

КАРПАТЫ

И.М. Руденская, Р.С. Пронишин, М.В. Чуба, И.Н. Келеман, И.А. Гаранджа,

Н.А. Симонова, Н.Я. Степаненко

Сейсмологические исследования в Карпатском регионе в первом квартале 1998 г. проводились, как и в предыдущие годы [1,2], сетью, состоящей из 10 стационарных сейсмических станций (рис. 1). Сведения о них и параметры регистрирующей аппаратуры приведены в табл. 1. К сожалению, в связи с сокращением финансирования со второго квартала 1998 г. были законсервированы сейсмические станции «Косов», «Рахов» и «Городок». Сейсмическая станция «Нижнее Селище» не работала в третьем квартале, а регистрация сейсмических событий на сейсмической станции «Тросник» проводилась со значительными перебоями в связи с плохим электроснабжением. Стабильно работали только сейсмические станции «Львов», «Ужгород», «Межгорье» и «Моршин». При обработке землетрясений сейсмоактивного района Вранча (№ 2) использовались данные Крымской сети, сейсмической станции Молдовы «Кишинев» и зарубежных станций Польши, Словакии, Венгрии, Румынии.

Таблица 1. Сейсмические станции, работавшие в 1998 г., и их параметры

№	Станция			Год открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h _y , м	Тип прибора	Компонента	V _{max}	ΔT _{max} , с
		межд.	рег.								
1	Львов	LVV	Льв	05.06.1899	49.8199	24.0313	320	СКД	N, E	1060	0.20–20
								Z	1020	0.20–20	
								СКД, КПЧ	Z	100	0.20–18
								СД-1	N	80	20–50
								E	90	16–50	
								Z	750	18–50	
СД-1, КПЧ	Z	57	18–45								
2	Ужгород	UZH	Ужг	1934	48.6308	22.2934	160	СКД	N, Z	940	0.20–20
								E	920	0.20–20	
								СКД, КПЧ	Z	73	0.20–20
								ВБП-3	N, E, Z	11.5	0.01–0.9
3	Рахов (законсервирована со 02.06.1998 г.)	RAK	Рах	01.09.1956	48.0552	24.1982	495	СКМ-3	N, E, Z	32800	0.50–0.80
								СКМ-3, КПЧ	Z	2250	0.30–0.80
4	Косов (законсервирована с 15.05.1998 г.)	KOV	Кос	01.03.1961	48.3149	25.0681	450	СКД	N, E, Z	1050	0.20–19
								СКМ-3	N, E, Z	25020	0.30–0.80
								СКМ-3, КПЧ	N, E, Z	2040	0.30–0.60
5	Межгорье	MEZ	Мжг	01.06.1961	48.5139	23.5139	440	СКМ-3	N	30730	0.50–0.80
								E	30880	0.50–0.80	
								Z	31040	0.50–0.80	
								СКМ-3, КПЧ	N, E, Z	2050	0.30–0.70
								С-5-С	N, E, Z	20	0.10–0.80
6	Ужгород (павильон)		Ужг(п)	10.11.1963	48.6637	22.3375	168	СКМ-3	N, Z	39000	0.45–0.85
								E	42000	0.45–0.80	
								СКМ-3, КПЧ	N, Z	4100	0.25–0.55
								E	4100	0.20–0.55	

№	Станция		Год открытия	Координаты			Аппаратура				
	Название	Код		φ°, N	λ°, E	$h_y, м$	Тип прибора	Компонента	V_{max}	$\Delta T_{max}, с$	
		межд.									рег.
7	Моршин	MORS	Мрш	01.01.1978	49.1366	23.8977	262	СМ-3	N, E, Z	14200	0.50–1.00
8	Нижнее Селище (не работала с 02.07. по 21.08 и с 17.09. по 29.09.1998 г.)	HSL	Нсл	01.03.1987	48.1981	23.4566	250	СКМ-3	N, E, Z	30860	0.50–0.90
9	Тросник (не работала с 09.09. по 14.09., со 02.11. по 29.11. и с 10.12. по 16.12.1998 г.)	TRS	Трс	01.08.1988	48.0949	22.95936	126	СМ-3КВ	N, E, Z	13800	0.50–0.80
10	Городок (законсервирована с 03.05.1998 г.)	HOR	Гор	25.06.1991	49.1830	26.5000	250	СКМ-3	N, E, Z	19300	0.30–0.70

Примечание. Координаты сейсмических станций даны без округления в отличие от таковых в [1].

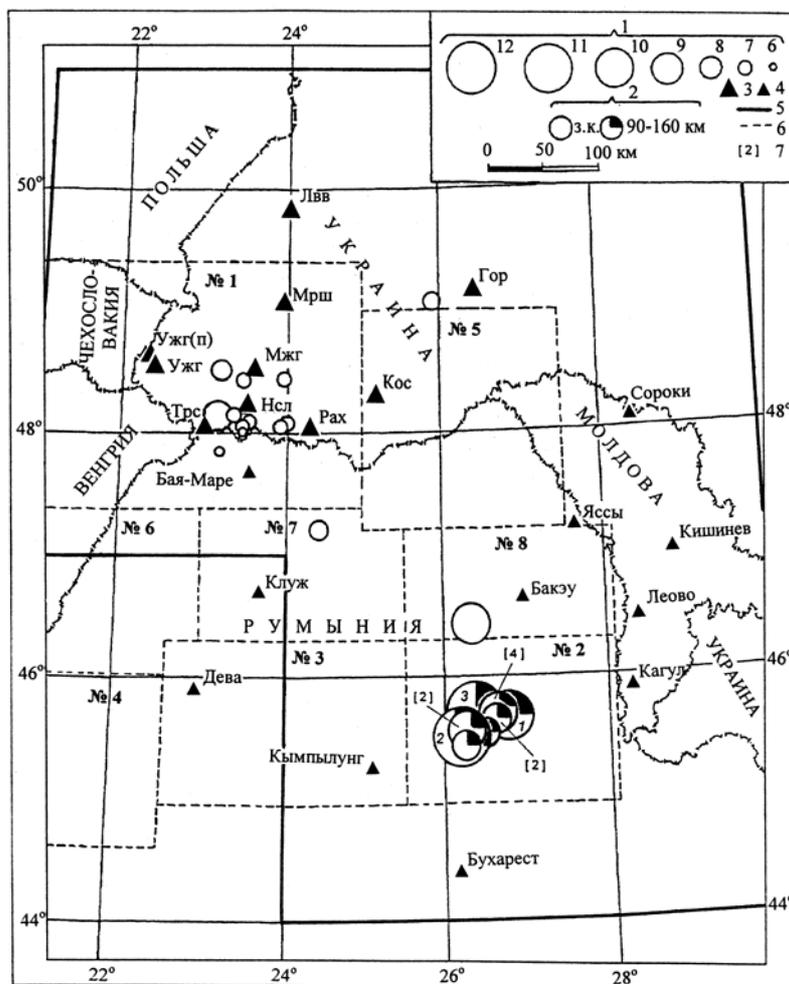


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Карпат за 1998 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина h гипоцентра: з/к и 90–160 км; 3–4 – сейсмическая станция Карпатского региона и прилегающих территорий соответственно; 5–6 – граница региона и района соответственно; 7 – число эпицентров с одинаковыми координатами. Номера сильных ($K_p \geq 10.6$) землетрясений даны в соответствии с первой графой регионального каталога [3].

В 1998 г. в Карпатском регионе зарегистрировано 57 землетрясений с $K_p=6.0-12.4$. Для 26 землетрясений определены координаты эпицентров и другие сейсмические параметры [3,4]. Распределение землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия по районам даны в табл. 2. Уровень суммарной сейсмической энергии составил $\Sigma E=3.11 \cdot 10^{12}$ Дж, что превышает соответствующий уровень в 1997 г. в 1.3 раза ($\Sigma E=2.43 \cdot 10^{12}$ Дж [2]) и более чем на порядок ($\Sigma E=2.40 \cdot 10^{11}$ Дж) – в 1995 г., когда наблюдался минимальный уровень выделившейся энергии за 25-летний период инструментальных наблюдений [5].

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE по районам

№	Район	K_p							N_Σ	$\Sigma E \cdot 10^{12}$, Дж
		6	7	8	9	10	11	12		
1	Северо-Западный								10	0.00074
	– Закарпатье	1	7	1	1	–	–	–		
	– Предкарпатье	–	–	–	–	–	–	–		
	– Румыния, Мармарош	1	–	–	–	–	–	–	1	0.000
2	Вранча								13	3.100
	– горы Вранча	–	–	–	4	6	1	2		
	– Предкарпатский прогиб	–	–	–	–	–	–	–		
	– Добруджа	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3	Южные Карпаты	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4	Банат (сейчас вне границ)									
5	Буковина	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	Кришана	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	Трансильвания	–	–	1	–	–	–	–	1	0.00013
8	Бакэу	–	–	–	–	1	–	–	1	0.00794
	Всего	2	7	2	5	7	1	2	26	3.10881

Максимум выделенной сейсмической энергии приходится на март и июль (рис. 2). В остальные месяцы уровень $\lg E$ примерно одинаковый. Максимальное число землетрясений зарегистрировано в январе и мае.

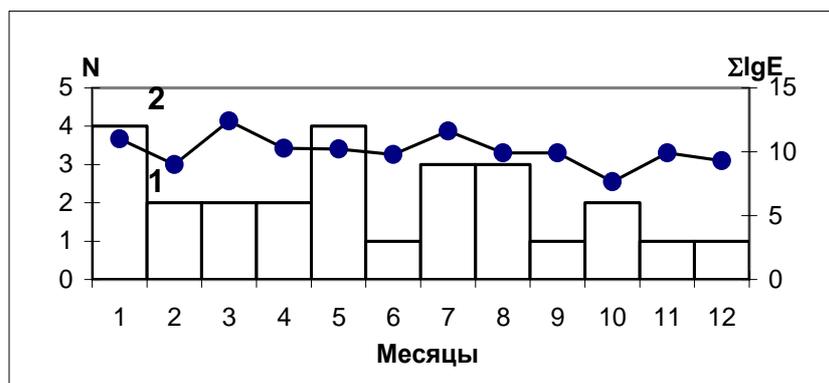


Рис. 2. Распределение числа землетрясений N и логарифма выделившейся суммарной энергии $\Sigma \lg E$ в регионе по месяцам

На рис. 3 приведен график выделения сейсмической энергии в двух основных сейсмоактивных районах – Северо-Западном (№ 1) и Вранча (№ 2). Годовой уровень сейсмической энергии в Северо-Западном районе почти на четыре порядка ниже уровня сейсмической энергии, выделившейся в районе Вранча. За последние четыре года выделение сейсмической энергии в Северо-Западном районе стабилизировалось, изменяясь в пределах $\sim(0.3-5) \cdot 10^9$ Дж [1, 2, 5, 6], однако в Закарпатье наблюдается незначительное (в 2.5 раза) ее возрастание (с $2.9 \cdot 10^8$ [2] до $7.4 \cdot 10^8$ Дж (табл. 2)). В сейсмоактивном районе Вранча на фоне общего понижения уровня выделенной энергии наблюдается три максимума: в марте, июле и ноябре.

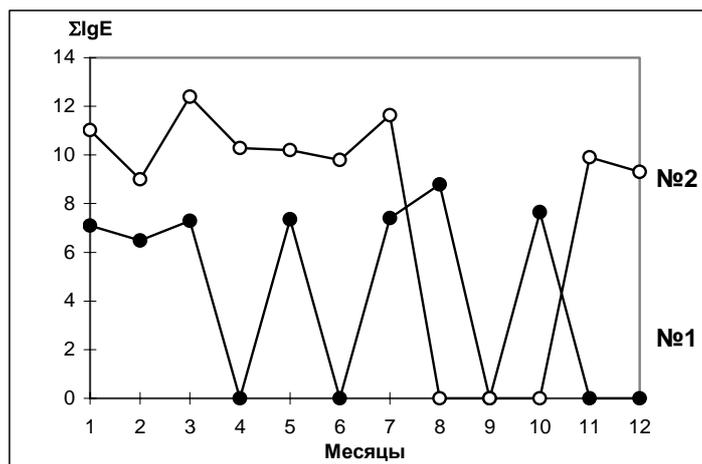


Рис. 3. Выделение сейсмической энергии в Северо-Западном районе (№ 1) и Вранча (№ 2)

В Северо-Западном районе (№ 1) зарегистрировано 11 землетрясений энергетического класса $K_p=6.5-8.7$. Поскольку в большинстве случаев землетрясения регистрировались одной или двумя сейсмическими станциями, то для них определялись энергетические характеристики и приближенные координаты эпицентра. Эпицентры закарпатских землетрясений отмечены в границах ранее выделенных сейсмоактивных зон [7]. К зоне Перепенинского глубинного разлома (зона сочленения Складчатых Карпат и Закарпатского внутреннего прогиба вдоль линии Сигет-Свалява) относятся землетрясения с очагами: в Межгорье (6 августа в 23^h47^m с $K_p=8.0$ и 15 августа в 00^h58^m с $K_p=7.1$), вблизи Нижнего Селища (31 января в 14^h59^m с $K_p=7.1$), севернее Усть-Чорной (27 июля в 05^h52^m с $K_p=7.4$) и западнее Рахова (7 октября в 13^h12^m с $K_p=7.3$ и 8 октября в 12^h59^m с $K_p=7.4$). В Тячев-Сигетской сейсмоактивной зоне (Солотвинская впадина) произошли три землетрясения в Буштыно (1 февраля в 02^h58^m с $K_p=6.5$, 8 марта в 06^h25^m с $K_p=7.3$ и 1 мая в 07^h26^m с $K_p=7.3$). Вблизи Виноградова (Чоп-Мукачевская впадина) 8 августа в 20^h50^m реализовалось наиболее сильное землетрясение Закарпатья с $K_p=8.7$.

В районе Вранча (№ 2) обработано 13 землетрясений с $K_p=9.0-12.4$. Их очаги расположены в верхней мантии на глубинах 90–160 км. Четыре из них, произошедшие 19 января в 01^h00^m с $K_p=10.9$, 13 марта в 13^h14^m с $K_p=12.4$, 3 июля в 06^h14^m с $K_p=10.5$ и 27 июля в 15^h02^m с $K_p=11.6$, ощущались на территории Молдовы с интенсивностью 2, 3–4, 2, и 2–3 балла соответственно.

Сотрясения наибольшей интенсивности наблюдались при землетрясении 13 марта: в шести пунктах отмечен четырехбалльный эффект по шкале MSK-64 [8] (табл. 3). Трехбалльные колебания дошли до Днестра. Из разосланных 56 анкет получен ответ от 32 сейсмодополнителей из 28 населенных пунктов. Основные проявления землетрясения следующие: дребезжали окна, качались люстры, лампочки, колебалась вода в сосудах. До толчка большинство людей, находящихся в покое, слышали гул. В Кишиневе землетрясение ощущалось жителями верхних этажей двумя толчками: дребезжали стекла в шкафах, звенела посуда, качались люстры (3–4 балла). Более слабые колебания интенсивностью в 3 и 2 балла отмечены в юго-восточной части Молдовы. По данным табл. 3 составлена карта ощутимости землетрясения (рис. 4).

Таблица 3. Макросейсмические сведения о землетрясении 13 марта в 13^h14^m с $K_p=12.4$, $MLH=5.1$

№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км
<u>4 балла</u>			5	Комрат	187
1	Кахул	139	6	Сатул Ноу	211
2	Джурджулешть	148	<u>3–4 балла</u>		
3	Верхняя Албота	154	7	Паику	147
4	Леово	174	8	Етулия	153

№	Пункт	Δ, км	№	Пункт	Δ, км
9	Гаваноаса	160			
10	Московей	162		<u>Не ощущалось</u>	
11	Кишинев	240	18	Ковурлуй	158
	<u>3 балла</u>		19	Буздуганий де Жос	210
12	Валя Пержей	186	20	Батыр	212
13	Липовень	194	21	Сарата Веке	227
	<u>2-3 балла</u>		22	Фалешть	238
14	Корген	185	23	Кырнацень	252
15	Кицкань	256	24	Штефан Водэ	253
	<u>2 балла</u>		25	Вышкауць	255
16	Дезгинже	183	26	Тирасполь	263
17	Слободзея	263	27	Пуркарь	282
			28	Чинешеуць	285

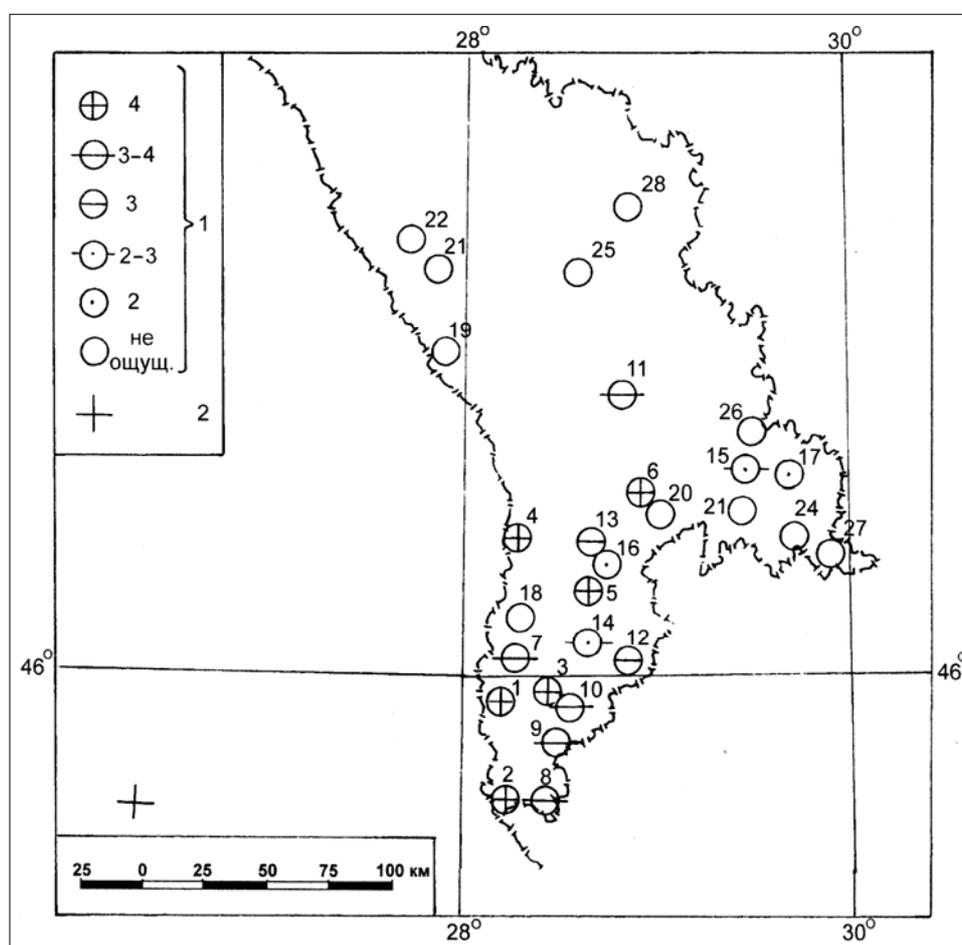


Рис. 4. Карта пунктов-баллов для землетрясения 13 марта в 13^h14^m с $K_p=12.4$, $MLH=5.1$

1 – интенсивность сотрясений в баллах по шкале MSK-64; 2 – инструментальный эпицентр.

Для этого землетрясения, по данным Гарвардского университета, есть определение механизма очага (рис. 5), представленное в [9], согласно которому движение в очаге произошло под действием как сжимающих, так и растягивающих напряжений. Однако напряжения сжатия, ориентированные в юго-восточном направлении, превалируют по величине. Обе нодальные плоскости имеют близкое, северо-восточное – юго-западное простирание. Движение по пологой нодальной плоскости (NP1) представлено надвигом, по крутопадающей плоскости (NP2) – взбросом.

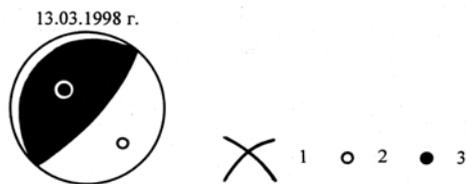


Рис. 5. Механизм очага землетрясения 13 марта в 13^h14^m с $K_p=12.4$, $MLH=5.1$

1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений сжатия и растяжения соответственно; зачернена область сжатия.

Землетрясение 3 июля замечено в Кишиневе отдельными людьми, находящимися в состоянии покоя на верхних этажах зданий (2 балла). Событие 27 июля в 15^h02^m с $K_p=11.6$ ощущалось немногими кишиневцами, находящимися внутри зданий (2–3 балла).

В районах № 7, 8 (Трансильвания и Бакэу) зарегистрировано по одному землетрясению с очагами в земной коре: 14 мая в 06^h49^m с $K_p=8.1$ и 3 сентября в 13^h42^m с $K_p=9.9$ соответственно. Эпицентр второго землетрясения находится в южной части сейсмоактивного района Бакэу на расстоянии 50 км от сейсмоактивной зоны Вранча.

Л и т е р а т у р а

1. Костюк О.П., Пронишин Р.С., Руденская И.М., Симонова Н.А., Степаненко Н.Я. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 1996 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2002. – С.13–17.
2. Руденская И.М., Пронишин Р.С., Бень Я.А., Симонова Н.А. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ФООП, 2003. – С. 30–32.
3. Руденская И.М., Чуба М.В., Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Пронишин Р.С., Симонова Н.А., Степаненко Н.Я. Сейсмичность Карпат в 1998 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 1998 год. – Симферополь, 2000. – С. 35–39.
4. Руденская И.М. (отв. сост.), Гаранджа И.А., Келеман И.М., Пронишин Р.С., Пронишин М.Р., Чуба М.В., Щепиль О.И., Симонова Н.А. Карпаты (См. раздел IV (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
5. Костюк О.П., Руденская И.М., Пронишин Р.С., Симонова Н.А. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 1995 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2001. – С. 12–14.
6. Костюк О.П., Руденская И.М. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии в 1994 году. – М.: ОИФЗ РАН, 2000. – С. 7–8.
7. 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: Academia, 1978. – P. 115–125.
8. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
9. Михайлова Р.С. (сост.). Карпаты (См. раздел V (Каталоги механизмов очагов землетрясений) в наст. сб. на CD).