

КАРПАТЫ

*Р.С. Пронишин¹, А.Ф. Стасюк¹, М.В. Чуба¹, Н.А. Симонова²,
Н.Я. Степаненко², И.В. Алексеев²*

¹Институт геофизики НАН Украины, г. Львов, *roman@seism.lviv.ua*

²Институт геологии и геофизики АН Молдовы, г. Кишинев, *kis-seismo@mail.ru*

Сейсмические исследования в Карпатском регионе в 2001 г., как и в [1], проводились сетью, состоящей из десяти стационарных сейсмических станций: «Львов», «Ужгород», «Ужгород (павильон)», «Межгорье», «Косов», «Рахов», «Моршин», «Тросник», «Нижнее Селище» и «Городок», оснащенных в основном аналоговой аппаратурой. Станции «Львов», «Тросник» и «Нижнее Селище» оборудованы также цифровыми автоматическими комплексами DAS-3 с датчиками типа СМ-3-КВ. После длительного перерыва, с октября 2001 г. начала работать сейсмическая станция «Городок» уже в качестве цифровой. Дополнительно при обработке землетрясений юго-западной части Северо-Западного района (№ 1) привлекались, как и в 2000 г. [1], данные режимных геофизических цифровых автоматических станций «Мукачево», «Берегово», «Королево» Карпатской опытно-методической геофизической экспедиции (ОМГП) отдела сейсмичности Карпатского региона. Основные параметры регистрирующей аппаратуры приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Сейсмические станции Карпат (в хронологии их открытия), работавшие в 2001 г., и параметры аналоговых станций

№	Станция			Год открытия	Координаты			Аппаратура				
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	$h_y, м$	Тип прибора	Комп- нента	V_{max}	$\Delta T_{max}, с$	Раз- вертка, мм/мин
		межд.	рег.									
1	Львов	LVV	Лвв	05.06.1899	49.82	24.03	320	СКД	N, E	1050	0.20–20	30
									Z	1050	0.20–20	30
								СКД, КПЧ	Z	100	0.20–18	30
								СД-1	N, E	85	16–50	15
									Z	850	17–55	15
								СД-1, КПЧ	Z	55	18–42	15
				08.10.1999				СКД	N, E, Z	DAS-03 – цифровая станция		
2	Ужгород	UZH	Ужг	1934	48.63	22.29	160	СКД	N, E, Z	940	0.20–20	30
								СКД, КПЧ	Z	70	0.20–20	30
								ВБП-3	N, Z	11.5	0.01–0.80	360
3	Межгорье	MEZ	Мжг	01.06.1961	48.51	23.51	440	СКМ-3	N, E, Z	31100	0.50–0.80	60
								СКМ-3, КПЧ	N, E, Z	2050	0.30–0.70	60
4	Ужгород (павильон)		Ужг(п)	10.11.1963	48.66	22.34	168	СКМ-3	N, E, Z	38000	0.50–0.80	60
								СКМ-3, КПЧ	N, E, Z	4100	0.30–0.80	60
								С-5-С	N, E, Z	20	0.10–0.80	
5	Моршин	MORS	Мрш	01.01.1978	49.14	23.90	262	СМ-3	Z	14200	0.50–1.00	60
6	Нижнее Селище	HSL	Нсл	01.03.1987	48.20	23.46	250	СКМ-3	Z	31900	0.50–0.90	60
				1998	48.20	23.46	250	СМ-3КВ	N, E, Z	DAS-03 – цифровая станция		
7	Тросник	TRS	Трс	01.08.1988	48.09	22.96	126	СМ-3КВ	Z	13800	0.50–0.80	60
				1998	48.09	22.96	126	СМ-3КВ	N, E, Z	DAS-03 – цифровая станция		
8	Косов	KOV	Кос	1961	48.31	25.07	450	СКД	N, E, Z	1050	0.20–19	30
								СКМ-3	N, E, Z	25000	0.30–0.80	60
								СКМ-3, КПЧ	N, E, Z	2100	0.30–0.70	60
9	Рахов	RAK	Рах	1956	48.05	24.20	495	СКМ-3	N, E, Z	32800	0.50–0.80	60
								СКМ-3, КПЧ	Z	3000	0.40–0.70	60

№	Станция			Год открытия	Координаты			Аппаратура				
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	$h_y, м$	Тип прибора	Комп- нента	V_{max}	$\Delta T_{max}, с$	Раз- вертка, мм/мин
межд.		рег.										
10	Городок (в 2000 г. не работала)	HOR	Гор	1991	49.18	26.50		СКМ-3	Z	27400	0.50–0.90	60
				12.10.2001	49.18	26.50		СКМ-3	N, E, Z	DAS-03 – цифровая станция		
	Берегово	BRG	Брг	12.07.2000	48.25	22.57	160	СМ-3КВ	N, E, Z	DAS-03 – цифровая станция		
	Мукачево	MUK	Мук	14.08.1996	48.45	22.69	152	СМ-3КВ	N, E, Z	DAS-03 – цифровая станция		
	Королево	KOR	Кор	12.08.1999	48.16	23.14	150	СМ-3КВ	N, E, Z	DAS-03 – цифровая станция		

Примечание. В [1] допущены технические ошибки по трем станциям: «Нижнее Селище» – напечатано для цифрового комплекта: $\varphi=48.82^\circ$, $\lambda=24.03^\circ$, $h=320 м$; должно быть: $\varphi=48.20^\circ$, $\lambda=23.46^\circ$, $h=250 м$; «Тросник» – напечатано для цифрового комплекта: $\varphi=49.90^\circ$, $\lambda=24.03^\circ$, $h=320 м$; должно быть: $\varphi=48.09^\circ$, $\lambda=22.96^\circ$, $h=126 м$; «Берегово» – напечатано для цифрового комплекта: $\varphi=48.18$, $\lambda=36.50$, $h=200 м$; должно быть: $\varphi=48.25^\circ$, $\lambda=22.57^\circ$, $h=160 м$.

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций Карпат типа DAS+СМ-3КВ в 2001 г.

Название станции	Тип датчика	Перечень имеющихся каналов и их характеристики	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Динамический диапазон, дБ
Львов	СМ-3КВ	EH(Z, N, E)v	0.05–18	100	100
		MH(Z, N, E)v	0.05–1.5	5	100
Нижнее Селище	СМ-3КВ	EH(Z, N, E)v	0.05–18	100	100
		MH(Z, N, E)v	0.05–1.5	5	100
Тросник	СМ-3КВ	EH(Z, N, E)v	0.05–18	100	100
		MH(Z, N, E)v	0.05–1.5	5	100
Берегово*	СМ-3КВ	EH(Z, N, E)v	0.05–18	100	100
		MH(Z, N, E)v	0.05–1.5	5	100
Мукачево*	СМ-3КВ	EH(Z, N, E)v	0.05–18	100	100
		MH(Z, N, E)v	0.05–1.5	5	100
Королево*	СМ-3КВ	EH(Z, N, E)v	0.05–18	100	100
		MH(Z, N, E)v	0.05–1.5	5	100
Городок	СКМ-3	EH(Z, N, E)v	0.05–18	100	100
		MH(Z, N, E)v	0.05–1.5	5	100

Примечание. Символом «v» обозначены велосиграф, знаком * помечены три станции другого подчинения.

Для определения параметров очагов карпатских землетрясений, кроме традиционных методов засечек и концентрических окружностей [2, 3], использовались региональная программа [4], с помощью которой определялось время возникновения землетрясения, координаты эпицентра, глубина очага, положение эллипса невязок, среднеквадратическая ошибка вычислений. Для учета влияния на результаты вычислений погрешности времен вступления сейсмических волн вводились соответствующие весовые коэффициенты. Для определения положения очагов неглубоких землетрясений применялись годографы объемных волн землетрясений Карпатского региона [5], а для глубокофокусных землетрясений района Вранча Румынии – годографы Джеффриса [6].

При трудностях в определении глубин очагов землетрясений Северо-Западного района (одностороннее размещение сейсмических станций, недостаточное число исходных данных и др.) их глубина h принималась равной 5–6 км, исходя из макросейсмических определений по сильным землетрясениям прошлых лет. Для землетрясений из прилегающих территорий Словакии, Венгрии, Румынии глубина задавалась в пределах земной коры (10–20 км).

Динамические характеристики землетрясений, зарегистрированные аппаратурой с аналоговой записью, определялись по прежней методике [3]. На сейсмических станциях, оснащенных цифровым автоматическим комплексом, энергетический класс и магнитуда определялись по длительности записи [7] по формулам (1, 2):

$$Md = 2.4 \lg(\tau_{мин}) + 1.6 \quad - \text{ для землетрясений с } K_p \geq 12 \text{ и } h \geq 70 \text{ км}, \quad (1)$$

$$Md = 2.67 \lg(\tau_{мин}) + 1.65 \quad - \text{ для слабых } (M \leq 4) \text{ землетрясений.} \quad (2)$$

Длительность записи измерялась в минутах от первых вступлений до амплитуды

$$A_{сигнал} \geq 1.25 A_{шум}. \quad (3)$$

В 2001 г. в Карпатском регионе зарегистрировано 87 землетрясений с $K_p=5.5-13.3$, из которых локализовано 44 (рис. 1). Для остальных 43 событий, зарегистрированных одной или двумя сейсмическими станциями, определен только район эпицентра, время возникновения, энергетический класс и магнитуда [7]. Сведения о распределении землетрясений по районам, энергетическим классам и величине выделившейся сейсмической энергии приведены в табл. 3 из [7].

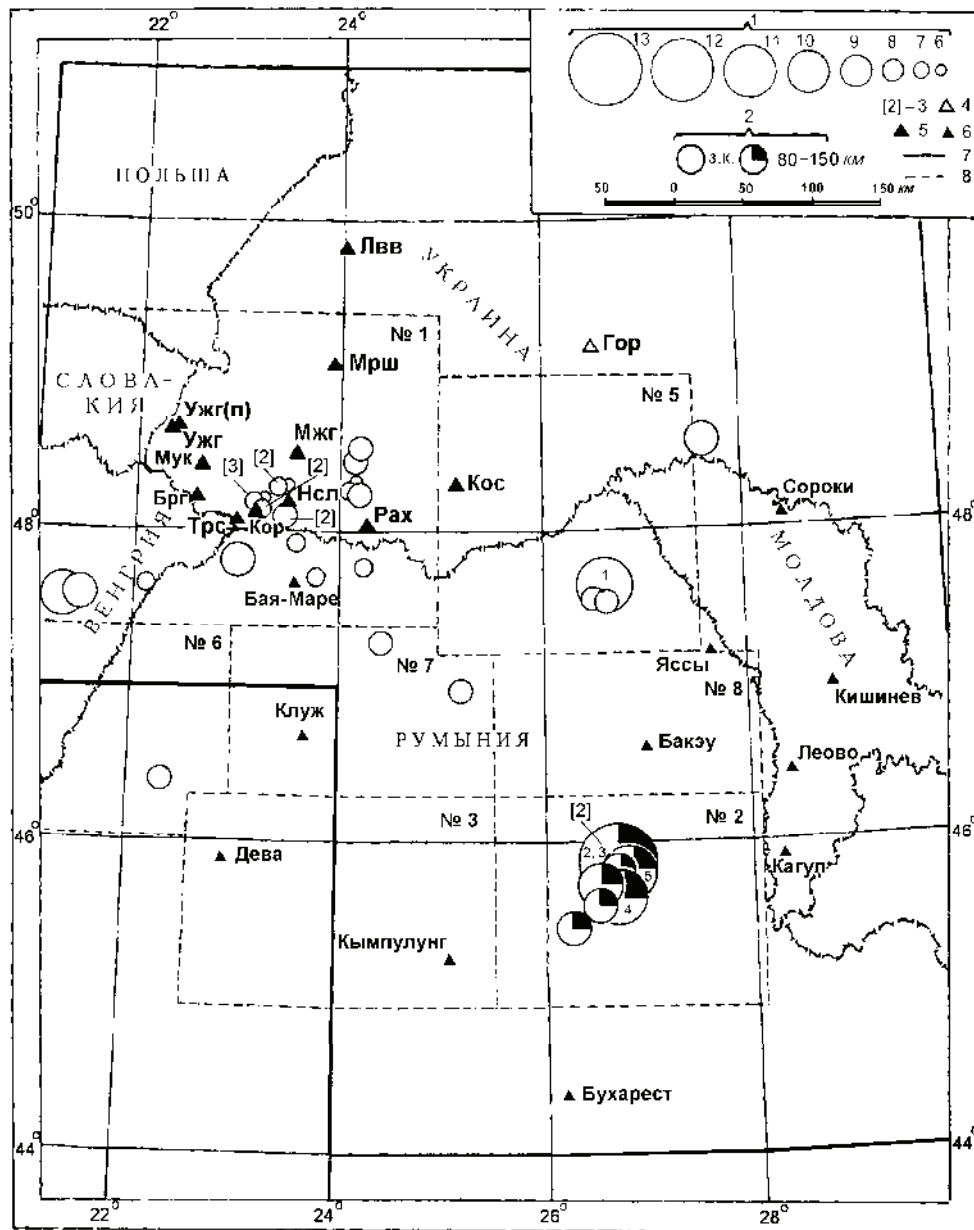


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Карпат за 2001 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра: з/к и 80–150 км; 3 – в квадратных скобках указано число эпицентров с одинаковыми координатами; 4, 5 – сейсмическая станция Карпатского региона и прилегающих территорий соответственно; 7, 8 – граница региона и района соответственно. Номера сильных ($K_p \geq 10.6$) землетрясений даны в соответствии с первой графой регионального каталога [8].

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам за 2001 г.

№	Район	K_p								N_{Σ}	$\Sigma E \cdot 10^{10}$, Дж
		5-6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Северо-Западный										
	а – Закарпатье	2(4)	2(4)	3	–	–	–	–	–	7(8)	0.0417
	б – Предкарпатье	–	–	4	–	–	–	–	–	4	0.0317
	в – Волынская возвышенность	–	–	1	–	–	–	–	–	1	0.0200
	г – Словакия	(2)	(3)	–	1	–	–	–	–	1(5)	0.1320
	д – Венгрия	–	(6)	1(1)	–	–	–	–	–	1(7)	0.0208
	е – Румыния, северо-западная часть	–	2(3)	1(2)	–	–	–	–	–	3(5)	0.0242
ж – Румыния, Сигет	–	3(1)	3	5	–	–	–	–	11(1)	0.4640	
2	Вранча										
	а – горы Вранча	–	–	–	5(7)	5(5)		3	1	14(12)	2580.000
	б – Предкарпатский прогиб	–	–	(1)	(1)	(2)	–	–	–	(4)	1.2100
в – Добруджа	–	–	–	–	1	–	–	–	1	2.510	
3	Южные Карпаты	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	Банат*	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	Буковина	–	–	1	–	–	–	–	–	1	0.0200
6	Кришана	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	Трансильвания	–	–	(1)	–	–	–	–	–	(1)	0.0100
8	Бакэу	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Всего	2(6)	7(17)	14(5)	11(8)	6(7)	–	3	1	44(43)	2584.4844

Примечание. Деление районов №1, №2 на подрайоны, по сравнению с таковым в [1], изменилось; в скобках приведено число землетрясений без координат; знаком * отмечен район вне границ территории, для которой обрабатываются землетрясения.

Выделившаяся сейсмическая энергия в 2001 г. составила $\Sigma E = 2.58 \cdot 10^{13}$ Дж, что почти в два раза выше соответствующего уровня ($\Sigma E = 1.33 \cdot 10^{13}$ Дж) в 2000 г. [1]. Практически вся энергия высвобождена в очагах Вранча (район № 2).

Выделение сейсмической энергии на протяжении года было неравномерным. Максимумы наблюдались в марте, мае, июле и октябре. В остальные месяцы уровень выделившейся энергии колебался в пределах $3.76 \cdot 10^9 - 4.62 \cdot 10^{10}$ Дж и только в апреле уровень выделения энергии был минимальным. Наибольшее число сейсмических событий зарегистрировано в июне, августе, сентябре и декабре (рис. 2).

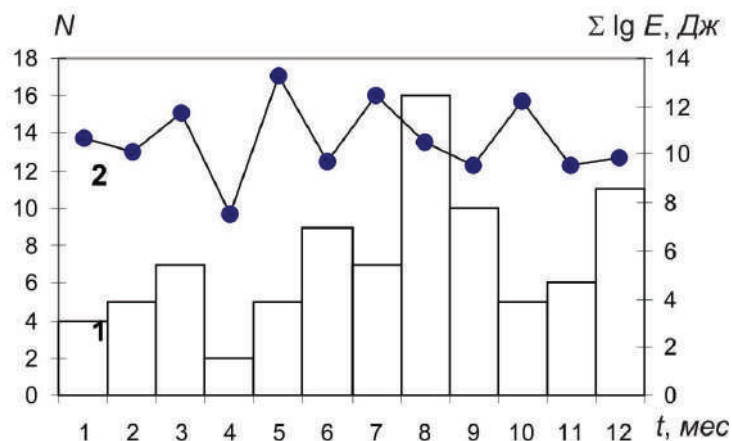


Рис. 2. Распределение числа землетрясений (1) и логарифма выделенной энергии (2) по месяцам за 2001 г.

В Северо-Западном районе (№ 1) зарегистрировано 54 землетрясения с $K_p = 5.5 - 9.1$, из которых локализованы только 28. Рассмотрим их по отдельным участкам.

В Закарпатье произошло 15 землетрясений с $K_p=5.5-8.3$, но координаты очагов определены только для семи. Они произошли в пределах ранее [9] выделенных сейсмоактивных зон. Четыре землетрясения приурочены к Перипенинскому глубинному разлому, из них три (9 октября в 10^h35^m с $K_p=7.4$, 10 ноября в 21^h13^m с $K_p=8.0$ и 7 декабря в 12^h15^m с $K_p=6.1$) локализованы вблизи с. Долгого, а один (11 июля в 11^h08^m с $K_p=7.7$) – вблизи с. Нижнее Селище. Еще одно землетрясение зафиксировано 6 декабря в 12^h24^m с $K_p=6.3$ в Солотвинской впадине (Тячев-Сигетская сейсмоактивная зона), два других – в Чоп-Мукачевской впадине вблизи г. Виноградов (10 марта в 14^h53^m с $K_p=6.8$) и вблизи г. Хуст (29 ноября в 20^h57^m с $K_p=8.3$).

Особый интерес вызывает сейсмичность Предкарпатья. Здесь зафиксировано четыре землетрясения довольно высокого энергетического класса (7 апреля в 06^h03^m с $K_p=7.5$; 27 июля в 13^h00^m с $K_p=7.8$; 16 октября в 14^h14^m с $K=8.2$ и 21 октября в 23^h32^m с $K_p=7.8$). Их очаги расположились вдоль Предкарпатского прогиба с юго-востока на северо-запад от Косова до г. Перегинск. Расстояние между крайними событиями составляет 75 км. Эти землетрясения зарегистрированы всеми сейсмическими станциями Карпатской сети, оснащенными короткопериодной аппаратурой.

Еще одно необычное сейсмическое событие произошло 14 сентября в 14^h03^m с $K_p=8.3$ в восточной части Кременецкой возвышенности, записанное сейсмическими станциями «Городок», «Косов» и «Межгорье» на расстоянии до 300 км. Несмотря на одностороннее расположение сейсмических станций, точность определения координат эпицентра высокая (± 10 км) благодаря наличию волн различных фаз (Pg , Pn , Sg , Sn).

В Словакии зарегистрировано шесть событий, из которых локализовано только одно, произошедшее 1 сентября в 10^h00^m с $K_p=9.1$, хотя его нет на рис. 1, т.к. оно чуть западнее границ региона ($\varphi=48.46^\circ N$, $\lambda=19.96^\circ E$ [7]). Пять остальных толчков – более слабые (13 февраля в 10^h26^m с $K_p=6.7$, 6 июня в 10^h51^m с $K_p=6.2$, 6 августа в 12^h07^m с $K_p=7.4$, 30 августа в 11^h17^m с $K_p=6.4$ и 14 декабря в 12^h03^m с $K_p=7.3$).

В Венгрии ситуация та же – локализовано лишь одно землетрясение 23 сентября в 23^h25^m с $K_p=8.0$. Оно же и самое сильное из девяти зарегистрированных событий (9 мая в 07^h01^m с $K_p=7.6$, 6 июня в 10^h11^m с $K_p=7.2$, 7 сентября в 10^h50^m с $K_p=7.2$, 24 сентября в 00^h18^m с $K_p=6.5$ и трех толчков в декабре (5-го в 13^h15^m с $K_p=6.5$, 11-го в 02^h53^m с $K_p=7.3$, 19-го в 10^h02^m с $K_p=7.0$) [7]).

Повышенная сейсмическая активность наблюдалась в северной Румынии, где записано 20 землетрясений, координаты очагов определены для 14. Два из них (9 марта в 14^h27^m с $K_p=7.2$ и 20 июля в 12^h20^m с $K_p=7.3$) отмечены в северо-западной части Мармароша вблизи Сату-Марэ и одно (26 июня в 15^h56^m с $K_p=7.6$) – вблизи Бая-Марэ. Остальные 11 землетрясений зафиксированы вблизи Сигета (восточная часть Мармароша), где сейсмическая деятельность проявилась двумя роями землетрясений 7–9 августа и 4 сентября. На юге Закарпатья сотрясений от этих землетрясений не было, несмотря на довольно высокий энергетический класс ($K_{max}=9.1$ для 9 августа в 03^h24^m). В прошлом, в 1970–1972 гг., здесь произошли довольно сильные землетрясения с $K_p=10-11$, которые проявились на юге Закарпатья с интенсивностью 4–5 баллов [9].

В сейсмоактивном районе **Вранча (№ 2)**, расположенном в Румынии, сетью карпатских сейсмических станций Украины и Молдовы зарегистрировано 31 землетрясение в широком диапазоне энергетических классов $K_p=8.0-13.3$. Очаги 26 из них – глубокие (80–150 км), координаты определены только для 14. Одно землетрясение (19 января в 15^h12^m с $K_p=10.4$) – мелкое ($h=20$ км) и локализовано в Добрудже, южнее г. Галац.

Три землетрясения из области Вранча с промежуточной глубиной очага (129–154 км), произошедшие 4 марта, 24 мая и 20 июля, были ощутимы на территории Молдовы с интенсивностью до 4–5 баллов и детально описаны ниже. Макросейсмические данные получены анкетным способом от постоянных сейсмокорреспондентов и из телефонных сообщений на сейсмическую станцию «Кишинев». Ниже приводится описание проявлений землетрясений в различных населенных пунктах Республики Молдова, где в сельской местности они относятся к одноэтажным зданиям, в основном саманным.

Землетрясение 4 марта с $K_p=11.7$ и $h=151$ км [7, 8] локализовано в горах Вранча в 130 км к северу от Бухареста. Для выявления макросейсмического эффекта были разосланы 44 анкеты, ответ получен из 26 населенных пунктов. Землетрясение ощущалось в 12-ти населенных пунктах юго-западной части территории Молдовы (табл. 4, рис. 3).

Таблица 4. Макросейсмические сведения о землетрясении 4 марта в $15^{\text{h}}38^{\text{m}}$ с $K_p=11.7$ и $h=151$ км

№	Пункт	AZM°	Δ , км	№	Пункт	AZM°	Δ , км
1	4 балла	50	211	12	с. Кортен	72	203
	с. Карпинены			<u>Не ощущалось</u>			
2	3–4 балла	74	158	13	с. Дезгинже	61	209
	г. Кагул			14	г. Чадыр-Лунга	73	212
3	с. Гаваносы	80	169	15	с. Валя Пержей	74	214
4	г. Леово	55	184	16	с. Калинешты	22	242
5	г. Комрат	64	207	17	г. Бендеры	54	248
6	с. Липовены	54	234	18	с. Кырнацены	63	262
7	с. Сагул Ноу	59	239	19	пгт Глодяны	22	266
8	3 балла	58	249	20	с. Корнешты	29	273
	с. Батыр			21	г. Бельцы	27	278
9	г. Кишинев	49	257	22	пгт Штефан Водэ	33	294
10	2–3 балла	35	217	23	пгт Дубоссары	48	295
	с. Валя Маре			24	с. Григориополь	52	295
11	2 балла	84	171	25	г. Тирасполь	60	299
	пгт Вулканешты			26	с. Чинеушцы	38	312
				27	г. Резина	39	322

Примечание. Сокращения в табл. 4, 6, 8: г. – город; пгт – поселок городского типа; с. – село.

Максимальная интенсивность сотрясений 4 балла зафиксирована в с. Карпинены уезда Лапушна, где это землетрясение ощущалось многими людьми, сидящими или лежащими. Слабо дребезжали окна, двери, посуда. Колебания схожи с воздействием тяжело груженного транспорта. Слышался слабый гул.

Несколько меньшая интенсивность, равная 3–4 баллам, отмечена в городах Кагул, Леово, Комрат и в нескольких селах (табл. 4) в диапазоне эпицентральных расстояний $\Delta=158\text{--}239$ км. В Кагуле ощущался непродолжительный толчок, как будто проехала машина с грузом; в Леово ощущался многими толчок длительностью 3–4 с. Испугались немногие, колебания были, как от падения тяжелых предметов. В Комрате землетрясение ощущалось немногими людьми, находящимися в спокойном состоянии внутри помещений. В некоторых из них покачивались и звенели люстры, открывались дверцы шкафов. У сейсмокорреспондента И.П. Кузнецовой упало с книжных полок несколько открыток и бумажных картинок. В с. Гаваносы Кагульского уезда многие ощущали несколько быстрых колебаний в юго-западном направлении. В с. Липовены уезда Лапушна многие люди ощутили слабый горизонтальный толчок, никто не испугался. Качались двери, люстры, колебалась вода в сосудах. Колебания были, как от проезжающего тяжело груженного транспорта.

Легкие колебания в 3 балла наблюдались в Кишиневе, где их ощутили многие жители, находящиеся в спокойном состоянии на различных этажах зданий. Слышалось дребезжание оконных стекол и в с. Батыр уезда Лапушна, где слабо колебались люстры, лампочки и немногими людьми ощущался быстрый толчок.

В с. Валя Маре Унгенского уезда событие ощущалось немногими людьми, находившимися в спокойном состоянии. Отмечено беспокойство кур и лошади, которое прошло через полминуты.

Северная часть территории Молдовы сотрясениям не подвергалась. Из городов Бендеры, Тирасполь, Бельцы, Резина, пгт. Штефан Водэ, Дубоссары, Глодяны получен отрицательный ответ на вопросы анкеты.

Две изосейсты на рис. 3 проведены в *ред.* весьма приближенно и соответствуют значениям $I=3\text{--}4$ и $2\text{--}3$ балла. При этом с. Карпинены хорошо вписывается в первую из них, свидетельствуя о том, что здесь, по всей вероятности, имеют место лессовые грунты, давшие локальное повышение интенсивности колебаний. Обе изосейсты имеют форму эллипса с продольной осью по азимуту $AZM=50^\circ$.

Для этого землетрясения имеются решения механизма очага [10] по данным двух центров – ZUR и MED (табл. 5), полученные по методу тензора момента, которые близки (рис. 3).



Рис. 3. Схема распределения интенсивности сотрясений при землетрясении 4 марта 2001 г. в 15^h12^m с $K_p=11.7$ и $h=151$ км, а также стереограммы механизма его очага

1 – интенсивность по шкале MSK-64; 2 – город; 3 – инструментальный эпицентр; 4 – изосейста (проведена *ред.*); 5 – государственная граница

Таблица 5. Параметры механизма очага землетрясения 4 марта в в 15^h12^m [10] с $K_p=11.7$, $h=151$ км [8]

Агентство	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
ZUR	04.03	15 38 45.0	138	4.8	47	262	43	94	6	359	301	64	139	52	54	33
MED	04.03	15 38 53.2	136	5.3	56	255	30	106	14	7	63	41	39	301	66	124

Землетрясение произошло под действием явного преобладания напряжений сжатия, ориентированных на север. Обе нодальные плоскости залегают достаточно круто, одна из них (NP1) имеет северо-западное простирание, вторая (NP2) – северо-восточное. Тип движения в очаге – взброс с компонентами сдвига (по плоскости NP1 – правостороннего, по плоскости NP2 – левостороннего). Сопоставление ориентации нодальных плоскостей с изосейстами позволяет выбрать в качестве истинной плоскость NP2.

Землетрясение 24 мая с $K_p=13.3$ и $h=152$ км по своей величине и макросейсмическим проявлениям было самым сильным в 2001 г. Разослано 65 анкет, а ответ получен на 45 из них из 32 населенных пунктов. Сотрясениями была охвачена большая часть территории Молдовы (табл. 6, рис. 4).

В шести населенных пунктах на юго-западе Молдовы (города Кагул и Комрат, поселки Вулканешты и Тараклия, села Рошу и Лебеденко Кагульского района) интенсивность колебаний достигла 5 баллов. В Кагуле землетрясение почувствовали большинство людей в помещениях и на улице. Раскачивались двери, падали неустойчивые предметы, колебалась вода в сосудах. Немногие спящие просыпались. Беспokoились домашние птицы и животные до и во

время землетрясения. Одна собака взяла в зубы вещи хозяина и начала его тормозить, чтобы он проснулся. В Комрате перед землетрясением, которое ощутили большинство жителей на различных этажах зданий, был слышен гул, похожий на звук едущей машины. А во время толчка раздавался другой звук, как будто стучали молотком по стене. Качалась мебель, вазы с цветами, открывались дверцы шкафов, падали легкие предметы, качались ветки деревьев и кустарников. Испуганные люди выбегали на улицу. Беспokoились собаки и кошки. В Вулканештах, Рошу, Лебеденко и Тараклия также слышался гул, быстрые колебания ощутили большинство жителей, беспокоились животные.

Таблица 6. Макросейсмические сведения о землетрясении 24 мая в 17^h34^m с $K_p=13.3$, $h=152$ км

№	Пункт	AZM°	Δ, км	№	Пункт	AZM°	Δ, км
<u>5 баллов</u>				24	с. Липовены	57	206
1	с. Рошу	79	136	25	с. Сатул Ноу	64	206
2	г. Кагул	82	137	26	пгт Калараш	40	218
3	с. Лебеденко	84	143	27	с. Батыр	61	222
4	пгт Вулканешты	92	153	28	г. Бельцы	26	248
5	пгт Тараклия	84	173	29	с. Кырнацены	65	256
6	г. Комрат	69	182	30	пгт Штефан Водэ	70	262
<u>4–5 баллов</u>				31	с. Кицканы	65	266
7	с. Паику	78	134	32	пгт Слободзея	65	272
8	с. Этулия	99	156	<u>3 балла</u>			
9	с. Кортен	78	173	33	пгт Дубоссары	50	266
10	с. Балаурешты	44	185	34	пгт Григориополь	54	267
<u>4 балла</u>				35	пгт Резина	40	292
11	с. Котиганы	81	139	<u>2–3 балла</u>			
12	с. Джурджулешты	102	140	36	с. Калинешты	21	213
13	с. Гаваносы	88	150	<u>2 балла</u>			
14	г. Леово	59	156	37	с. Яблona	21	241
15	с. Князевка	58	188	38	с. Марамоновка	19	286
16	с. Коштангалия	61	204	<u>Не ощущалось</u>			
17	г. Кишинев	51	229	39	с. Ковурлуй	57	178
18	г. Тирасполь	63	272	40	с. Сарата Веке	25	220
<u>3–4 балла</u>				41	пгт Глодяны	20	237
19	с. Дезгинже	66	183	42	с. Корнешты	28	244
20	с. Валя Маре	35	187	43	с. Пражила	29	263
21	с. Валя Пержей	79	191	44	с. Пуркары	70	274
22	пгт Чимишлия	64	199	45	с. Чинешеуцы	39	282
23	с. Твардица	74	202				

В с. Этулия Вулканештского района, где интенсивность колебаний составила 4–5 баллов, большинство жителей отметили два толчка, т.е. ощутимыми были, по-видимому, не только более интенсивные поперечные S -волны, но и вступление продольных P -волн. Многие выбежали на улицу. Колебания были схожи с воздействием проезжающего тяжело груженного транспорта. Еще более сложное воздействие отмечено в с. Кортен Тараклийского уезда, где ощущался сначала один толчок вертикальный, затем еще 3–4. Отмечено покачивание кузова легковой машины.

Четырехбалльные колебания дошли до Кишинева и р. Днестр, общее число населенных пунктов с $I=4$ балла – восемь (табл. 6). В основном слышался подземный гул, наблюдались колебания люстр, звон посуды и стекол окон. В Кишиневе сейсмической станцией одноименного названия получено 26 сообщений по телефону о проявлении землетрясения на различных этажах зданий. Ощущали 1–2 резких толчка, затем – более слабые колебания. Качались люстры, дребезжали стекла в окнах и сервантах, слышался звон посуды. Некоторые жители первых этажей выбегали на улицу.

Макросейсмический эффект в 3–4 балла наблюдался в 14 населенных пунктах. В г. Бельцы землетрясение почувствовали немногие жители, стоявшие или лежавшие. Дребезжали двери, посуда, падали на верхних этажах небольшие предметы.

Более слабые проявления с $I=3$ балла наблюдались к северо-востоку территории Молдовы. Так в г. Дубоссары сейсмокорреспондент на пятом этаже отметил два горизонтальных толчка. Дребезжали стаканы, покачивались люстра. Колебания были схожи с таковыми при падении предметов. В пгт Григориополь на верхних этажах ощущалось 1–2 толчка. Слегка звенела посуда, в ванной колебалась вода. Беспokoились животные во время землетрясения, в том числе козы, находившиеся в огороде. Слегка перекосилась картина на пятом этаже.

Село Яблoна Бельцкого уезда отнесено к двухбалльной зоне: колебаний никто не ощутил, но сейсмокорреспондент Г.П. Попов утверждает, что, находясь в поле, услышал гул, а находившиеся рядом животные вели себя странно и беспокойно за 1–1.5 минуты до времени, указанного в анкете. В пгт Глодяны и в селах Ковурлуй, Пуркары, Корнешты, Сарата Веке, Чинешеуцы и Пражила землетрясение не ощущалось.

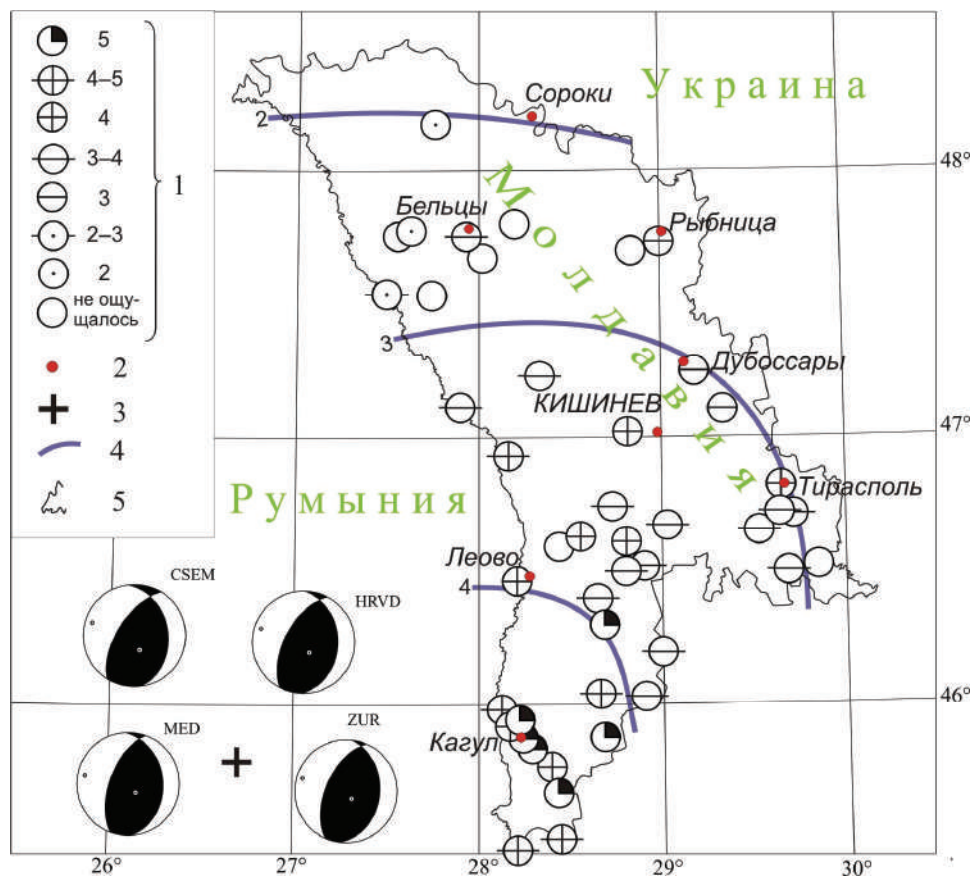


Рис. 4. Схема распределения интенсивности сотрясений при землетрясении 24 мая 2001 г. с $K_p=13.3$, $h=152$ км и стереограммы механизма его очага по решениям четырех центров

1 – интенсивность по шкале MSK-64; 2 – город; 3 – инструментальный эпицентр; 4 – изосейста (проведена *ред.*); 5 – государственная граница

Система из трех незамкнутых изосейст на рис. 4 (*ред.*) достаточно сложная для интерпретации, т.к. как фрагментарна. Выделяются пункты с явными локальными занижениями или завышениями интенсивности сотрясений. Положение фрагментов изосейст с интенсивностью $I=4, 3$ балла на территории Молдовы достаточно надежное.

Решение механизма очага этого землетрясения [10] получено в четырех центрах – HRVD, ZUR, MED и CSEM (табл. 7).

Таблица 7. Параметры механизма очага землетрясения 24 мая в 17^h34^m [10] с $K_p=13.3$, $h=152$ км [8]

Агентство	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
HRVD	24.05	17 34 06.4	139	5.2	71	150	12	21	14	288	1	33	67	208	60	104
ZUR	24.05	17 34 01	141	5.2	76	143	8	19	12	287	204	57	100	7	34	76
MED	24.05	17 34 07.3	143	5.8	72	141	11	15	14	282	356	32	69	201	60	103
CSEM	24.05	17 33 58	150	5.3	66	160	19	22	15	287	352	34	55	212	63	111

По всем решениям напряжения сжатия близгоризонтальны (рис. 4), что дает преобладающую подвижку типа сброса по близвертикальной плоскости NP2 с компонентами правостороннего сдвига по данным HRVD, MED и CSEM и типа надвига по близгоризонтальной плоскости NP1 с компонентами левостороннего сдвига. Решение ZUR несколько иное: взброс по NP1 и надвиг по NP2 с компонентами левостороннего сдвига.

Землетрясение 20 июля с $K_p=12.5$ и $h=137$ км проявилось в юго-западной части территории Молдовы с интенсивностью до 5 баллов. Трехбалльные колебания дошли до Днестра (табл. 8, рис. 5).

Таблица 8. Макросейсмические сведения о землетрясении 20 июля в 05^h09^m с $K_p=12.5$, $h=137$ км

№	Пункт	AZM°	Δ , км	№	Пункт	AZM°	Δ , км
	<u>5 баллов</u>				<u>3 балла</u>		
1	с. Этулия	101	136	14	с. Валя Маре	30	175
	<u>4–5 баллов</u>			15	г. Бельцы	22	240
2	г. Кагул	81	116	16	г. Тирасполь	61	254
3	с. Гаваносы	88	129		<u>2–3 балла</u>		
4	г. Леово	54	139	17	с. Кицканы	63	247
	<u>4 балла</u>				<u>Не ощущалось</u>		
5	г. Комрат	67	162	18	с. Дезгинже	63	164
	<u>3–4 балла</u>			19	с. Твардица	73	182
6	с. Кортен	77	153	20	с. Батыр	59	204
7	г. Измаил	105	170	21	с. Калинешты	16	207
8	с. Валя Пержей	78	171	22	с. Яблона	16	234
9	с. Балаурешты	39	171	23	с. Кырнацены	64	237
10	с. Сатул Ноу	62	188	24	пгт Дубоссары	47	251
11	г. Кишинев	47	213	25	с. Пражила	25	253
12	с. Корнешты	24	234	26	с. Пуркары	69	259
13	с. Ковурлуй	67	257	27	с. Чинешеуцы	35	269

Для этого землетрясения было получено 27 анкет с описанием макросейсмических проявлений. В с. Этулия Вулканештского района колебания ощущались большинством жителей в направлении с запада на восток. Многие в страхе выбегали на улицу, что позволяет оценить интенсивность сотрясений до 5 баллов. Перед землетрясением был слышен гул.

В г. Комрате землетрясение ощутили многие жители в домах на разных этажах и на улице. Немногие спящие просыпались. Отмечено два коротких толчка (что характерно для глубоких очагов) в направлении с запада на восток. Был слышен гул, как будто двигалось большое количество транспорта. Беспokoились некоторые собаки и кошки, дребезжала посуда, падали открытки с полок. Такой же эффект наблюдался в городах Кагул и Леово.

Сотрясения с $I=3-4$ балла замечены в с. Валя Пержей Тараклийского района некоторыми жителями, сидящими или лежащими. Толчков было 2–3. Слабо покачивались подвески на люстре. Схожие проявления землетрясения интенсивностью в 3–4 балла отмечены в восьми анкетах (табл. 8).

В Кишиневе получен десяток телефонных сообщений о проявлении этого землетрясения на различных этажах зданий. Люди, находившиеся в состоянии покоя, ощутили 1–2 толчка, заметили легкое дрожание мебели, колебание воды в сосудах, что позволяет оценить эти проявления с интенсивностью 3 балла. В Тирасполе и Бельцах некоторые жители, находящиеся в состоянии покоя ощутили толчок и слабое дребезжание стекол. К северу от г. Бельцы землетрясение 20 июля не ощущалось, что отмечено в десяти анкетах.

Три изосейсты на карте (рис. 5.), соответствующие $I=4-5$ и $3-4$ и $2-3$ балла, проведены *ред.* весьма условно, поскольку поле между ними очень сложное, т.к. содержит несколько пунктов, где землетрясение не ощущалось.

Для этого землетрясения на рис. 5 решения для механизма очага [10] представлены по трем центрам – HRVD, ZUR, MED (табл. 9).

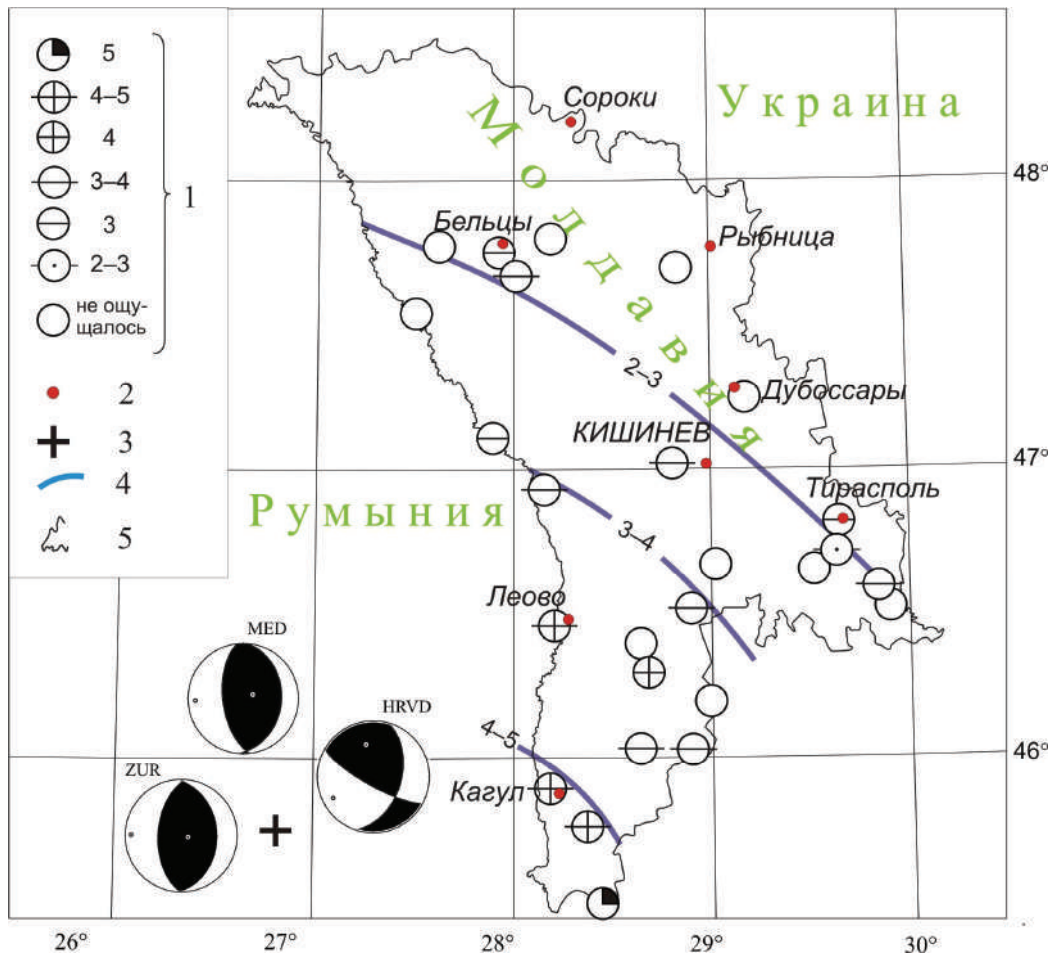


Рис. 5. Схема распределения интенсивностей сотрясений при землетрясении 20 июля 2001 г. с $K_p=12.5$, $h=137$ км и стереограммы трех решений механизма его очага

1 – интенсивность по шкале MSK-64; 2 – город; 3 – инструментальный эпицентр; 4 – изосейста (проведена *ред.*); 5 – государственная граница

Таблица 9. Параметры механизма очага землетрясения 20 июля в 05^h09^m [10] с $K_p=12.5$, $h=137$ км [8]

Агентство	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
HRVD	20.07	05 09 44.2	134	5.2	39	347	45	132	18	242	17	48	162	119	77	44
ZUR	20.07	05 09 39	129	5.1	80	102	2	1	10	270	182	55	92	358	35	87
MED	20.07	05 09 45.6	125	5.6	75	67	5	176	14	268	5	31	100	173	59	84

Здесь следует отметить, что решения по ZUR, MED близки между собой и похожи на решение механизма очага землетрясения 24 мая: тип движения в очаге – практически «чистый» взброс, землетрясение возникло под действием явного преобладания напряжений сжатия, ориентированных на запад. Обе нодальные плоскости простираются в меридиональном направлении, одна из них залегает более полого ($DP=31-35^\circ$), другая наклонена к горизонту под крутым углом ($DP=55-59^\circ$). В случае решения HRVD в движении в очаге по обеим плоскостям наряду с компонентами взброса отмечаются подвижки типа сдвига (по $NP1$ – правостороннего, по $NP2$ – левостороннего). Обе нодальные плоскости имеют крутое падение ($DP=48-77^\circ$), простираются плоскости $NP1$ – близмеридиональное, $NP2$ – юго-восточное. Все сведения о механизмах очагов землетрясений, описанных выше, представлены в отдельном каталоге [11].

Л и т е р а т у р а

1. Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Симонова Н.А., Степаненко Н.Я. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 2000 году. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 51–57.
2. Костюк О.П., Руденская И.М., Москаленко Т.П. Землетрясения Карпат // Землетрясения в СССР в 1985 году. – М.: Наука, 1988. – С. 48–53.
3. Костюк О.П., Москаленко Т.П., Руденская И.М. Землетрясения Карпат // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М: ГС РАН, 1999. – С. 10–14.
4. Herrmann R.V. FASTHYPO: A hypocenter location program // Earthquake Notes. – 1979. – 50 – № 2. – P. 25–37.
5. Кутас В.В., Руденская И.М., Калигова И.А. Карпатский годограф P - и S - волн и неоднородности литосферы // Геофизический журнал. – 1999. – 21. – № 3. – С. 45–55.
6. Jeffreys H., Bullen R.E. Seismological tables. – London: 1940. – 52 p.
7. Руденская И.М., Гаранджа И.А., Келеман И.Н., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Пронишин М.Р. Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2001 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2001 год. – Симферополь: ОС ИГиГ НАНУ, 2003. – С. 44–83.
8. Руденская И.М. (отв. сост.), Гаранджа И.А., Келеман И.Н., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Пронишин М.Р., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А. Карпаты. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
9. Костюк О.П. Землетрясения Восточных Карпат // Proceedings of the Symposium on the Analysis of Seismicity and on Seismic Risk. Liblice, 17–22 October 1977. – Prague: 1978. – С. 115–125.
10. Bulletin of the International Seismological Centre for 2001. – Berkshire: ISC, 2002–2003.
11. Чепкунас Л.С. (сост.). Карпаты. (См. раздел VII (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).