $K_{II} = 10.9$, 16 августа в 04^h32^m18.3^c и пяти связанных с ними афтершоков. Основные параметры изученных землетрясений даны в табл. 1 по данным каталога за 1990 г. [7].

Таблица 1.

Основные параметры изученных землетрясений 1990 г.

№	Дата			Время			Координаты гипоцентра			M_w^{**}	K_{II}
	год	мес.	число	час	мин	сек	φ° , N	λ° , E	h , км		
1	1990	6	29	12	7	41.5	44.77	34.55	17	4.25	10.8
2	1990	6	29	12	9	46.7	44.76	34.56	17	3.5	8.6
3	1990	6	29	12	10	28.9	44.76	34.53	17	3.9	10
4	1990	7	2	0	35	50.9	44.78	34.53	14	4.25	10.9*
5	1990	8	6	20	40	8.6	44.77	34.41	20	3.0	7.5
6	1990	8	16	4	32	18.3	44.70	35.06	28	4.9	12.8*
7	1990	8	16	5	19	34.4	44.72	35.13	20	3.0	7.9
8	1990	8	16	15	33	32.3	44.73	35.00	18	3.1	8.1

* – есть решение механизма очага

** – по данным настоящей статьи

Динамические параметры очагов землетрясений 1990 г. переопределены по амплитудным спектрам аналоговых записей поперечных S -волн на сейсмических станциях Крыма: «Алушта» (ALU), «Казантип» (KZN), «Симферополь» (SIM), «Судак» (SUDU) и «Ялта» (YAL), взятых из [3].

2. МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

Механизмы очагов землетрясений 1990 года восстановлены по знакам первых вступлений продольных волн на сейсмических станциях, окружающих очаг в широком азимутальном створе. Использована стандартная методика [8]. Углы выхода сейсмических волн определены для удаленных станций по годографу «ak135» [9], а для близких – по региональному годографу [10]. Решения механизмов очагов по работам [5, 6] представлены на рисунке 1 и в таблице 2.

УТОЧНЕННЫЕ ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
КРЫМА 1990 ГОДА

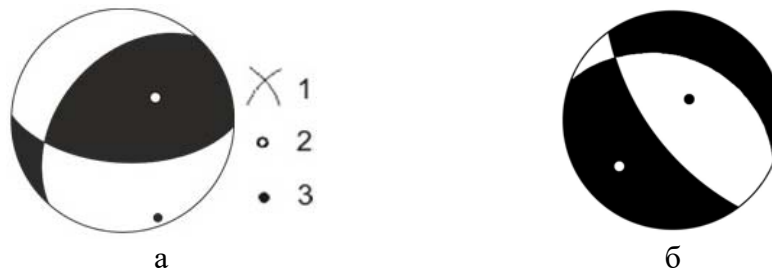


Рис. 1. Стереогаммы механизмов очагов (нижняя полусфера) ощутимых землетрясений 1990 г.: *a* – 2 июля в $0^{\text{h}}35^{\text{m}}50.9^{\text{s}}$; *б* – 16 августа в $04^{\text{h}}32^{\text{m}}18.3^{\text{s}}$. 1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно; зачернена область волн сжатия.

Таблица 2.

Параметры механизмов очагов землетрясений 2 июля и 16 августа 1990 г.

Дата, г м д	t_0 , ч мин с	h , км	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
			T		N		P		NP1			NP2		
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
1990 07 02	00 35 50.9	14	61	55	28	254	8	160	93	59	123	221	44	48
1990 08 16	04 32 18.3	28	19	223	14	317	67	81	144	65	-75	292	29	-118

Землетрясение 2 июля в $0^{\text{h}}35^{\text{m}}50.9^{\text{s}}$ произошло под действием горизонтальных ($PL_P=8^{\circ}$) напряжений сжатия, ориентированных близмеридионально ($AZM_P=160^{\circ}$). Одна из нодальных плоскостей *NP1* наклонная ($DP=59^{\circ}$), имеет близширотное простирание ($STK=93^{\circ}$), а вторая *NP2* – юго-западное ($STK=221^{\circ}$) с более пологим наклоном ($DP=44^{\circ}$). Подвижка по обеим нодальным плоскостям правосторонний по *NP1* и левосторонний – по *NP2* взбросо-сдвиг с преобладанием взбросовой составляющей (Рис. 1, *a*).

Простирание нодальной плоскости *NP1* ($STK=93^{\circ}$) совпадает с широтной ($Az=90^{\circ}\pm 10^{\circ}$) ориентацией первой изосейсты [2]. В связи с этим эту плоскость подвижки можно принять как наиболее вероятную (главную). Исходя из подобия ориентации изосейст [2] двух близких по пространственному положению и энергетическому уровню землетрясений 29 июня в $12^{\text{h}}07^{\text{m}}41.5^{\text{s}}$ с $K_{\text{П}}=10.8$ и 2 июля в $0^{\text{h}}35^{\text{m}}50.9^{\text{s}}$ с $K_{\text{П}}=10.9$ и однотипности знаков первых вступлений на пяти региональных станциях Крыма [7], можно предположить близость их механизмов очагов.

Землетрясение 16 августа в $04^{\text{h}}32^{\text{m}}18.3^{\text{s}}$ произошло в условиях горизонтального растяжения (Рис. 1, *б*). Обе нодальные плоскости диагональной ориентации: $STK=144^{\circ}$ с крутым падением в сторону моря и $STK=292^{\circ}$ с пологим падением к северо-востоку. В очаге произошел сброс активного крыла разрыва. За наиболее

вероятную плоскость разрыва можно принять близвертикальную плоскость $NP1$, азимут простирания которой близок к ориентации первой изосейсты [1, 2].

По параметрам механизма очагов для обоих землетрясений рассчитаны функции направленности излучения объемных волн из очага и поправки за направленность излучения $R_{\theta\phi}$ для станций регистрации, записи которых использованы в данной работе для уточнения динамических параметров очагов (Табл. 3).

Таблица 3.

Значения поправок за направленность излучения $R_{\theta\phi}$ для поперечных (S) волн землетрясений 2 июля 1990 г. и 16 августа 1990 г.

Станция	SIM	ALU	YAL	KAZ
$R_{\theta\phi}$, 02.07.1990 в $0^{\text{h}}35^{\text{m}}50.9^{\text{c}}$		0.45		0.58
$R_{\theta\phi}$, 16.08.1990 в $04^{\text{h}}32^{\text{m}}18.3^{\text{c}}$	0.53	0.56	0.54	

Динамические параметры очага землетрясения включают: M_0 – сейсмический момент, r_0 – радиус круговой дислокации, $\Delta\sigma$ – сброшенное напряжение, $\eta\bar{\sigma}$ – кажущееся напряжение, $\Delta\sigma_r$ – радиационное трение, ε – деформацию сдвига, \bar{u} – среднюю подвижку по разрыву, Ei – энергию образования дислокации в очаге.

Для определения этих параметров используются количественные связи между теоретическими моделями источников и основными характеристиками амплитудных спектров объемных волн. В данной работе использована теоретическая дислокационная модель Брюна [11] в рамках которой удовлетворительно аппроксимируются экспериментальные амплитудные спектры записей землетрясений Крыма [12]. Методика интерпретации спектров с использованием данной модели и формулы расчета динамических параметров очага по низкочастотному уровню спектра Ω_0 и угловой частоте f_0 приведены в работах [12–15].

Спектры и их новая интерпретация в рамках модели Брюна для главных ощутимых землетрясений приведены на рисунке 2. На графиках (Рис. 2) оси абсцисс сохранены в логарифмах периодов, как в ранних работах с аналоговыми записями [3, 12] в отличие от современного представления. Из рисунка 2 видно, что приведенные спектры удовлетворяют дислокационной модели Брюна со спадом спектральной плотности на малых периодах по квадратичному закону. Спектральная плотность Ω_0 в длиннопериодной части спектра и угловая частота f_0 (угловой период T) выделены уверенно.

Как уже было сказано выше, ранее [2, 3] динамические параметры были определены без учета реальной направленности излучения из очага. В данной статье при расчете скалярного сейсмического момента для очагов ощутимых землетрясений 29 июня $12^{\text{h}}07^{\text{m}}41.5^{\text{c}}$, 2 июля в $0^{\text{h}}35^{\text{m}}50.9^{\text{c}}$ и 16 августа в $04^{\text{h}}32^{\text{m}}18.3^{\text{c}}$ учтена поправка за направленность излучения $R_{\theta\phi}$ в соответствии с таблицей 3.

УТОЧНЕННЫЕ ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
КРЫМА 1990 ГОДА

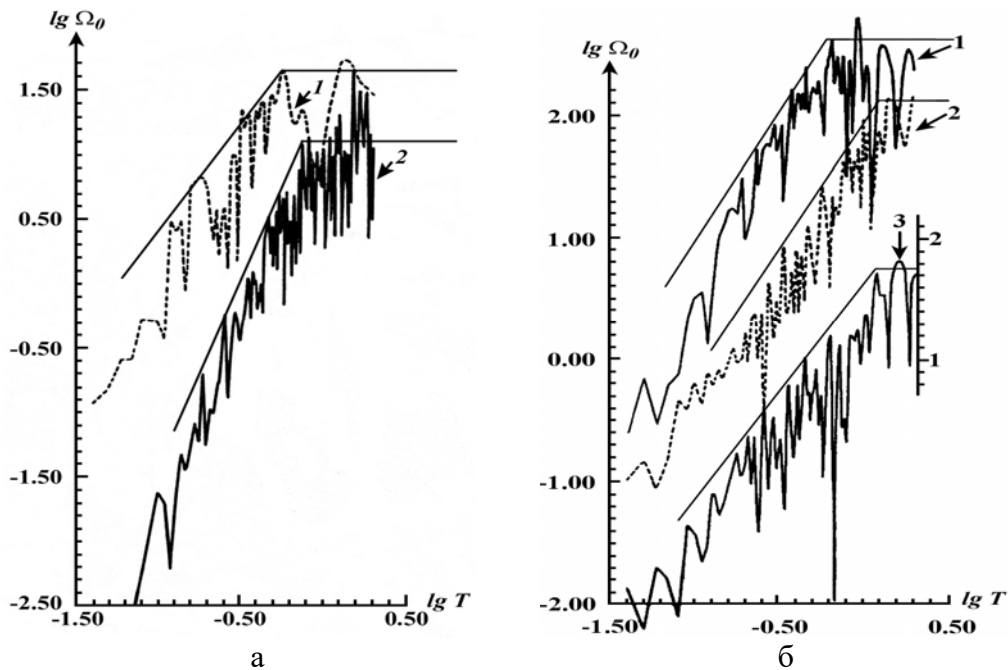


Рис. 2. Амплитудные спектры поперечных волн ощутимых землетрясений 1990 г. по [3]: а – 2 июля в $0^{\text{h}}35^{\text{m}}50.9^{\text{s}}$ по записям сейсмических станций: 1– ALU, 2– KZN; б – 16 августа в $04^{\text{h}}32^{\text{m}}18.3^{\text{s}}$ по записям: 1– ALU, 2– SIM, 3 – YAL. Прямыми линиями показана авторская аппроксимация спектров в рамках модели Брюна.

Кроме того дополнительно впервые для рассмотренных землетрясений произведена оценка энергии E_u по дислокации в очаге и сброшенному напряжению и моментная магнитуда M_w по сейсмическому моменту. Для расчета энергии образования дислокации в очаге E_u использована формула из [14]:

$$E_u = \frac{1}{2} \Delta \sigma \bar{u} \cdot \pi r_0^2$$

Моментная магнитуда M_w рассчитана по стационарным оценкам сейсмических моментов M_0 с использованием формулы Канамори [15]:

$$M_w = 2/3 \cdot (\lg M_0 + 7) - 10.7,$$

где M_0 имеет размерность $H \cdot m$ в системе СИ.

Результаты уточненных динамических параметров очагов восьми отобранных для анализа землетрясений 1990 г. приведены в таблице 4. Расчет среднего геометрического X и дисперсии S выполнен, как и прежде [12], исходя из логнормального закона распределения величин. Среднее значение магнитуды M_w определено как среднее арифметическое с соответствующей погрешностью.

Таблица 4.

Уточненные динамические параметры землетрясений 1990 года

Станция	Волна, (составляющая)	Δ , км	$\Omega_0 \cdot 10^{-6}$, м·с	f_0 , Гц	$M_0 \cdot 10^{13}$, Н·м	t_0 , км	$\Delta\sigma \cdot 10^5$, Па	$\eta \bar{\sigma} 10^5$, Па	$\Delta\sigma \cdot 10^5$, Па	$\varepsilon \cdot 10^{-6}$	$u \cdot 10^{-2}$, м	$E_u \cdot 10^{16}$, эрг	Mw	
№ 1. 29 июня; $t_0=12ч 07 мин 41.5с$; $\varphi=44.77^\circ$; $\lambda=34.55^\circ$; $h=17 км$; $K_{II} =10.8$														
ALU	S(N)	15.5	56	1.66	303	0.8	25.2	0.78	11.8	84	4.9	127	4.26	
№ 2. 29 июня; $t_0=12ч 09 мин 46.7с$; $\varphi=44.76^\circ$; $\lambda=34.56^\circ$; $h=17 км$; $K_{II} =8.6$														
SUDU	S(E)	37.3	1.2	2.0	19.3	0.67	2.81	0.14	1.3	9.6	0.46	0.9	3.5	
№ 3. 29 июня; $t_0=12ч 10мин 28.9с$; $\varphi=44.76^\circ$; $\lambda=34.53^\circ$; $h=17 км$; $K_{II} =10.0$														
ALU	S(E)	13.6	13.5	4.0	78.4	0.34	91.0	0.54	45	303	7.4	119	3.9	
№ 4. 2 июля; $t_0=00ч 35 мин 50.9с$; $\varphi=44.78^\circ$; $\lambda=34.53^\circ$; $h=14 км$; $K_{II} =10.9$														
ALU	S(N)	15	68.8	1.58	284	0.8	24.1	0.84	11.2	80.5	4.7	114	4.2	
KZN	S(N)	127	23.8	1.4	346	0.9	20.5	0.69	9.5	68.2	4.5	118	4.3	
X-среднее геометрическое						313	0.85	22.2	0.76	10.3	74.1	4.6	116	4.25
S- дисперсия						0.04	0.03	0.04	0.06	0.03	0.03	0.01	0.07	0.05
№ 5. 6 августа; $t_0=20ч 40 мин 08.6с$; $\varphi=44.77^\circ$; $\lambda=34.41^\circ$; $h=20 км$; $K_{II} =7.5$														
SUDU	S(E)	48	0.18	2.78	3.68	0.48	1.44	0.09	0.63	4.8	0.17	0.08	3.0	
№ 6. 16 августа; $t_0=04ч 32 мин 18.3с$; $\varphi=44.7^\circ$; $\lambda=35.06^\circ$; $h=28 км$; $K_{II} =12.8$														
ALU	S(N)	52	520	1.4	5070	0.96	25.2	1.49	125	841	58.6	21300	5.1	
SIM	S(E)	79	216	1.0	2700	1.34	49.0	2.79	21.7	163	15.9	2200	4.9	
YAL	S(N)	75	106	1.12	2080	1.20	53.0	3.62	22.9	177	15.4	1840	4.8	
X-среднее геометрическое						3054	1.15	46.6	2.47	39.6	290	24.3	4418	4.9
S- дисперсия						0.23	0.03	0.23	0.11	0.4	0.53	0.5	0.6	0.1
№ 7. 16 августа; $t_0=05ч 19 мин 34.4с$; $\varphi=44.72^\circ$; $\lambda=35.13^\circ$; $h=20 км$; $K_{II} =7.9$														
ALU	S(E)	57	0.24	2.5	3.83	0.54	1.09	0.17	0.37	3.62	0.4	0.07	3.0	
SUDU	S(E)	21	0.35	2.6	3.96	0.52	1.26	0.17	0.46	4.21	0.16	0.08	3.0	
X-среднее геометрическое						3.89	0.53	1.17	0.17	0.41	3.03	0.25	0.075	3.0
S- дисперсия						0.05	0.07	0.03	0	0.04	0.17	0.2	0.02	0
№ 8. 16 августа; $t_0=15ч 33мин 32.3с$; $\varphi=44.73^\circ$; $\lambda=35.0^\circ$; $h=18 км$; $K_{II} =8.1$														
SUDU	S(E)	18	0.48	2.5	4.8	0.54	1.36	0.18	0.48	4.54	0.18	0.1	3.1	

Сравнивая полученные результаты (табл. 4) и опубликованные в [3], можно отметить, что для большинства изученных землетрясений новые значения

УТОЧНЕННЫЕ ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 1990 ГОДА

сейсмических моментов M_0 и радиусов круговой дислокации r_0 получились в 1.1–1.5 раза выше прежних определений. Соответственно, определяемые по ним сброшенные напряжения $\Delta\sigma$, деформации сдвига ϵ и подвижки по разрыву u оказались в 2 и более раза меньше, чем ранее полученные.

В целом откорректированные основные динамические параметры очагов M_0 и r_0 удовлетворяют средним долгосрочным зависимостям от энергии землетрясений [16], находясь в пределах погрешностей определяемых величин:

$$\begin{aligned}\lg M_0 &= 0.645(\pm 0.027) \cdot K_{\Pi} + 15.142(\pm 0.271), \rho=0.99 \\ \lg r_0 &= 0.112(\pm 0.011) \cdot K_{\Pi} - 1.293(\pm 0.107), \rho=0.93\end{aligned}$$

где ρ – коэффициент корреляции.

Наибольшее соответствие M_0 и r_0 приведенным уравнениям получено для главных землетрясений 29 июня $12^{\text{h}}07^{\text{m}}41.5^{\text{s}}$ с $K_{\Pi}=10.8$, 2 июля в $0^{\text{h}}35^{\text{m}}50.9^{\text{s}}$ с $K_{\Pi}=10.9$ и 16 августа в $04^{\text{h}}32^{\text{m}}18.3^{\text{s}}$ с $K_{\Pi}=12.8$, для которых учтена реальная направленность излучения на станции регистрации. С учетом новых определений (Табл. 4) откорректирована электронная база данных по очаговым параметрам для их дальнейшего использования в научных и прикладных задачах.

Список литературы

1. Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Пустовитенко А.Н., Пантелеева Т.А., Поречнова Е.И. Особенности сейсмичности Крымско-Черноморского региона в 1990 г. // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым-Карпаты) за 1990 г. Киев: Наукова думка, 1994. С. 156–162.
2. Пустовитенко А.Н., Пантелеева Т.А. Землетрясения Крыма // Землетрясения в СССР в 1990 г. Москва: ОИФЗ РАН, 1996. С. 20–23
3. Пантелеева Т.А. Спектры и динамические характеристики очагов землетрясений Крыма за 1990 г. // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым-Карпаты) за 1990 г. Киев: Наукова думка, 1994. С. 167–179.
4. International Seismological Centre, On-line Bulletin // <http://www.isc.ac.uk>, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 1990.
5. Пустовитенко А.А., Пустовитенко Б.Г. Новые данные о процессах в очаге ощутимого землетрясения 2 июля 1990 г. (Крым) // Доповіді Національної Академії Наук України, №2, 2015. С. 102–109.
6. Пустовитенко Б.Г. Механизм очагов ощутимых землетрясений Крымско-Черноморского региона последних 20 лет // Сейсмологический бюллетень Украины за 2000 год. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2002. С. 59–64.
7. Свидлова В.А. (составитель). Каталог и подробные данные о землетрясениях Крымско-Черноморского региона за 1990 г. // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым-Карпаты) за 1990 г. Киев: Наукова думка, 1994. С. 5–69.
8. Балакина Л.А., Введенская А.В., Голубева Н.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. Москва: Наука, 1972. 198 с.
9. Kennet B.L.N. Seismological Tables: ak 135 // Research School of earth Sciences Australian national University. Australia, Canberra, АСТ0200. 2005. P. 80.
10. Кульчицкий В.Е., Сафонова Г.П., Свидлова В.А. Годографы сейсмических волн Крымско-Черноморских землетрясений // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР (Крым-Карпаты) за 1983 г. Киев: Наукова думка, 1986. С. 94–103.

11. Brune J.N. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquake // J.Geophys. Res. 1970. V. 75. № 26. P. 4997–5009.
12. Пустовитенко Б.Г., Пантелеева Т.А. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крыма Киев: Наукова думка, 1990. 249 с.
13. Аптекман Ж.Я., Белавина Ю.Ф., Захарова А.И., Зобин В.М., Коган С.Я., Корчагина О.А., Москвина А.Г., Поликарпова Л.А., Чепкунас Л.С. Спектры *P*-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Переход от стационарного спектра к очаговому, и расчет динамических параметров очага // Вулканология и сейсмология. 1989. №2. С. 66–79.
14. Костров Б.В. Механика очага тектонического землетрясения. М.: Наука, 1975. 179 с.
15. Hanks Т.С., Канамори Н.А moment magnitude scale // J.Geophys. Res. 1979. 84. № 35. P. 2348–2350.
16. Пустовитенко Б.Г., Пустовитенко А.А., Капитанова С.А., Поречнова Е.И. Пространственные особенности очаговых параметров землетрясений Крыма // Сейсмичность Северной Евразии. Обнинск: ГС РАН, 2008. С. 238–242.

UPDATED FOCAL PARAMETERS OF 1990 EARTHQUAKES IN CRIMEA

B. G. Pustovitenko

Seismology Department of S.I. Subbotin Geophysics Institute UNAS, Simferopol, Republic of Crimea, Russia

E-mail: bpustovitenko@mail.ru

The article presents the results of re-interpretation of the amplitude spectra of volumetric seismic waves and dynamic parameters of the sources of 1990 perceptible earthquakes in Crimea and the strongest recurrent aftershocks.

The dynamic parameters of the foci have been updated taking into account new data on the focal mechanisms of the main shocks on 2 July and 16 August, 1990.

The 2 July earthquake occurred at 0 h.35 m. 50.9 sec. under the influence of horizontal compression stresses oriented in close to meridional direction.

One of the nodal planes NP1 had close to latitudinal strike (STK=93°) and the second NP2– South-West (STK=221°) stretch with a more gentle slope.

The slip along both nodal planes – right-hand along NP1 and left-hand along NP2 – is an up thrust-shift with the domination of the up thrust component.

The strike of the nodal plane NP1 coincides with the latitudinal ($Az=90\pm 10$) orientation of the first isoseist.

The 04^h32^m 18.3 sec earthquake on 16 August arose in the context of horizontal stretching. Both nodal planes were of diagonal orientation: STK=144 and STK=292.

There was a fall of the active rupture zone in the source.

The close to vertical plane NP1, whose azimuth of stretch is close to the orientation of the first isoseist can be taken as the most probable plane of rupture.

The focal mechanism parameters of both earthquakes were used to calculate the functions of the orientation of the bulk waves' radiation from the source and corrections for the orientation of radiation at the registering station.

Analog records of transverse S-waves at seismic stations "Alushta" "Kazantip", "Simferopol", "Sudak" and "Yalta" were used for the re-interpretation of focal parameters of 1990 earthquakes.

УТОЧНЕННЫЕ ОЧАГОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ КРЫМА 1990 ГОДА

For most of the studied earthquakes the new values of seismic moments M_0 and the radius of circular dislocation r_0 proved to be 1.1–1.5 times higher than the previous values. Meanwhile the released stress, shear strain and progress on the gap u were 2 and more times less than previously obtained.

In general, the updated basic dynamic parameters of the foci M_0 and r_0 correspond to medium long-term dependencies on the energy of earthquakes, being within the experimental error for the determined values.

The greatest compliance of M_0 and r_0 to long-term dependencies was obtained for the major earthquakes: the 12^h07^m earthquake on June 29 with $M_w=4.26$, 2 July earthquake at 0^h35^m with $M_w=4.25$ and the 16 August earthquake at 04h32m with $M_w=4.9$, for which the actual orientation of the radiation at the registering station was taken into consideration.

The magnitude of the seismic moment M_w and the energy of dislocation formation Eu in the source for the studied earthquakes have been estimated for the first time.

Taking into account the new data the focal parameters database was updated for their further use in scientific and applied tasks.

Keywords: focal mechanism, the orientation of the radiation, seismic moment, the radius of the dislocation, released stress, the energy of a dislocation, the moment magnitude.

References

1. Pustovitenko B.G., Kulchitsky V.E., Pustovitenko A.N., Panteleeva T.A., Porechnova E.I. Features of the Crimean-Black sea region seismicity in 1990 // Seismological Bulletin of the Western territorial areas of ISSN the USSR (Crimea-Carpathians) during 1990. Kiev: Naukova Dumka, 1994. P. 156–162.
2. Pustovitenko A.N., Panteleeva T.A. Earthquakes in the Crimea // Earthquakes in the USSR in 1990. Moscow: OIFZ RAN, 1996. P. 20–23.
3. Panteleeva T.A. Spectra and dynamic characteristics of the foci of earthquakes of the Crimea for 1990 // Seismological Bulletin of the Western territorial areas of ISSN the USSR (Crimea-Carpathians) during 1990. Kiev: Naukova Dumka, 1994. P. 167–179.
4. International Seismological Centre, On-line Bulletin // <http://www.isc.ac.uk>, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 1990.
5. Pustovitenko A.A., Pustovitenko B.G. New data about the processes in the source of the 2 July 1990 perceptible earthquake (Crimea) // Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine, №. 2, 2015. P. 102–109.
6. Pustovitenko B.G. The focal mechanism of perceptible earthquakes of the Crimean-Black Sea region in the last 20 years // Seismological Bulletin of Ukraine for the year 2000. The Sevastopol, SPC "ECO-Hydrophysics", 2002. P. 59–64.
7. Svidlova V.A. (compiled by). Catalog and details on the earthquakes of the Crimean-Black Sea region for 1990 // Seismological Bulletin of the Western territorial areas of ISSN the USSR (Crimea-Carpathians) during 1990. Kiev: Naukova Dumka, 1994. P. 5–69.
8. Balakina L.A., Vvedenskaya A.V., Golubeva N.V., Misharina L.A., Shirokova E.I. Field of elastic stresses of the Earth and the earthquake focal mechanism. Moscow: Nauka, 1972. 198 p.
9. Kennet B.L.N. Seismological Tables: ak 135 // Research School of Earth Sciences of the Australian National University. Australia, Canberra, ACT0200. 2005. P. 80.
10. Kulchitsky V.E., Safonova G.P., Svidlova V.A. The hodographs of seismic waves of the Crimean-Black sea earthquakes // Seismological Bulletin of the Western territorial areas of ISSN the USSR (Crimea-Carpathians) for 1983. Kiev: Naukova Dumka, 1986, P. 94–103.
11. Brune J.N. Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes // J.Geophys. Res. 1970. 75. № 26. P. 4997–5009.

12. Pustovitenko B.G., Panteleeva T.A. Spectral and focal parameters of earthquakes of Crimea, Kiev: Naukova Dumka, 1990. 249 p.
13. Aptekman Zh.Ya., Belavina Yu.F., Zakharova A.I., Zobin V.M., Kogan S.Ya., Korchagina O.A., Moskvina A.G., Polikarpova L.A., Chepkunas L.S. Spectra of P-waves in the problem of determining the dynamic parameters of earthquake sources. The transition from station to focal range and the calculation of dynamic source parameters // *Volcanology and seismology*, 1989. №. 2. P. 66–79.
14. Kostrov B.V. Mechanics of the tectonic earthquake focus. M.: Nauka, 1975. 179 p.
15. Hanks T.C., Kanamori H.A moment magnitude scale // *J.Geophys. Res.* 1979. 84. № 35. P. 2348–2350.
16. Pustovitenko B.G., Pustovitenko A.A., Kapitanova S.A., Porechnova E.I. Spatial features of focal parameters of earthquakes in the Crimea // *The Seismicity of Northern Eurasia*. Obninsk: GS RAS, 2008. P. 238–242.