

КАРПАТЫ

С.Т. Вербицкий¹, А.Ф. Стасюк¹, М.В. Чуба¹, Р.С. Пронишин¹, Ю.Т. Вербицкий¹,
Н.Я. Степаненко², Н.А. Симонова², И.В. Алексеев²

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

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

Сейсмическая сеть инструментальных наблюдений в Карпатском регионе, как и ранее [1], состояла в 2004 г. из десяти станций: «Львов», «Ужгород», «Межгорье», «Косов», «Моршин», «Тросник», «Нижнее Селище», «Городок», «Черновцы», «Рахов» и сейсмического павильона «Оноковцы» (Ужгород, павильон). В целях модернизации наблюдательной сети продолжалось внедрение цифровой системы сбора данных DAS-03. Конкретно в 2004 г. такая работа была проведена на станциях «Моршин» и «Рахов». На станции «Моршин» система введена в эксплуатацию с 18 июня, заменив аналоговую запись сейсмических событий. В рамках договора между ИГ НАНУ и Карпатским биосферным заповедником в 2004 г. на территории заповедника был организован пункт сейсмических наблюдений, куда в дальнейшем перенесена станция «Рахов», на которой был установлен цифровой автоматический комплекс DAS-03+СМЗ-КВ. Несколько месяцев аппаратура работала в экспериментальном режиме, а со второго полугодия – в непрерывном. Основные параметры регистрирующей аппаратуры Карпатской сейсмической сети приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Сейсмические станции Карпат (в хронологии их открытия), работавшие в 2004 г., и параметры аппаратуры аналоговых станций

№	Станция		Дата открытия	Координаты			Аппаратура					
	Название	Код межд. рег.		φ°, N	λ°, E	$h_y, м$	Тип прибора	КомпONENTA	V_{max}	$\Delta T_{max}, c$	Раз-вертка, мм/мин	
1	Львов	LVV	Лвв	05.06.1899	49.82	24.03	320					
				08.10.1999				СД-1	N, E, Z			
				19.05.2003					N, E, Z			Guralp – цифровая станция
2	Ужгород	UZH	Ужг	1934	48.63	22.29	160					
				27.08.2002				СКД	N, E, Z			DAS-03 – цифровая станция
3	Межгорье	MEZ	Мжг	18.08.2002	48.51	23.51	440	СМ-3КВ	N, E, Z			DAS-03 – цифровая станция
4	Ужгород-павильон (Оноковцы)		Ужг(п)	10.11.1963	48.66	22.34	168	СКМ-3	N, E, Z	38000	0.50–0.80	60
5	Моршин	MORS	Мрш	01.01.1978	49.14	23.90	262	СМ-3КВ	Z	14200	0.50–1.00	60
				18.06.2004				СМ-3КВ	N, E, Z			DAS-03 – цифровая станция
6	Нижнее Селище	NSL	Нсл	1998	48.20	23.46	250	СМ-3КВ	N, E, Z			DAS-03 – цифровая станция
7	Тросник	TRS	Трс	1998	48.09	22.96	126	СМ-3КВ	N, E, Z			DAS-03 – цифровая станция
8	Косов	KSV	Кос	1961	48.31	25.07	450	СКД	Z	1050	0.20–19	30
				17.08.2002				СКД	N, E, Z			DAS-03 – цифровая станция
9	Городок	HOR	Гор	12.10.2001	49.18	26.50	250	СМ-3КВ	N, E, Z			DAS-03 – цифровая станция
10	Черновцы	CHR	Чрн	1992	48.28	25.93	150	СК-Д	N, E, Z			DAS-03 – цифровая станция
11	Рахов	RAK	Рах		48.05	24.20	495					
				01.07.2004	48.04	24.17	460	СМ-3КВ	N, E, Z			DAS-03 – цифровая станция
	Берегово*	BER	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. Знаком * помечены три станции другого подчинения.

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций Карпат в 2004 г.

Название станции	Тип АЦП и датчика	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Динамический диапазон, дБ
Львов	DAS-04+СД-1	BL(N, E, Z)v	0.05–20	50	120
		ML(N, E, Z)v	0.05–1.5	5	120
	Guralp+CMG-40T	MH(N, E, Z)v	0.03–50.0	25	140
Нижнее Селище	DAS-03+СМ-3-КВ	SH(N, E, Z)v	0.2–15	50	100
		MH(N, E, Z)v	0.2–1.5	5	100
Тросник	DAS-03+СМ-3-КВ	EH(N, E, Z)v	0.2–15	100	100
		MH(N, E, Z)v	0.2–1.5	5	100
Берегово*	DAS-03+СМ-3-КВ	EH(N, E, Z)v	0.2–15	100	100
		MH(N, E, Z)v	0.2–1.5	5	100
Мукачево*	DAS-03+СМ-3-КВ	EH(N, E, Z)v	0.2–15	100	100
		MH(N, E, Z)v	0.2–1.5	5	100
Королево*	DAS-03+СМ-3-КВ	EH(N, E, Z)v	0.2–15	100	100
		MH(N, E, Z)v	0.2–1.5	5	100
Городок	DAS-03+СМ-3-КВ	MH(N, E, Z)v	0.2–1.5	10	100
Межгорье	DAS-03+СМ-3-КВ	SH(N, E, Z)v	0.2–15	75 до 04.06 50 с 04.06	100
		MH(N, E, Z)v	0.2–1.5	5	100
Косов	DAS-03+СКД	BH(N, E, Z)v	0.05–18	50	120
		MH(N, E, Z)v	0.05–1.5	5	120
Ужгород	DAS-03+СКД	HH(N, E, Z)v	0.2–18	100	120
		MH(N, E, Z)v	0.05–1.5	5	120
Черновцы	DAS-03+СКД	BH(N, E, Z)v	0.2–18	50	120
		MH(N, E, Z)v	0.05–1.5	5	120
Рахов	DAS-03+СМ-3-КВ	SH(N, E, Z)v	0.2–15	50	100
		MH(N, E, Z)v	0.2–1.5	5	100
Моршин	DAS-04+СМ-3-КВ	SH(N, E, Z)v	0.2–15	50	100
		MH(N, E, Z)v	0.2–1.5	5	100

В результате инструментальные сейсмические наблюдения в Карпатском регионе проводились в 2004 г. в основном с использованием цифровой аппаратуры. В аналоговом виде фоторегистрация сейсмических событий осталась в полном объеме (по трем составляющим N, E, Z) только в павильоне «Оноковцы», а на станциях «Косов» и «Моршин» – по одной составляющей Z. Для определения основных параметров землетрясений Карпатского региона дополнительно привлекались данные сейсмических станций Молдовы («Кишинёв», «Кагул», «Леово», «Сороки»), Крымской сети Украины («Симферополь», «Севастополь», «Ялта», «Алушта», «Судак», «Феодосия»), Румынии, Болгарии, Венгрии, Польши, Словакии, которые удалены от очаговых зон на расстоянии до 1000 км.

В связи с переходом на цифровую регистрацию качество обработки полученных результатов значительно улучшилось. Существенно увеличилось число обработанных землетрясений. Так в 2003 и 2004 гг. суммарное годовое число землетрясений составило $N_{\Sigma}=92$ и $N_{\Sigma}=107$ соответственно. Но в предыдущие 13 лет, с 1990 г по 2002 г., число землетрясений за год варьирует от $N_{\Sigma}=23$ в 1996 г. до $N_{\Sigma}=47$ – в 1990 г. (табл. 3), составляя в среднем за указанный период $\bar{N}_{\Sigma}=35$, что в три раза меньше такового за 2003–2004 гг.

Таблица 3. Числа землетрясений разных классов K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE Карпатского региона за 1990–2004 гг.

№	Год	K_p											N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^{12} Дж	Источ- ник	
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16				
1	1990		7	7	13	10	8	1	1				2	47	14100.000	[2]
2	1991		3	4	9	23	3	3						45	8.490	[3]
3	1992		2	5	10	7	6	5	1					36	14.606	[4]
4	1993	1	2	2	6	10	2	2	1					26	8.311	[5]

№	Год	K_p											N_Σ	$\Sigma E,$ 10^{12} Дж	Источ- ник		
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					
5	1994	1	3	2	12	11	3								32	0.490	[6]
6	1995	3	4	8	3	9	2								29	0.240	[7]
7	1996	1	3	4	6	6	3								23	0.363	[8]
8	1997	1	3	5	10	12	3	3							37	2.432	[9]
9	1998	2	7	2	5	7	1	2							26	3.109	[10]
10	1999	1	8	5	5	6	4	2	1						32	26.767	[11]
11	2000	3	12	10	7	2	3			2					39	13.348	[12]
12	2001	2	7	14	11	6		3	1						44	25.845	[1]
13	2002	1	7	9	12	11	3	3							46	1.481	[13]
14	2003	1	17	26	22	13	11	1	1						92	10.225	[14]
15	2004	18	26	20	8	20	6	5	3			1			107	2552.000	

Примечание. Таблица составлена *ред.*

Классификация землетрясений при наличии аналоговых записей проводилась по классам K_p по номограмме Т.Г. Раутиан [15], а магнитуда MSH определена по максимальному смещению объемных волн по формуле из [16]:

$$MSHA = \lg A_{\max} + 1.32 \lg \Delta, \text{ км.}$$

При обработке цифровых записей землетрясения классифицировались по длительности записи с расчетом магнитуды Md и класса Kd по формулам из [16]:

$$Md = 2.67 \lg \tau + 1.65,$$

$$Kd = 1.8 Md + 4.$$

Длительность записи τ измеряется в секундах от первого вступления P -волн до того момента t_τ , пока амплитуда полезного сигнала превышает уровень двойной амплитуды помехи.

$$\tau, \text{ с} = t_\tau - t_p.$$

Каталог землетрясений Карпат [17] в 2004 г. содержит 128 локализованных событий, из которых 107 находятся в пределах традиционных границ ответственности (сплошная линия на рис. 1), остальные – вне их. Энергетический диапазон зарегистрированных землетрясений составил $K_p=5.8-15.4$. Минимальное значение K_p отмечено для корового ($h=6$ км) землетрясения, произошедшего 4 февраля в $02^{\text{h}}34^{\text{m}}$ в 25 км к северу от станции «Мукачево», максимальное – для глубокого ($h=113$ км) землетрясения 27 октября в $20^{\text{h}}34^{\text{m}}$ из зоны Вранча. Последнее ощущалось на очень большой территории Молдовы и Украины, кратко описано ниже, а детально – в отдельной статье [18] наст. сб. В отдельных статьях [19, 20] описаны также землетрясения 27 сентября с $K_p=13.4$ в зоне Вранча и 3 октября с $K_p=13.0$ в дельте Дуная, ощутимые только в Молдове.

Карта эпицентров всех землетрясений изображена на рис. 1, откуда видно, что часть обработанных землетрясений расположена вне стандартных границ ответственности, показанных пунктирной линией.

Большинство из них локализовано в Польше (в Силезии и Закопане), где Карпатской сейсмической сетью было зарегистрировано около 20 землетрясений с $K_p=8.1-10.7$ и $\Sigma E=7.68 \cdot 10^{10}$ Дж, в том числе землетрясение 30 ноября в $17^{\text{h}}18^{\text{m}}$ с $M_s=3.9$, ощутимое на территории Польши, Чехии и Словакии [21, NEIC]. Для этого землетрясения имеются два решения механизма его очага [22], полученные по методу тензора момента центроида в центрах (рис. 2). Эти решения близки. Землетрясение возникло в условиях преобладания растягивающих напряжений, ориентированных на северо-запад. Обе нодальные плоскости простираются в направлении северо-восток–юго-запад. Одна нодальная плоскость залегает достаточно круто, другая – полого. Тип движения по обеим плоскостям – сброс с компонентами сдвига (левостороннего по круто падающей плоскости и правостороннего – по пологой).

Распределение $N(K)$ землетрясений по энергетическим классам в пределах разных районов и отдельных их частей представлено в табл. 4 вместе с соответствующими оценками величины суммарной сейсмической энергии. Выделившаяся сейсмическая энергия в Карпатском регионе в 2004 г. составила в сумме $\Sigma E=2.55 \cdot 10^{15}$ Дж, т.е. более чем на два порядка выше соот-

ветствующего уровня энергии в 2003 г. ($\Sigma E=1.02 \cdot 10^{13}$ Дж) [14]. Это самый высокий показатель за последние четырнадцать лет наблюдений (табл. 3).

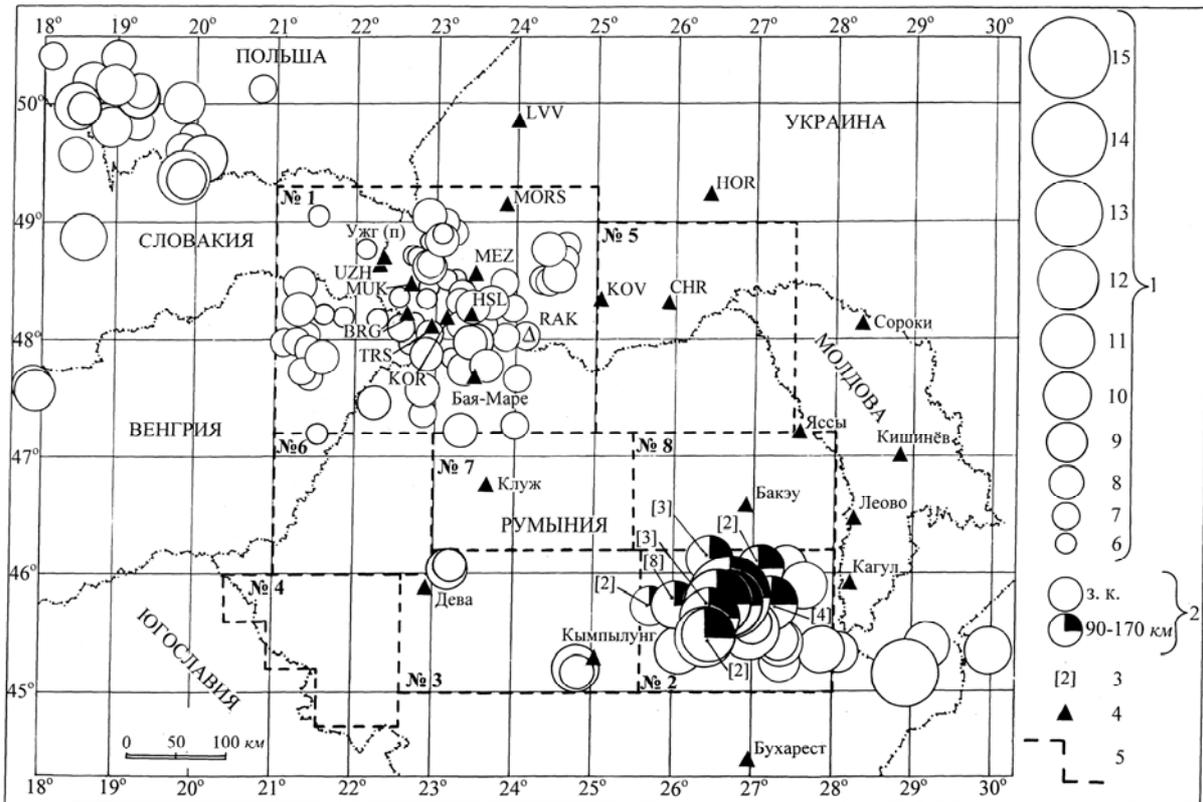


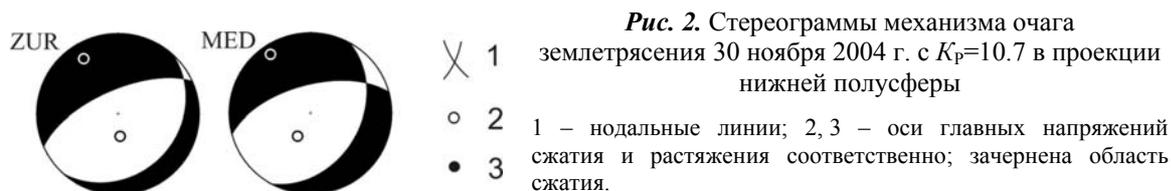
Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Карпат за 2004 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра: з/к и 90–170 км; 3 – в квадратных скобках указано число эпицентров с одинаковыми координатами; 4 – сейсмическая станция; 5 – граница района.

Таблица 4. Распределение землетрясений по энергетическим классам и суммарной сейсмической энергии по районам

№	Район	N_{Σ}	Энергетический класс								ΣE , Дж		
			6	7	8	9	10	11	12	13		15	
1	Северо-Западный	60											$2.25 \cdot 10^9$
	а) Закарпатье	23	8	10	5								$6.62 \cdot 10^8$
	б) Предкарпатье	11	1	6	4								$6.91 \cdot 10^8$
	в) Словакия	2	2										$4.10 \cdot 10^6$
	г) Восточная Венгрия	16	6	7	3								$4.09 \cdot 10^8$
	д) Румыния, Мармарош	8	1	2	5								$4.89 \cdot 10^8$
2	Вранча	42											$2.55 \cdot 10^{15}$
	а) горы Вранча	29				2	14	6	4	2	1		$2.54 \cdot 10^{15}$
	б) Предкарпатский прогиб	11			1	5	4		1				$5.55 \cdot 10^{11}$
	в) Добруджа	2					1			1			$1.0 \cdot 10^{13}$
3	Южные Карпаты	3			1	1	1						$3.29 \cdot 10^{10}$
4	Банат												0
5	Буковина	(1)			(1)								$2.0 \cdot 10^8$
7	Трансильвания	2		1	1								$1.13 \cdot 10^8$
8	Бакэу												0
	Всего	107(1)	18	26	20(1)	8	20	6	5	3	1		$2.55 \cdot 10^{15}$

Примечание. В скобках приведено землетрясение, для которого определен только район эпицентра; в районах № 4, 8 в 2004 г. землетрясения не отмечены.



Наиболее активным был район Вранча (№ 2), сейсмическая энергия в котором составила $\Sigma E=2.55 \cdot 10^{15}$ Дж, или 99.9% от всей годовой энергии в регионе; в Северо-Западном районе (№ 1) – $\Sigma E=2.25 \cdot 10^9$ Дж.

Ниже дано описание сейсмичности по отдельным районам.

В Северо-Западном районе (№ 1) зарегистрировано 60 землетрясений с $K_p=5.8-10.1$. Согласно табл. 4, в границы этого района входят Закарпатье, Предкарпатье, Словакия, Восточная Венгрия и Румыния (Мармарош).

а) В Закарпатье зарегистрировано 23 землетрясения с $K_p=5.8-8.0$, суммарная энергия которых $\Sigma E=6.62 \cdot 10^8$ Дж, что в полтора раза больше таковой в 2003 г. Закарпатские землетрясения по своей величине незначительные. Их очаги приурочены к главной сеймотектонической линии, Перипенинскому глубинному разлому, разграничивающему Карпаты и Закарпатский внутренний прогиб. Эпицентры землетрясений размещены по линии Тячево–Хуст–Иршава–Свалява вдоль Выгорлат-Гутинского вулканического хребта, а также в Закарпатской низменности в районе Страбичево–Виноградово и по линии Межгорье–Усть-Черная–Рахов–Восточные Карпаты (Полонинский хребет).

б) В Предкарпатье локализовано 11 землетрясений с $K_p=6.2-8.4$, из них пять – в районе Верхнего Высоцкого на территории Восточных Карпат (Восточные Бескиды), шесть – в районах Богородчан, Делятина и Надворной Ивано-Франковской области на территории Покутских Карпат.

в) В Словакии произошли два землетрясения с эпицентрами в пределах гряды Выгорлат и еще два – вне границ региона (17 апреля в 00^h56^m с $K_p=8.1$ в Моравско-Силезских Бескидах и 23 сентября в 05^h32^m с $K_p=10.1$ – в Стражовских горах).

г) Восточная Венгрия – здесь зарегистрировано 16 землетрясений с $K_p=6.2-7.7$, выделившаяся энергия составила $\Sigma E=4.09 \cdot 10^8$ Дж. Кроме этого, в каталог [17] включены два землетрясения Венгрии с одинаковым энергетическим классом $K_p=8.6$, возникшие практически в одном и том же очаге 17 августа в 18^h00^m и 18 августа в 09^h01^m соответственно. Они были записаны почти всеми европейскими станциями [21].

д) Румыния (район Мармарош) – отмечено восемь землетрясений с $K_p=6.3-8.1$, $\Sigma E=4.89 \cdot 10^8$ Дж.

В районе Вранча (№ 2) сетью сейсмических станций Украины зарегистрировано 42 землетрясения с $K_p=8.3-15.4$, суммарная энергия которых составляет $\Sigma E=2.55 \cdot 10^{15}$ Дж. Землетрясения района № 2 разделены на две группы по месту их локализации: в горах Вранча ($N=29$) и в Предкарпатском прогибе ($N=11$).

а) В горах Вранча зарегистрировано 29 землетрясений с очагами в верхней мантии ($h=100-170$ км). Наиболее сильное ($K_p=15.4$) землетрясение Вранча произошло 27 октября в 20^h34^m . Это было сильнейшее сейсмическое событие после землетрясений 30 и 31 мая 1990 г. [23] с $MS=6.7$ и 5.8 [2] соответственно. Землетрясение 27 октября ощущалось на Украине и по всей территории Молдовы [18]. Отделом сейсмичности Карпатского региона было проведено макросейсмическое обследование последствий этого землетрясения. Для получения подробных сведений о степени повреждения зданий, поведении людей и животных было разослано 100 анкет по 25 адресам в областные и районные администрации Тернопольской, Ивано-Франковской, Хмельницкой, Винницкой и Черновицкой областей. Ответы пришли из 38-ми населенных пунктов. После обработки анкет получена балльность в населенных пунктах по шкале MSK-64 [24]. Максимальная интенсивность на территории западных областей Украины составляла 4–5 баллов и наблюдалась в основном на территории Черновицкой, Хмельницкой и Винницкой областей. Здесь землетрясение ощущалось населением на всех этажах домов. Некоторые люди слышали подземный гул, а землетрясение по их оценке длилось от 10^5 до несколь-

ких минут. Интенсивность $I=4-5$ баллов наблюдалась на большей части территории Черновицкой области, в южной части Тернопольской и Хмельницкой областей и на всей территории Винницкой области. Как отмечено в [18], по форме 4-балльная изосейста практически повторяет 5-балльную изосейсту землетрясения 04.03.1977 г. [25] с $MLH=7.1$ [26].

б) К Предкарпатскому прогибу приурочены эпицентры одиннадцати неглубоких ($h=6-33$ км) землетрясений района Вранча с $K_p=8.3-10.7$. Они находятся на линии Плоешти–Рымникул–Сарат–Браила. Отметим из них два, произошедшие 18 марта в 07^h00^m с $K_p=10.3$ и 17 декабря в 17^h15^m с $K_d=10.7$ [17].

В Южных Карпатах (№ 3) зарегистрировано три землетрясения: 19 мая в 22^h37^m с $K_p=10.5$, 10 августа в 18^h20^m с $K_p=9.0$, 19 августа в 10^h46^m с $K_p=8.4$, причем первое из них 26-ю сейсмическими станциями. Оно локализовано в районе хр. Фагараш. Два других – были отмечены в районе горы Транснэу.

На Буковине (№ 5) сейсмической станцией «Городок» 20 января в 05^h29^m зарегистрировано одно землетрясение с $K_d=8.3$ [27, с. 52]. В связи с недостаточным объемом информации, для этого события определен только район эпицентра.

В Кришане (№ 6) произошло два землетрясения: 20 февраля в 01^h29^m с $K_p=6.8$ и 26 ноября в 12^h51^m с $K_p=6.5$ (рис. 1, [17]).

В Трансильвании (№ 7) в 2004 г. локализовано два слабых землетрясения в районе Трансильванского плато, зарегистрированные 8 июля в 09^h10^m с $K_p=8.0$ и 13 августа в 06^h11^m с $K_p=7.1$.

Другие районы. 11 мая в 01^h39^m почти всеми сейсмическими станциями Карпатского региона было зафиксировано землетрясение в Луганской области, получившее название Новодарьевского [28]. При определении сейсмических параметров землетрясения были учтены данные Карпатской и Крымской сейсмических сетей, а также станции «Кишинёв». В процессе обработки с использованием адаптированной программы НПРО были получены следующие параметры: $\varphi=48.4^\circ\text{N}$, $\lambda=39.5^\circ\text{E}$, $h=32$ км, $K_p=9.6$ и $MSHA=3.1$. Учитывая удаленность сейсмических станций от эпицентральной зоны и одностороннее их расположение, возможна некоторая погрешность при определении глубины и координат землетрясения. Ему посвящена отдельная статья [29].

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., Алексеев И.В. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 52–63.
2. Костюк О.П., Руденская И.М., Москаленко Т.П., Пронишин Р.С. Землетрясения Карпат // Землетрясения в СССР в 1990 году. – М.: РАН, 1996. – С. 9–11.
3. Костюк О.П., Руденская И.М., Москаленко Т.П. Землетрясения Карпат // Землетрясения Северной Евразии в 1991 году. – М.: РАН, 1997. – С. 10–12.
4. Костюк О.П., Руденская И.М., Москаленко Т.П. Землетрясения Карпат // Землетрясения Северной Евразии в 1992 году. – М.: ГС РАН, 1997. – С. 10–15.
5. Костюк О.П., Москаленко Т.П., Руденская И.М. Землетрясения Карпат // Землетрясения Северной Евразии в 1993 году. – М.: ГС РАН, 1999. – С. 10–14.
6. Костюк О.П., Руденская И.М. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. – М.: ГС РАН, 2000. – С. 7–8.
7. Костюк О.П., Руденская И.М., Пронишин Р.С., Симонова Н.А. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ГС РАН, 2001. – С. 12–14.
8. Костюк О.П., Пронишин Р.С., Руденская И.М., Симонова Н.А., Степаненко Н.Я. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ГС РАН, 2002. – С. 13–17.
9. Руденская И.М., Пронишин Р.С., Бень Я.А., Симонова Н.А. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 30–32.
10. Руденская И.М., Пронишин Р.С., Чуба М.В., Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Симонова Н.А., Степаненко Н.Я. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 1998 году. – Обнинск: ГС РАН, 2004. – С. 30–35.

11. Стасюк А.Ф., Пронишин Р.С., Чуба М.В., Симонова Н.А., Степаненко Н.Я. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. – Обнинск: ГС РАН, 2005. – С. 43–51.
12. 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.
13. Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Гаранджа И.А., Келеман И.Н., Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Симонова Н.А. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 63–72.
14. Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Симонова Н.А. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 44–51.
15. Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика. (Труды ИФЗ АН СССР; № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
16. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 273 с.
17. Чуба М.В. (отв. сост.), Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Стасюк А.Ф., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Щепиль О.И., Плишко С.М., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А. Каталог землетрясений Карпат за 2004 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
18. Скляр А.М., Князева В.С., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Алексеев И.В., Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Чуба М.В. Ощутимое на Украине и в Молдове землетрясение 27 октября 2004 г. с $K_p=15.4$, $M_w=5.8$, $I_0=6$ (Карпатский регион) // (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
19. Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Алексеев И.В. Ощутимое в Молдове землетрясение 27 сентября 2004 г. с $K_p=13.4$, $M_w=4.8$, $I_0=4-5$ (Карпатский регион). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
20. Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Алексеев И.В. Дунайское землетрясение 3 октября 2004 г. с $M_w=4.8$, $K_p=13.0$, $I_0=5-6$ (Карпатский регион). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).
21. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2004.** – Berkshire: ISC, 2006–2007.
22. Степаненко Н.Я., Чепкунас Л.С., Михайлова Р.С. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Карпат за 2004 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
23. Друмя А.В., Князева В.С., Королёв В.А., Москаленко Т.П., Пронишин Р.С., Пустовитенко Б.Г., Скляр А.М., Костюк О.П. Землетрясения Вранча 30 и 31 мая (макросейсмические данные) // Землетрясения в СССР в 1990 году. – М.: РАН, 1996. – С. 12–19.
24. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
25. Костюк О.П., Пронишин Р.С., Карпив Т.С. Макросейсмический эффект от Карпатского землетрясения 1977 г. на территории Украины // Карпатское землетрясение 4 марта 1977 г. и его последствия. – М.: Наука, 1980. – С. 178–183.
26. Кондорская Н.В. (отв. сост.), Кисловская В.В., Павлова Л.Н., Хромецкая Е.А. Основной каталог сильных землетрясений на территории СССР // Землетрясения в СССР в 1977 году. – М.: Наука, 1981. – С. 142–149.
27. Чуба М.В. (отв. сост.), Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Щепиль О.И., Плишко С.М., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А. Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2004 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2004 год. – Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2006. – С. 49–117.
28. Габсатарова И.П., Бабкова Е.А. Инструментальные параметры Новодарьевского землетрясения 11 мая 2004 г. с $MS=3.8$ (Украина, Луганская обл.) // Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2006. – С. 124–131.
29. Габсатарова И.П., Кендзера В.А., Свидлова В.А., Пронишин Р.С., Поречнова Е.И., Сыкчина З.Н., Бабкова Е.А., Михайлова Р.С. Новодарьевское землетрясение 11 мая 2004 г. с $MS=3.8$, $I_0=5-6$ (Украина). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).