

КАРПАТЫ

*С.Т. Вербицкий¹, А.Ф. Стасюк¹, М.В. Чуба¹, Р.С. Пронишин¹, И.Н. Келеман¹,
И.А. Гаранджа¹, Ю.Т. Вербицкий¹, Н.Я. Степаненко², И.В. Алексеев², Н.А. Симонова²*

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

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

Сейсмические наблюдения в Карпатском регионе в 2007 г., как и ранее [1, 2], проводились в отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины Карпатской опытно-методической сейсмологической партией (КОМСП) и в Центре сейсмологии Института геологии и сейсмологии Молдовы. Обобщение полученных материалов осуществлялось во Львове.

В Карпатском регионе в 2007 г. функционировала сейсмологическая сеть инструментальных наблюдений, состоящая из девятнадцати стационарных сейсмических станций (табл. 1). Для более полного изучения сейсмичности Предкарпатья 30 августа была открыта новая сейсмическая станция «Старуня» в одноименном селе Ивано-Франковской области. Станция оснащена цифровой регистрирующей аппаратурой DAS-03, разработанной в отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины [3]. Все сейсмические станции оснащены аналогичной цифровой аппаратурой, за исключением павильона «Оноковцы», в котором регистрация сейсмических событий продолжалась в аналоговом виде сейсмографами типа СКМ-3. Кроме того, сейсмические наблюдения проводились на двух временных станциях «Южноукраинск», «Шуцкое». Станция «Шуцкое» была открыта в августе месяце и оснащена цифровой аппаратурой DAS-03. Основные параметры регистрирующей аппаратуры приведены в табл. 1 и 2. Для определения основных параметров землетрясений Карпатского региона дополнительно использовались данные Крымской сети Украины, Молдовы, а также сейсмических станций Польши, Словакии, Румынии, Болгарии и Венгрии, которые удалены от очаговых зон на расстоянии $\Delta \leq 1000$ км.

На сейсмических станциях «Львов», «Ужгород», «Косов» и «Рахов», оснащенных широкополосными датчиками СКД и СД-1, а также на станции «Новоднестровск», оснащенной датчиками СМ-3-КВ, для получения динамических характеристик использовались амплитудно-частотные характеристики каналов в формате PAZ [4]. На этих станциях определялись такие энергетические параметры зарегистрированных сейсмических событий:

для местных землетрясений: энергетический класс (K_p) по номограмме Т.Г. Раутиан [5] и локальная магнитуда по Рихтеру

$$ML = \lg(A_{z\max}) - \lg(A_0);$$

для землетрясений района Вранча: магнитуда по поперечной S-волне по формуле из [6]

$$MSH = \lg A_{\max} + 1.32 \lg(\Delta, \text{ км}) + 0.8$$

и рассчитанного энергетического класса по уравнению Т.Г. Раутиан [7]

$$K_p = 4 + 1.8 \cdot MSH.$$

На остальных станциях, для которых на данное время нет надежных амплитудно-частотных характеристик, в качестве энергетических параметров сейсмических событий определялась магнитуда по длительности τ колебаний по формуле из [8]:

$$Md = 1.65 + 2.67 \cdot \lg(\tau, \text{ мин})$$

с последующим пересчетом в энергетический класс Kd по [7]:

$$Kd = 4 + 1.8 Md.$$

В 2007 г. в Центре сейсмологии ИГС АН Молдовы начались работы по переоснащению аппаратуры станций, и в связи с этим сейсмологические наблюдения велись только на сейсмической станции «Кишинёв» аналоговой аппаратурой. Сведения о ней приведены в табл. 3.

Таблица 1. Цифровые сейсмические станции Карпат (в хронологии их открытия), работавшие в 2007 г., и параметры аналоговой станции «Оноковцы»

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура				
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	$h_y, м$	Тип прибора	Компонента	V_{max}	$\Delta T_{max}, c$	Раз-вертка, мм/мин
		межд.	рег.									
1	Львов	LVV	Лвв	05.06.1899	49.82	24.03	320				АЦП:	
				08.10.1999				СД-1	N, E, Z		DAS-04	
				19.05.2003					N, E, Z		Guralp	
2	Черновцы	CHR	Чрн	01.01.1907								
				01.09.1992	48.30	25.92	300	СКД	N, E, Z		DAS-03	
3	Ужгород	UZH	Ужг	01.01.1934	48.63	22.29	160					
				27.08.2002				СКД	N, E, Z		DAS-04	
4	Рахов	RAK	Рах	21.01.1956								
				01.07.2004	48.04	24.17	460	СКД	N, E, Z		DAS-04	
5	Межгорье	MEZ	Мжг	08.04.1961								
				18.08.2002	48.54	23.50	420	СМ-3-КВ	N, E, Z		DAS-03	
6	Косов	KSV	Кос	23.05.1961	48.31	25.07	450					
				17.08.2002				СКД	N, E, Z		DAS-04	
7	Оноковцы	ONO	Ужг (п)	10.11.1963	48.66	22.33	168	СКМ-3	N, E, Z	25000	0.02–5.0	60
8	Моршин	MORS MORU	Мрш	01.01.1978	49.14	23.90	260					
				31.05.2004	49.12	23.88	260	СМ-3	N, E, Z		DAS-03	
9	Тросник	TRSU	Трс	25.05.1987	48.09	22.96	120					
				1998				СМ-3-КВ	N, E, Z		DAS-03	
10	Нижнее Селище	NSLU	Нсл	16.08.1987	48.20	23.46	250					
				1998				СМ-3-КВ	N, E, Z		DAS-03	
11	Городок	HORU	Гор	19.02.2001	49.21	26.43	340	СМ-3	N, E, Z			DAS-03
12	Мукачево	MUKU	Мук	14.08.1996	48.45	22.69	125	СМ-3-КВ	N, E, Z			DAS-03
13	Королево	KORU	Кор	15.07.1998	48.16	23.14	160	СМ-3-КВ	N, E, Z			DAS-03
14	Брид	BRIU	Брд	03.06.2000	48.34	23.02	160	СМ-3-КВ	N, E, Z			DAS-03
15	Берегово	BERU	Брг	12.07.2000	48.23	22.65	160	СМ-3-КВ	N, E, Z			DAS-03
16	Каменец-Подольский	KMPU	Кмп	20.07.2005	48.56	26.46	121	СМ-3-КВ	N, E, Z			DAS-03
17	Новоднестровский	NDNU	Ндн	временная – с 12.10.2005 по 27.07.2006	48.61	27.48	120	СМ-3-КВ	N, E, Z			DAS-04
				с 27.07.2006	48.60	27.37	242	СМ-3-КВ	N, E, Z		DAS-04	
18	Южноукраинск (временная)	PUGU	Пду	21.06.2006	47.78	31.18	60	СМ-3-КВ	N, E, Z			DAS-04
19	Схидныця	SHIU	Схд	14.11.2006	49.22	23.36	600	СМ-3	N, E, Z			DAS-03
20	Шуцкое (временная)	PD1U	Шцк	1.08.2007	47.71	31.15	420	СМ-3-КВ	N, E, Z			DAS-03
21	Старуня	STAU	Стр	30.08.2007	48.71	24.50	391	СМ-3	N, E, Z			DAS-03

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций Карпат в 2007 г.

Название станции	Тип датчика	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Динамический диапазон дБ
Львов	СД-1	BL (N, E, Z) v	0.05–20	50	120
		ML (N, E, Z) v	0.05–1.5	5	120
		CMG-40T	MH (N, E, Z) v	0.03–50.0	25
Нижнее Селище*	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*	СМ-3-КВ	EH (N, E, Z) v	0.2–15	100	100
		MH (N, E, Z) v	0.2–1.5	5	100

Название станции	Тип датчика	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Динамический диапазон дБ
Берегово*	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*	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	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	СМ-3-КВ	MH (N, E, Z) v	0.2–1.5	10	100
Межгорье	СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.2–15	50	100
		MH (N, E, Z) v	0.2–1.5	5	100
Косов	СКД	BH (N, E, Z) v	0.05–18	50	120
		MH (N, E, Z) v	0.05–1.5	5	120
Ужгород	СКД	HH (N, E, Z) v	0.05–18	100	120
		MH (N, E, Z) v	0.05–1.5	5	120
Черновцы	СКД	BH (N, E, Z) v	0.2–18	50	120
		MH (N, E, Z) v	0.05–1.5	5	120
Рахов	СКД	BH (N, E, Z) v	0.2–18	50	120
		MH (N, E, Z) v	0.2–1.5	5	120
Моршин	СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.2–15	50	100
		MH (N, E, Z) v	0.2–1.5	5	100
Брид*	СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.2–15	50	100
		MH (N, E, Z) v	0.2–1.5	5	100
Каменец-Подольский	СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.2–15	50	100
		MH (N, E, Z) v	0.2–1.5	5	100
Новоднестровск	СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.2–15	50	100
		MH (N, E, Z) v	0.2–1.5	5	100
Схидныця	СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.2–15	50	100
		MH (N, E, Z) v	0.2–1.5	5	100
Старуня	СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.2–15	50	100
		MH (N, E, Z) v	0.2–1.5	5	100
Южноукраинск	СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.2–15	50	100
		MH (N, E, Z) v	0.2–1.5	5	100
Шуцкое	СМ-3-КВ	SH (N, E, Z) v	0.2–15	50	100
		MH (N, E, Z) v	0.2–1.5	5	100

Примечание. Символом «v» обозначен велосиграф; знаком * помечены пять станций другого подчинения.

Таблица 3. Данные об аналоговой аппаратуре станции «Кишинёв» в 2007 г.

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура				
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h_y, m	Тип прибора	Комп-нента	V_{max}	$\Delta T_{max}, c$	Развертка, мм/мин
		межд.	рег.									
1	Кишинёв	KIS	Кшн	1949	46.9976	28.8175	185	СКМ-3	N	3170	0.7–1.9	60
									E	3200	0.7–1.9	60
									Z	2840	0.9–2.0	60
								СКД	N	1060	0.2–19	30
									E, Z	1040	0.2–19	
									N	110	0.2–17	30
								СКД, КПЧ	E	100	0.2–18	30
									Z	100	0.2–17	30
									Z	700	19–60	15
								СД-1 СКМ-3	Z	700	19–60	15
									N	3170	0.7–1.9	60
									E	3200	0.7–1.9	60
								Z	2840	0.9–2.0	60	

Обработка аналоговых сейсмограмм велась согласно Инструкции о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР [6]. По станции «Кишинёв» определялись следующие энергетические параметры: магнитуда по максимальной фазе продольных волн MPV , магнитуда по максимальной фазе поперечных волн MSM , магнитуда по длительности колебаний Md , класс K_p землетрясения по палетке Т.Г. Раутиан [5].

В 2007 г. продолжалась работа по определению параметров гипоцентров землетрясений с помощью разработанной в Центре сейсмологии ИГС АН Молдовы программы HYPOS. Программа позволяет вычислять время в очаге и положение гипоцентра по времени вступления P - и S -волн в различных пунктах наблюдений. При этом определяются как общая погрешность по времени и положению, так и ошибка каждого отдельного вступления. Глубина землетрясения рассчитывается с точностью ± 10 км. Использовались, наряду с данными сейсмической станции «Кишинёв», данные сейсмических станций Румынии, Болгарии и Украины. Полученные результаты сравнивались с определениями Румынского института физики Земли, где применялась методика расчета гипоцентров по общепринятой в мировой сейсмологической практике комплексной программе Antelope REB. Существенных разногласий в определении параметров очагов не получено.

Всего в 2007 г. сейсмическими станциями в Карпатском регионе Украины зарегистрировано 127 землетрясений с $Kd=5.2-11.1$ [9]. Почти для всех событий определены основные параметры: время возникновения, координаты и глубина очагов, невязки определений и динамические характеристики, кроме двух событий, зарегистрированных только одной сейсмической станцией «Новоднестровск»: 5 июля в 03^h34^m с $K_p=6.7$ ($Kd=6.3$) и 7 июля в 17^h31^m с $K_p=6.4$ ($Kd=5.9$). Тем не менее, они включены в каталог [9], хотя и без координат. На карте (рис. 1) изображены эпицентры землетрясений, которые произошли в сейсмоактивных районах Карпатского региона, а также эпицентры 19 землетрясений, расположенных вне региона.

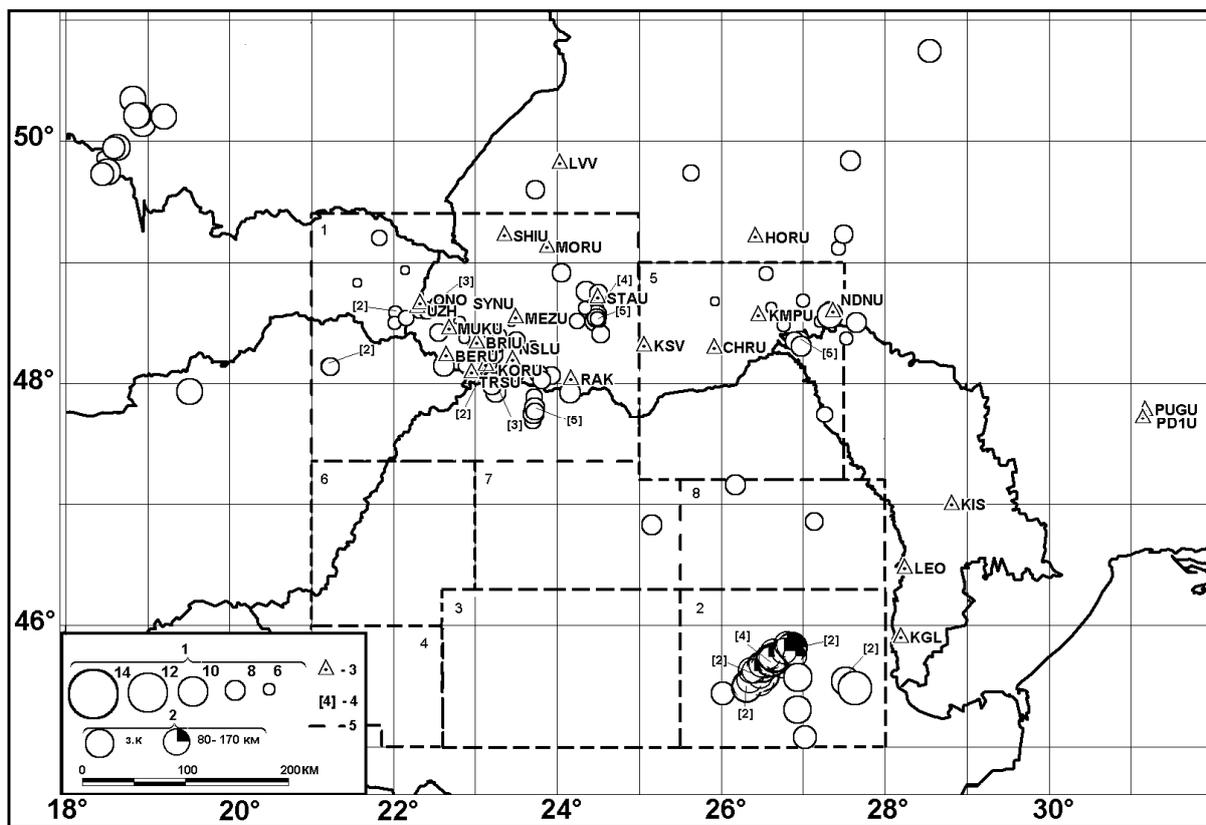


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Карпат за 2007 г.

1 – энергетический класс K_p или K_d ; 2 – глубина h гипоцентра: 3/к и 80–170 км; 3 – сейсмическая станция; 4 – в квадратных скобках указано число эпицентров с одинаковыми координатами; 5 – граница района.

Результаты обработки сейсмических событий согласно Инструкции [6] представлены в каталоге землетрясений Карпатского региона за 2007 г. [9]. Сведения о распределении землетрясений по районам, энергетическим классам и величине выделившейся сейсмической энергии приведены в табл. 4 для 108 землетрясений, расположенных на территории Карпатской сейсмической зоны. В данной таблице отдельной строкой выделены 19 землетрясений вне региона, эпицентры которых расположены на территории Украины, Польши, Словакии, Венгрии и Молдовы.

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

	Район	K_p							N_{Σ}	$\Sigma E,$ $Дж$
		5	6	7	8	9	10	11		
1	Северо-Западный	2	11	32	13				58	$1.13 \cdot 10^9$
2	Вранча				2	15	8	5	30	$5.52 \cdot 10^{11}$
3	Южные Карпаты									0
4	Банат									0
5	Буковина		6	7	3	1			17	$1.01 \cdot 10^9$
6	Кришана									0
7	Трансильвания				1				1	$5.01 \cdot 10^7$
8	Бакэу			1	1				2	$7.52 \cdot 10^7$
	Всего внутри региона								108	$5.55 \cdot 10^{11}$
	Всего вне региона								19	$1.11 \cdot 10^{10}$
	Сумма								127	$5.66 \cdot 10^{11}$

Выделившаяся суммарная сейсмическая энергия в Карпатском регионе в 2007 г. составила $\Sigma E = 5.55 \cdot 10^{11} Дж$, что в шесть раз ниже уровня ($\Sigma E = 3.55 \cdot 10^{12} Дж$), отмеченного в 2006 г. [2]. Временная развертка количественных параметров сейсмичности региона в целом по числу землетрясений и суммарной энергии дана на рис. 2.

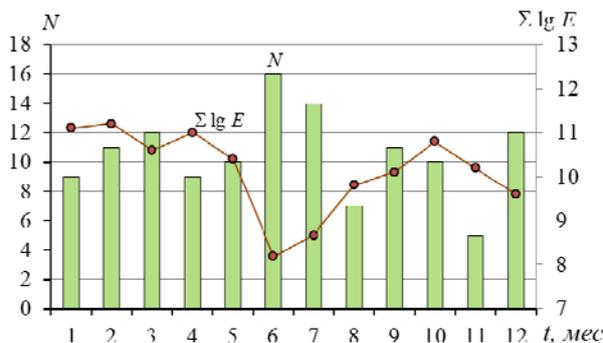


Рис. 2. Месячные значения чисел землетрясений (1) и логарифма выделившейся энергии (2) в регионе за 2007 г.

Как видим, наименьшее число землетрясений произошло в августе – 7, а наибольшее в июне – 16, но в целом сейсмический процесс в регионе по месяцам выглядит достаточно монотонным, без резких всплесков исследуемых величин. Сейсмическая энергия в районе Вранча (№ 2) составляет $\Sigma E = 5.52 \cdot 10^{11} Дж$, т.е. 99.4 % от всей энергии в регионе. В сравнении с уровнем энергии в 2006 г., равном для Вранча $\Sigma E = 2.28 \cdot 10^{12} Дж$ [2], следует констатировать уменьшение энергии в четыре раза. Ощутимых сильных землетрясений из зоны Вранча на территории Молдовы и Украины в 2007 г. не произошло. В бюллетене Института геологии и сейсмологии Академии наук Молдовы были представлены данные только по сейсмической станции «Кишинёв», т.к. другие приостановлены в связи с переоборудованием в цифровые. Сейсмическая энергия в Северо-Западном районе (№ 1) составила $\Sigma E = 1.13 \cdot 10^9 Дж$. В 2007 г. наблюдался спад сейсмической активности в Закарпатье. Северо-Западный район (№ 1) традиционно сравнивается во временном аспекте с районом Вранча (№ 2) на рис. 3, из которого следует, что район Вранча особенно активным был в первом полугодии 2007 г.

Рассмотрим более детально особенности сейсмического процесса за 2007 г. по отдельным районам.

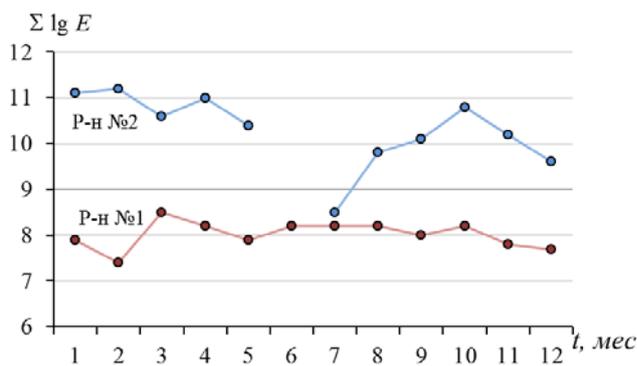


Рис. 3. Месячные значения выделенной энергии за 2007 г. в Северо-Западном районе (№ 1) и районе Вранча (№ 2)

Тячев–Тересва. Наиболее сильное ($K_p=8.2$, $K_d=8.1$) землетрясение произошло 11 октября в 14^h22^m в районе г. Берегово. Координаты события почти совпадают с очагами Береговского-III и Береговского-IV землетрясений в 2006 г. [10], указывая тем самым на возможность отнесения его к поздним афтершокам береговских событий.

Сейсмическая активность Предкарпатья представлена 14 землетрясениями. Из них пять – в районе Делятина, пять – в районе Надворной, одно – в районе Богородчан, два – в районе Солотвина. В 2007 г. зарегистрировано землетрясение в районе г. Долина, где в 1974, 1976 гг. произошла серия ощутимых землетрясений [11, 12]. Еще одно землетрясение произошло в Предкарпатье за пределами района № 1 во Львовской области в районе г. Комарно 10 ноября 2007 г. в 18^h49^m с $K_p=7.7$, $K_d=8.0$ [9]. Оно не вошло в табл. 4 и, соответственно, не учтено на графиках рис. 2 и 3. Событие зарегистрировано большинством станций Карпатского региона и Словакии. Вероятнее всего, произошло перераспределение геодинамических напряжений в структурных элементах газовых месторождений Угерско-Крукеницкой подзоны внешней зоны Предкарпатского краевого прогиба [13]. В частности, эпицентр землетрясения находится в пределах Рудковского газового месторождения, разведка и эксплуатация которого интенсивно велась во второй половине прошлого столетия. С целью усовершенствования инструментальной сети и более качественной обработки данных из района Предкарпатья 30 августа 2007 г. была открыта сейсмическая станция с цифровой регистрацией в с. Старуна Ивано-Франковской области.

Мармарошский массив в северной части Румынии представлен девятью землетрясениями с суммарной энергией $\Sigma E=4.39 \cdot 10^8$ Дж. Эпицентры пяти землетрясений совпадают между собой и находятся в районе горы Гутин (рис. 1), еще три локализованы в районе населенного пункта Тури и одно – в районе г. Бая-Маре. В Восточной Словакии зарегистрировано три землетрясения в районе Прешовских гор и два события южнее г. Михайловце. На территории Венгрии зафиксировано два землетрясения вблизи г. Мишкольц (рис. 1). В этом районе были отмечены события и в 2006 г. [2].

В сейсмоактивном **районе Вранча (№ 2)** в Румынии сетью сейсмических станций Украины зарегистрировано 30 землетрясений с $K_p=8.4–11.1$ с суммарной энергией $\Sigma E=5.52 \cdot 10^{11}$ Дж. При определении координат очагов этих землетрясений были учтены данные сейсмических станций Румынии, Словакии, Венгрии, Польши, Молдовы и Крыма.

Землетрясения района Вранча (№ 2) разделены на Предкарпатский прогиб и горы Вранча с числом землетрясений 5 и 25 соответственно.

Предкарпатский прогиб представлен неглубокими ($h=7.6–30$ км) землетрясениями, зарегистрированными 7 января в 14^h25^m с $K_d=9.2$ и $h=30$ км, 22 января в 02^h30^m с $K_d=9.1$ и $h=14.7$ км, 30 октября в 17^h56^m с $K_d=10.7$ и $h=17$ км, 29 ноября в 18^h50^m с $K_d=10.2$ и $h=24$ км, 11 декабря в 15^h16^m с $K_d=9.0$ и $h=11.6$ км [9]. Два из них расположены вблизи Галац, остальные – в районе Бузеу, Фокшаны и Рымникул-Сэрат соответственно.

В горах Вранча произошло 25 землетрясений, из них только одно в земной коре (28 июля в 19^h59^m с $K_d=8.5$, $h=7.6$ км), а 24 – подкоровые, на глубинах от $h=79.6$ км до $h=153.6$ км. Эпицентры землетрясений ориентированы по линии с юго-запада на северо-восток. Для четырех

В Северо-Западном районе (№ 1) всего зарегистрировано 59 землетрясений. Классификация землетрясений по величине дана в K_d для всех землетрясений, а в K_p – для 33. Их диапазон оказался равным $K_d=5.2–8.1$ и $K_p=6.0–8.2$ соответственно.

В Закарпатье зарегистрировано 28 землетрясений, эпицентры которых размещены в пределах ранее выделенных сейсмоактивных зон вдоль Выгорлат-Гутинской гряды и приурочены к Закарпатскому и Припаннонскому глубинным разломам. Эпицентры землетрясений Закарпатья расположены по линии Ужгород–Мукачево–Хуст–

из них (табл. 5) приведены решения механизмов очагов, построенных на основе более 40 знаков вступлений *P*-волн.

Таблица 5. Параметры механизмов очагов подкорковых землетрясений Вранча в 2007 г.

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды		K_p	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
				MPSP	m_b		T		N		P		NP1			NP2			
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
1	17.01	13 17 20.5	133	4.5	4.5	11.1	80	33	48	24	5	153	235	40	80	70	50	100	MOLD
2	14.02	06 56 36.2	153	3.8	3.7	11.0	60	260	29	58	10	154	274	44	136	40	60	56	—
3	15.02	02 32 52.1	110	4.1	3.9	10.7	80	330	6	126	5	218	120	50	80	314	42	111	—
4	09.03	21 44 16.5	157	3.7	3.9	10.6	4	226	56	322	34	124	274	64	-158	174	70	-28	—

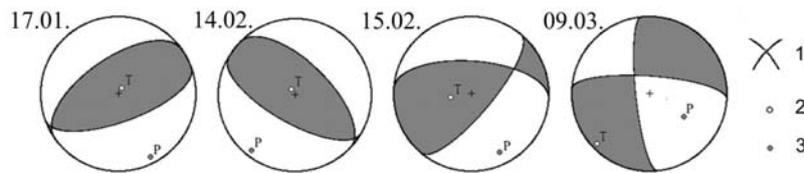


Рис. 1. Стереограммы механизмов очагов землетрясений Вранча за 2007 г.

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения *T* и сжатия *P* соответственно.

Землетрясение 17 января произошло в центральной части области Вранча на глубине $h=133.4$ км по региональным данным [9] и 120 км – по фазе *pP* в [14]. Оно проявилось макросейсмически на территории Молдовы с интенсивностью не более трех баллов (Кишинёв (234 км) 2 балла) [15]). Решение механизма очага получено по 58 знакам первых вступлений *P*-волн (39 – сжатия, 19 – разрежения) по данным каталога ISC. По одной из плоскостей *NP1* произошла надвиговая ($DP=40^\circ$, табл. 5) подвижка в соответствии с надвижением Карпатской горной дуги на Предкарпатский прогиб.

Два землетрясения, зарегистрированные 14 февраля в 06^h56^m с $K_p=11.0$ и 15 февраля в 02^h32^m с $K_p=10.7$, приурочены к разным частям фокальной зоны и разным этажам глубин с $h=153$ и 110 км (табл. 5). Практически произошла разрядка напряженного состояния во всей области Вранча. Очаг землетрясения 14 февраля с $h=153$ км приурочен к юго-западной ее части. Механизм его очага является типичным и обусловлен тектоникой Южных Карпат: одна из нодальных плоскостей (*NP1*) параллельна простиранию осевой линии Карпатской дуги ($STK=274^\circ$). Вдоль нее произошло надвижение ($DP=44^\circ$) северного борта разрыва на южный. Ось сжатия *P* близгоризонтальна ($PL=10^\circ$) и направлена на юг–юго-восток ($AZM=154^\circ$). Очаг землетрясения 15 февраля с $h=110$ км расположен в северо-восточной части области Вранча. Ось сжатия почти горизонтальна ($PL=5^\circ$) и направлена на юго-запад ($AZM=218^\circ$), ось растяжения близвертикальна ($PL=80^\circ$). Преимущественные движения в очаге – взброс по более крутой ($DP_1=50^\circ$) плоскости *NP1* и надвиг по более пологой ($DP_2=42^\circ$) плоскости *NP2*, т.е. юго-западный борт разрыва надвигается на северо-восточный. Но заметны также небольшие сдвиговые подвижки, левосторонние – по *NP1* и правосторонние – по *NP2*.

Землетрясение, записанное 9 марта в 21^h44^m, произошло в юго-западной части Вранча на глубине $h=157$ км. Механизм очага построен по 44 знакам (25 – сжатий, 19 – разрежений). В его очаге реализовались почти чистые сдвиги по обеим крутым ($DP_1=64$ и $DP_2=70^\circ$) плоскостям, слегка осложненные сбросами, что является нетипичным для области Вранча. Нодальная плоскость *NP1* – широтная ($STK_1=274^\circ$), *NP2* – близмеридиональная ($STK_2=174^\circ$).

Отметим, однако, что в 2007 г. район Вранча характеризовался слабой сейсмической активностью как по числу землетрясений, так и по уровню суммарной энергии.

По районам №№ 3, 4 и 6 сведений об их сейсмичности нет (табл. 4).

На **Буковине (№ 5)** произошло 18 коровых землетрясений с $Kd=5.8$ –8.7. Район разделен на три территориальные зоны: Надднестровье, Черновицкая область и Молдовское плато.

Надднестровье охватывает территории Тернопольской, Винницкой и Хмельницкой областей, прилегающие к р. Днестр. В данном районе зарегистрировано пять мелких ($h=1$ –6 км) и

слабых ($K_p=5.9-6.6$) толчков. Четыре из них локализованы на территории Хмельницкой области: два – в районе г. Каменец-Подольский (20 июня с $K_p=5.9$ и 9 декабря с $K_p=6.5$), по одному – вблизи населенных пунктов Смотрич (29 марта с $K_p=6.6$), Старая Ушица (23 декабря с $K_p=6.3$), еще один – в Тернопольской области недалеко от г. Борщив (2 января с $K_d=6.6$) [9].

В Черновицкой области зарегистрировано шесть землетрясений с $K_d=5.8-8.9$ на глубинах h от 2 до 6 км. Эпицентры этих событий находятся вблизи г. Новоднестровск. Два из них (5 июля в 03^h34^m и 7 июля в 17^h31^m [9]) записаны только одной сейсмической станцией – «Новоднестровск», поэтому координаты их не определены. Ощутимым стало землетрясение 18 ноября в 09^h17^m с $K_p=8.9$ на глубине $h=3.3$ км. Оно вызвало сотрясения в г. Новоднестровск с интенсивностью $I_0=4$ балла по шкале MSK-64 [16]. При определении координат его эпицентра использовались данные 18 сейсмических станций Украины и Румынии. Более подробно это землетрясение описано в отдельной статье наст. сб. [17].

В районе Молдовского плато на территории Молдовы зафиксированы очаги шести землетрясений, пять из которых локализованы вблизи узла границ Украины, Молдовы и Румынии: 18 мая в 09^h25^m с $K_p=7.7$, 11 июня в 11^h56^m с $K_p=6.9$, 12 июля в 10^h33^m с $K_p=7.2$, 10 сентября в 10^h08^m с $K_p=7.5$, 4 октября в 11^h41^m с $K_p=7.9$. Еще одно землетрясение с $K_p=6.9$ возникло 6 июня в 09^h17^m на северо-западной границе Молдовы с Румынией [9].

В Трансильвании (№ 7) в районе Трансильванского плато зарегистрировано одно землетрясение – 21 июня в 14^h22^m с $K_p=7.7$ и $h=6$ км [9].

В районе Бакэу (№ 8) произошло два коровых землетрясения, зарегистрированные 22 июня в 10^h43^m с $K_p=7.7$ и 2 декабря 23^h22^m с $K_p=7.4$ [9].

Как указано выше, в каталог включены также 19 землетрясений вне границ региона, расположенных на территории Украины, Польши, Словакии, Венгрии и Молдовы.

Восемь из них реализовались на территории Украины: два – в Житомирской области в районе г. Любар (26 апреля с $K_p=7.6$ и 3 сентября с $K_p=7.9$), одно – в Тернопольской области в районе г. Збараж (15 июня с $K_p=7.0$), два – в Хмельницкой области (29 марта в районе г. Дашковцы с $K_p=6.7$ и 21 сентября с $K_p=7.6$ в районе г. Деражня), одно – во Львовской области (10 ноября с $K_p=7.7$), одно – на границе Винницкой области и Молдовы (9 июня с $K_p=7.9$), одно – на территории Молдовы (19 июня с $K_p=6.3$).

Семь землетрясений [9] зафиксировано на территории Польши в том же районе, что и в прошлые годы [1, 2]. Их суммарная энергия составила $\Sigma E=9.08 \cdot 10^9$ Дж. Словакия представлена в каталоге [9] тремя землетрясениями (13 февраля с $K_p=8.1$, 7 июня с $K_p=8.7$ и 14 октября с $K_p=8.5$), Венгрия – одним (18 ноября в 14^h22^m с $K_p=9.0$ и $h=7$ км).

Л и т е р а т у р а

1. Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Келеман И.М., Паранджа И.А., Вербицкий Ю.Т., Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Симонова Н.А. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 63–69.
2. Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Келеман И.М., Паранджа И.А., Вербицкий Ю.Т., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Алексеев И.В. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 50–58.
3. 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.
4. New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP). GeoForschungsZentrum. – Potsdam (IASPEI), V.1, C.3, 2002. – P. 24.
5. 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.
6. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 273 с.
7. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.

8. Маламуд А.С. Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений, Т. II. // М.: АН СССР, 1974. – С. 180–194.
9. 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., Добротвир Х.В., Вербицкая О.Я., Герасименюк Г.А., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В. Каталог землетрясений Карпат за 2007 г. ($N=127$). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
10. Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Пустовитенко А.А., Корниенко Е.Е., Ярма И.И., Наривна М.М. Береговые землетрясения 15 и 23 ноября 2006 г. (Украина, Закарпатье) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 412–427.
11. Костюк О.П., Руденская И.М., Карпив Т.С., Пронишин Р.С. Сейсмичность Карпатской зоны в 1974 г. // Сейсмический бюллетень Западной территориальной зоны Единой системы сейсмических наблюдений СССР (Крым – Карпаты, за 1970–1974 гг.). – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 176.
12. Сейсмический бюллетень Западной территориальной зоны Единой системы сейсмических наблюдений СССР (Крым–Карпаты, за 1975–1976 гг.). – Киев: Наукова думка, 1982. – С. 71.
13. Глушко В.В., Буров В.С. и др. Тектоника, история развития и условия формирования нефтяных и газовых месторождений Предкарпатского прогиба // Сборник научных трудов УкрНИГРИ. Выпуск IV. – М.: Гостоптехиздат, 1963. – С. 96–100.
14. *Bulletin of the International Seismological Centre for 2007.* – Berkshire: ISC, 2009.
15. Рыжикова М.И., Михайлова Р.С. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах ($n=233$) России и других стран СНГ в 2007 г. (См. Приложение в наст. сб. на CD).
16. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
17. Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф. Новоднестровское-II землетрясение 18 ноября 2007 г. с $K_p=8.9$, $M_d=2.6$, $I_0=4$ (Украина, Буковина) // (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).