

О ПРЕЕМСТВЕННОСТИ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПО ОЧАГОВЫМ ПАРАМЕТРАМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЭПОХУ ЦИФРОВОЙ РЕГИСТРАЦИИ

Проведен анализ очаговых параметров землетрясений Крыма, определенных по параллельным записям одних и тех же событий аналоговыми и цифровыми сейсмостанциями. Показано, что сейсмические моменты M_0 и моментные магнитуды M_w соответствуют друг другу, а радиусы круговой дислокации r_0 по цифровым станциям получаются несколько большими по сравнению с аналоговыми за счет более широкополосной амплитудно-частотной характеристики цифровых приборов. По независимым определениям M_0 и r_0 с использованием записей цифровых сейсмостанций за период 2001-2011 гг. рассчитаны корреляционные зависимости этих параметров от энергетического уровня землетрясений ($Kп$). В пределах погрешностей их построения новые зависимости $M_0(Kп)$ и $r_0(Kп)$ близки к долгосрочным по аналоговым записям и могут быть использованы при изучении геодинамики и моделировании акселерограмм сильных землетрясений.

Ключевые слова: землетрясение; сейсмический момент; радиус круговой дислокации; цифровая станция; амплитудный спектр; корреляция.

Введение

Очаговые параметры такие, как сейсмический момент, размеры разрыва и другие, определяются с использованием спектров записей сейсмических волн на сейсмостанциях [Аптекман и др., 1989]. Спектральный состав, динамические параметры сейсмических колебаний зависят как от свойств глубинной среды в очаговой зоне и на пути распространения волн, физических процессов в очаге, направленности излучения энергии в направлении очаг – станция, инженерно-геологических свойств среды под станцией регистрации, так и от амплитудно-частотных характеристик сейсмографов. Максимально полные знания о всех этих слагаемых обеспечивают надежность восстановления очаговых параметров и корректность их использования при различных геодинамических построениях.

Конец двадцатого и начало двадцать первого века характеризуются массовым переходом сейсмических станций от аналогового способа регистрации сейсмических колебаний к цифровому. При этом вместе со способом преобразования колебаний часто меняются и амплитудно-частотные характеристики приборов. Цифровой способ регистрации сейсмических колебаний отличается от аналогового тем, что аналоговые станции записывают колебания, пропорциональные смещению почвы, а цифровые – скорости. При этом цифровые станции обладают высокой частотой дискретизации сейсмической записи по времени, не доступной ранее при оцифровке аналоговых записей землетрясений. Вместе с тем, при обработке цифровых записей для выделения сейсмических волн используются различные полосовые фильтры, от корректности выбора которых зависит достоверность результатов их дальнейшей интерпретации.

Аналоговый (гальванометрический) способ регистрации сейсмических волн в Крыму существовал почти 80 лет. За этот период накоплен огромный экспериментальный материал, позволивший получить основные статистические закономерности по спектральным и динамическим параметрам сейсмических волн и очагов земле-

трясений, установить их пространственно-временные особенности и зависимости от энергии землетрясений, провести классификацию землетрясений по региональной энергетической шкале $Kп$ и унифицировать каталог местных землетрясений по сейсмическому моменту [Пустовитенко и др., 1989; Пустовитенко, Пантелеева, 1990, 1991; Пустовитенко и др. 2008]. С использованием экспериментального материала по аналоговым сейсмическим станциям выполнены фундаментальные и прикладные исследования ([Пустовитенко, 2003; Кульчицкий, Пустовитенко, 2008; Пустовитенко и др., 2010] и др.). В связи с этим встает естественный вопрос о преемственности ранее полученных закономерностей и зависимостей для их дальнейшего использования в эпоху цифровой регистрации при изучении геодинамики, моделирования акселерограмм сильных землетрясений и решении других научных задач.

Исходные данные

В Крыму замена аналогового способа регистрации на цифровой осуществлялась постепенно с сохранением параллельности записей на одном постаменте. Первые цифровые сейсмические станции системы SDAS [Красилов и др., 2006] были установлены в 2000 году на станциях “Симферополь” (SIM) и “Ялта” (YAL) параллельно со стандартными приборами с гальванометрической регистрацией. На этих цифровых станциях запись землетрясений проводится короткопериодными (ЕН) и длиннопериодными (ВН) группами каналов, которые регистрируют сейсмический сигнал, пропорциональный скорости колебаний почвы, в рабочем диапазоне от 0,1 до 20 Гц (ЕН) и от 0,01 до 4 Гц (ВН). Частота опроса соответственно 100 и 20 Гц.

В период с 2006 по 2007 г. другие станции Крыма также перешли на цифровой способ регистрации сейсмических колебаний короткопериодной аппаратурой MSP-III, изготовленной в отделе сейсмологии ИГ НАН Украины [Пустовитенко А. и др., 2008]. В 2009 г. аналоговая регистрация пре-

кращена на всех сейсмостанциях Крымской сети. До 2009 г. параллельно с цифровой продолжалась аналоговая регистрация на станциях “Симферополь” и “Алушта” и до 2007 г. – на станции “Ялта”.

Это позволило подобрать экспериментальный материал для прямых сравнений двух видов записей. Для анализа отобраны сейсмограммы только наиболее сильных землетрясений с четкими вступлениями продольных P- и S-волн, не осложненные микросейсмическим шумом.

Исходными данными для прямого сравнительного анализа послужили записи четырех наиболее сильных землетрясений юга Украины (табл. 1), полученные параллельно аналоговыми и цифровыми станциями регистрации “Алушта” (Алш, ALU) и “Симферополь” (Смф, SIM). Аббревиатура станций на русском языке означает аналоговый способ регистрации, а на английском – цифровой. Эти землетрясения произошли в разных сеймотектонических структурах: в восточной части Черноморской впадины (№ 1), на западном крае Большого Кавказа (№ 2), в районе континентального склона восточной части Черного моря (№ 3) и на Украинском кристаллическом щите (№ 4) на глубинах в диапазоне $h=10\div 34$ км [Сейсмологический..., 2003–2009].

Таблица 1

Основные параметры землетрясений, выбранных для сравнительного анализа

№ п/п	Дата (д.м.год)	t_0 (ч.мин.с)	Эпицентр		h (км)	Кп
			φ°, N	λ°, E		
1	04.03.2001	23 31 01.2	43.06	35.37	20	11.6
2	09.11.2002	02 18 15.1	46.12	37.84	34	13.3
3	07.11.2007	00 20 20.8	44.65	37.05	23	9.6
4	25.12.2007	04 09 34.8	47.99	33.54	10	9.7

Всего для общего анализа и расчета корреляционных связей спектральных и динамических параметров очагов от энергетического уровня по записям только цифровых сейсмических станций использованы данные о параметрах 61-го местного землетрясения Крыма в диапазоне энергетических классов $K_{II}=6,5\div 13,3$ за период 2001-2011 г. Аналоговые сейсмограммы оцифрованы ручным способом по характерным точкам [Грудева и др., 1967] и расчет амплитудных спектров выполнен экспресс методом [Пустовитенко, Пантелеева, 1990], а записи цифровых сейсмограмм обработаны программой WSG [Красилов и др., 2006] с расчетом спектров стандартным методом быстрого преобразования Фурье. Все записи переведены в истинные смещения с учетом амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) регистрирующих каналов, ежегодно определяемых на сейсмостанциях.

Методика и результаты прямых сопоставлений аналоговых и цифровых данных

Пример прямого сравнения амплитудных спектров одного из наиболее сильных землетрясений (№ 2) с $K_{II}=13,3$ по двум видам записи на ст.

Симферополь дан на рис. 1. Как по общему виду, так и по уровню спектральной плотности и ее спада по квадратичному закону с ростом частоты оба приведенных спектров близки между собой и соответствуют теоретической модели Брюна [Brune, 1970], принятой нами для оценки очаговых параметров [Пустовитенко, Пантелеева, 1990].

В модели Брюна амплитудный спектр объемных волн аппроксимируется двумя прямыми, одна из которых проходит параллельно оси частот по верхнему уровню спектральной плотности Ω_0 в длиннопериодной части, а другая – по спаду Ω в области высоких частот f по квадратичному закону, начиная с f_0 – угловой частоты. В данной модели очаг задается в форме круга радиуса r_0 , а дислокация \vec{U} на разрыве нарастает мгновенно под действием импульса напряжений.

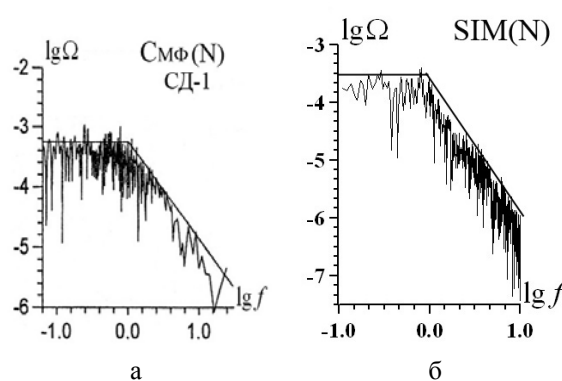


Рис. 1. Амплитудные спектры землетрясения 9 ноября 2002 г. в 02^h18^m с $K_{II}=13,3$ по записям аналоговых (а) и цифровых (б) приборов

Методика интерпретации спектров в рамках модели Брюна и расчета сейсмического момента M_0 по низкочастотному уровню спектра Ω_0 описана в [Аптекман и др., 1989; Пустовитенко, Пантелеева, 1990]. Скалярный сейсмический момент M_0 по стационарному спектру вычислялся по формуле:

$$M_0 = \frac{\Omega_0 (4\pi\rho \cdot V^3)}{R_{\theta\varphi} \cdot G(\Delta, h) \cdot C(\omega) \cdot S_m(\omega)} \quad (1)$$

где Ω_0 – максимальное значение спектральной плотности при $\omega \rightarrow 0$; V – скорость распространения волны; ρ – плотность пород в окрестности очага, $R_{\theta\varphi}$ – направленность излучения из очага на станцию; $G(\Delta, h)$ – поправка за геометрическое расхождение; $S_m(\omega)$ – функция поглощения в мантии; $C(\omega)$ – частотная характеристика земной коры по под станцией.

Геометрические размеры очага определялись по угловой частоте f_0 амплитудного спектра смещения. Частота f_0 связана с длительностью импульса, излученного очагом, которая, в свою очередь, определяется размером разрыва, скоростью вспарывания и положением точки наблюдения по отношению к очагу. Для дислокационной модели

Бруна с разрывом в виде круга, радиус дислокации r_0 вычисляется по формуле:

$$r_0 = 2.34 \frac{V_p}{2\pi f_0} \quad (2)$$

По найденным значениям сейсмического момента M_0 и размеров разрыва r_0 можно определить также средние величины напряжений в очаге: сброшенное $\Delta\sigma$ и кажущееся $\eta\bar{\sigma}$ и среднюю подвижку по разрыву \bar{U} по формулам из работ [Brune, 1970; Костров, 1975].

По значениям сейсмического момента вычислена магнитуда M_w с использованием формул Канамори [Hanks, Kanamori, 1979]: $M_w = 2/3 \cdot \lg M_0 - 10.7$, где M_0 имеет размерность *дин·см* (или в системе СИ: $M_w = 2/3 \cdot (\lg M_0 + 7) - 10.7$). Результаты прямого сравнения основных динамических параметров очагов по записям аналоговой и цифровой регистрации с использованием формул (1)–(2) представлены в табл. 2.

Прямое сравнение результатов решения обратной задачи восстановления очаговых параметров по аналоговым и цифровым записям (табл. 2) показало их хорошее согласие: расхождения не превысили 15 %. В то же время значения M_0 и r_0 , полученные по записям цифровых станций, несколько выше, чем по аналоговым записям, за исключением № 2. Поскольку наблюдения проводились параллельно, то все входные параметры для расчета M_0 и r_0 каждого землетрясения были одинаковыми. Поэтому полученные расхождения в оценках можно объяснить только различиями в АЧХ приборов. Уместно заметить, что в отличие от гальванометрического метода, для которого разработана теория и надежно определяется АЧХ [Аппаратура..., 1974], с калибровкой цифровых станций существуют определенные проблемы в связи с отсутствием единого стандартного метода [Пустовитенко А. и др., 2003]. Тем не менее, разброс определяемых величин для M_0 в пределах 11–15 % и r_0 – от 0 до 12 % позволяет сделать вывод о взаимном соответствии двух видов регистрации сейсмических колебаний при условии адекватного определения их АЧХ.

Таблица 2

Динамических параметры очагов землетрясений, определенные по аналоговым и цифровым записям

№ п/п	Станция	$M_0 \cdot 10^{13}$ Н·м	r_0 , км	M_w	ΔM_w	δr_0
1	Смф	486	1.23	4.4	0.1	0.11
	Sim	563	1.34	4.5		
2	Смф*	29377	1.33	5.6	-0.1	0.24
	Sim	20700	1.57	5.5		
3	Алш	7.72	0.34	3.2	0	0
	АЛУ	8.82	0.34	3.2		
4	Алш	34.9	0.91	3.7	0	0.13
	АЛУ	39.9	1.04	3.7		

Примечание: * – широкополосный сейсмограф СД-1.

Корреляционные соотношения очаговых параметров землетрясений

Помимо прямого сравнения проведен анализ соответствия новых определений очаговых параметров M_0 и r_0 по цифровым записям долговременным их зависимостям от энергетического уровня землетрясений: $M_0(Kп)$ и $r_0(Kп)$. В обоих случаях использованы средние значения M_0 и r_0 по группе станций, без коррекции на станционные поправки. Первые такие сравнения были сделаны по результатам обработки спектров отдельно в 2009, 2010, 2011 г. [Пустовитенко и др., 2011а, 2011б, 2012]. Было отмечено, что очаговые параметры по цифровым записям попадают в полосу погрешностей долговременных зависимостей. При этом большинство значений r_0 в 2009 и 2010 г. попали в верхний предел области ошибок проведения средней зависим $r_0(Kп)$, а в 2011 г. – в нижний.

В настоящей статье весь массив данных за период 2001-2011 гг. был объединен и рассчитаны зависимости $M_0(Kп)$ и $r_0(Kп)$. Расчеты, как и в работе [Пустовитенко, Пантелеева, 1990] проведены методом ортогональной регрессии по 61 паре средних значений $\overline{M_0}$, $\overline{r_0}$ и $\overline{Kп}$ (уравнения (3) и (6)).

$$\lg M_0 = (0,617 \pm 0,026)Kп + (15,24 \pm 0,24) \quad (3)$$

$$\lg M_0 = (0,58 \pm 0,01)Kп + (15,8 \pm 0,1) \quad (4)$$

$$\lg M_0 = (0,645 \pm 0,027)Kп + (15,14 \pm 0,27) \quad (5)$$

$$\lg r_0 = (0,107 \pm 0,008)Kп - (1,18 \pm 0,08) \quad (6)$$

$$\lg r_0 = (0,050 \pm 0,004)Kп - (0,76 \pm 0,04) \quad (7)$$

$$\lg r_0 = (0,112 \pm 0,011)Kп - (1,29 \pm 0,11) \quad (8)$$

На рис. 2 приведены экспериментальные значения M_0 и уравнение их аппроксимации с коэффициентом корреляции $\rho = 0,95$. Полученные уравнения (3) и (6) вида $\lg M_0 = aKп + b$ и $\lg r_0 = aKп + b$ в пределах погрешностей определения коэффициента a и b соответствуют таковым для аналоговых записей (уравнения (5) и (8)) периода 1955–2006 год. Корреляция (4), полученная за более короткий период наблюдений (1955–1987) хоть и отличается коэффициентами a и b , но расчетные значения (таблица 3) при равных $Kп$ близки между собой.

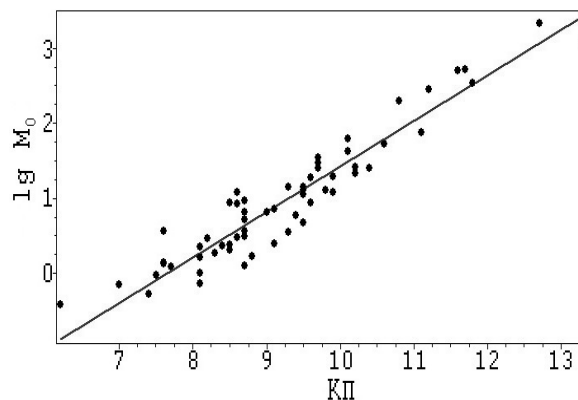


Рис. 2. Корреляционное соотношение между сейсмическим моментом и энергетическим классом землетрясений Крыма по данным цифровых сейсмостанций

Таблица 3

Расчетные значения M_0 и r_0 с использованием корреляционных зависимостей (3)–(8)

$K_{п}$	$Lg M_0$			r_0		
	3	4	5	6	7	8
8	20.18	20.44	20.3	0.47	0.44	0.40
10	21.41	21.6	21.64	0.78	0.55	0.68
12	22.64	22.76	22.88	1.27	0.69	1.13
14	23.88	23.92	24.17	2.08	0.87	1.9
16	25.12	25.08	25.46	3.4	1.1	3.18

Как видно из табл. 3, расхождения можно отметить только по значениям r_0 , особенно для сильных землетрясений с $K_{п} > 12$. Этот факт легко объясняется тем, что на уровень спектра, а значит и значения Ω_0 , которое лежит в основе определения сейсмического момента, рабочая частотная полоса сейсмического канала оказывает меньшее влияние, чем на выделение угловой частоты f_0 , по которой рассчитываются размеры очага r_0 . В любом случае выявленные сходства в оценке очаговых параметров землетрясений по цифровым и аналоговым записям свидетельствуют в пользу преимущества полученных ранее основных статистических закономерностей. С другой стороны их различия заставляют более детально исследовать влияние различных факторов, в том числе аппаратных, на форму записи и параметры спектров.

Заключение

Сравнения спектральных и динамических параметров очагов землетрясений Крыма, рассчитанных по записям аналоговой и цифровой аппаратуры, позволяют сделать заключение о преимуществах полученных ранее долговременных статистических закономерностей и зависимостей средних значений сейсмического момента и радиуса круговой дислокации от энергии землетрясений [Пустовитенко, Пантелеева, 1990; Пустовитенко и др., 2008]. Прямое сопоставление данных по цифровым и аналоговым станциям позволяет предположить, что более высокие значения r_0 по цифровым записям могут быть связаны с более широким частотным диапазоном приборов, позволяющим более точно определять угловую частоту f_0 . В связи с этим, при оценке прогнозных значений спектральных параметров для максимальных по энергетическому уровню землетрясений, например, в задачах по моделированию расчетных акселерограмм, рекомендуется использовать новую зависимость (формула б), определенную по цифровым записям. Исследования, несомненно, необходимо продолжить с использованием представительного экспериментального сейсмологического материала по землетрясениям в широком энергетическом, пространственном и временном диапазонах. Необходимо также изучить станционные особенности очаговых параметров по отношению к средним их определениям по группе станций и возможные их временные и пространственные флуктуации.

Литература

- Аппаратура и методика сейсмометрических наблюдений в СССР. – М.: Наука, 1974. – 243 с.
- Аптекман Ж.Я., Белавина Ю.Ф., Захарова А.И. и др. Спектры Р-волн в задаче определения динамических параметров очагов землетрясений. Переход от станционного спектра к очаговому и расчет динамических параметров очага // Вулканология и сейсмология. – 1989. – № 2. – С. 66–79.
- Грудева Н.П., Малиновская Л.Н., Наймарк Б.Н. Приближенное вычисление спектров сейсмических колебаний. Методы и программы для анализа сейсмических наблюдений // Вычислительная сейсмология. Вып. 3. – М.: Наука. – 1967. – С. 52–109.
- Костров Б.В. Механика очага тектонического землетрясения. – М.: Наука, 1975. – 179 с.
- Красилов С.А., Коломиец М.В., Акимов А.П. Организация процесса цифровых сейсмических данных с использованием программного комплекса WSG // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных – Обнинск: ГСН РАН. – 2006. – С. 77–83.
- Кульчицкий В.Е., Пустовитенко Б.Г. 80 лет инструментальным сейсмическим наблюдениям в Крыму. История создания, итоги и перспективы // Геофиз. журн. – 2008. – № 5. – С. 9–49.
- Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А. Сейсмичность Крыма в 2001 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2001 г. – Севастополь: НПЦ “ЭКОСИ – Гидрофизика”. – 2003. – С. 6–12.
- Пустовитенко А.Н., Свидлова В.А., Пасынков Г.Д., Сафонов И.П., Шаторный Б.И. Сейсмичность Крыма в 2006 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2006 год. – Севастополь: НПЦ “ЭКОСИ – Гидрофизика”. – 2008. – С. 6–12.
- Пустовитенко Б.Г. Сейсмические процессы в Черноморском регионе и сейсмическая опасность Крыма. Диссертация на соискание ученой степени д. ф.-м. н. – Киев. – 2003. – 387 с.
- Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Горячун А.В. Землетрясения Крымско-Черноморского региона. – К.: Наук. думка, 1989. – 192 с.
- Пустовитенко Б.Г., Калинюк И.В., Мержей Е.А. Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма 2009 года // Сейсмологический бюллетень Украины за 2009 год. – Севастополь: НПЦ “ЭКОСИ – Гидрофизика”. – 2011. – С. 11–23.
- Пустовитенко Б.Г., Калинюк И.В., Мержей Е.А. Спектральные и динамические параметры очагов землетрясений Крыма 2010 года // Сейсмологический бюллетень Украины за 2010 год. – Севастополь: НПЦ “ЭКОСИ – Гидрофизика”. – 2011. – С. 11–23.
- Пустовитенко Б.Г., Калинюк И.В., Мержей Е.А., Пустовитенко А.А. Очаговые параметры землетрясений Крыма 2011 года // Сейсмологический бюллетень Украины за 2011 год. – Севастополь: НПЦ “ЭКОСИ – Гидрофизика”. – 2012. – С. 17–35.

- Пустовитенко Б.Г., Кульчицкий В.Е., Калинин И.В., Мерзей Е.А., Пустовитенко А.А. Методология и методические основы моделирования сейсмических воздействий на высотные здания в Крыму // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК. – 2010. – Вип. 73. – С. 316–323.
- Пустовитенко Б.Г., Пантелеева Т.А. Спектральные и очаговые параметры землетрясений Крыма. – К.: Наук. думка, 1990. – 249 с.
- Пустовитенко Б.Г., Пантелеева Т.А. Изучение напряжений в Крымском сейсмоактивном регионе // Экспериментальная тектоника и полевая тектонофизика. – К.: Наук. думка. – 1991. – С. 273–279.
- 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.
- Сейсмологический бюллетень Украины за 2001–2009 гг. – Севастополь: НПЦ “ЭКОСИ – Гидрофизика”. – 2003–2011 гг.
- Brune J.N. Tectonic stress and the spectrum of seismic shear waves from earthquake // J. Geophys. Res. – 1970. – 75. – № 26. – P. 4997–5009.
- Hanks T.S., Kanamori H. A moment magnitude scale // J. Geophys. Res. – 1979. – 84. – № 135. – P. 2348–2350.

ПРО СПАДКОЄМНІСТЬ ДОВГОСТРОКОВИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ДЛЯ ВОГНИЩЕВИХ ПАРАМЕТРІВ ЗЕМЛЕТРУСІВ В ЕПОХУ ЦИФРОВОЇ РЕЄСТРАЦІЇ

Б.Г. Пустовітенко, Є.О. Мерзей

Проведено порівняльний аналіз вогнищевих параметрів землетрусів Криму, визначених за паралельними записами одних і тих же подій аналоговими і цифровими сейсмостанціями. Показано, що сейсмічні моменти M_0 і моментні магнітуди M_w відповідають одні одним, а радіуси кругової дислокації r_0 за цифровими станціями виходять дещо більшими, порівняно з аналоговими, за рахунок більш широкопasmової амплітудно-частотної характеристики цифрових приладів. За незалежними визначеннями M_0 і r_0 з використанням записів цифрових сейсмостанцій за період 2001–2011 рр. розраховано кореляційні залежності цих параметрів від енергетичного рівня землетрусів (K_{Π}). У межах похибок побудов нові залежності $M_0(K_{\Pi})$ і $r_0(K_{\Pi})$ близькі до довгострокових за аналоговими записами і можуть використовуватись для вивчення геодинаміки та моделювання акселерограм сильних землетрусів.

Ключові слова: землетрус; сейсмічний момент; радіус кругової дислокації; цифрова станція; амплітудний спектр; кореляція.

ABOUT CONTINUITY OF A LONG TIME REGULARITIES VIA PARAMETERS OF THE SOURCES OF EARTHQUAKES IN THE ERA OF DIGITAL RECORDING

B.G. Pustovitenko, E.A. Merjey

The comparative analysis of Crimea earthquakes sources parameters was carried out. These parameters were defined by parallel recordings of the same event by analog and digital seismic stations. It is shown that the seismic moments M_0 and the moment magnitudes M_w match each other, but radii of the circular dislocations r_0 by digital stations are somewhat higher in comparison to analog due to more broadband amplitude-frequency characteristics of digital devices. According to independent determinations of M_0 and r_0 with using of digital seismic records for the period 2001–2011 the correlations of these parameters with the energy level of earthquakes (K_{Π}) were calculated. Within the errors of their construction the new dependences $M_0(K_{\Pi})$ and $r_0(K_{\Pi})$ are close to the same long-term from analog records and they may be used to study of geodynamics and modeling of accelerograms of strong earthquakes.

Key words: earthquake, seismic moment, radius of the circular dislocation; digital station, amplitude spectrum; correlation.