

УДК 550.348.436

### ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ КАРПАТ

О.П. Костюк, Т.П. Москаленко, И.М. Руденская

В 1993 г. сводный каталог землетрясений Карпат составлен для территории, ограниченной координатами  $51^{\circ} \text{ N} - 21^{\circ} \text{ E}$ ,  $51^{\circ} \text{ N} - 30^{\circ} \text{ E}$ ,  $44^{\circ} \text{ N} - 30^{\circ} \text{ E}$ ,  $44^{\circ} \text{ N} - 24^{\circ} \text{ E}$ ,  $47^{\circ} \text{ N} - 24^{\circ} \text{ E}$ ,  $47^{\circ} \text{ N} - 21^{\circ} \text{ E}$ . Границы зоны (рис. 1.) охватывают не только территорию Украинских Карпат, но и прилегающие территории соседних стран. Это вызвано тем, что достаточно сильные землетрясения, происходящие за пределами Карпатского региона Украины, существенны для оценки сейсмической опасности ее территории. В особенности это касается глубокофокусных землетрясений района Вранча Румынии, а также сильных коровых землетрясений Словакии, Венгрии и Румынии.

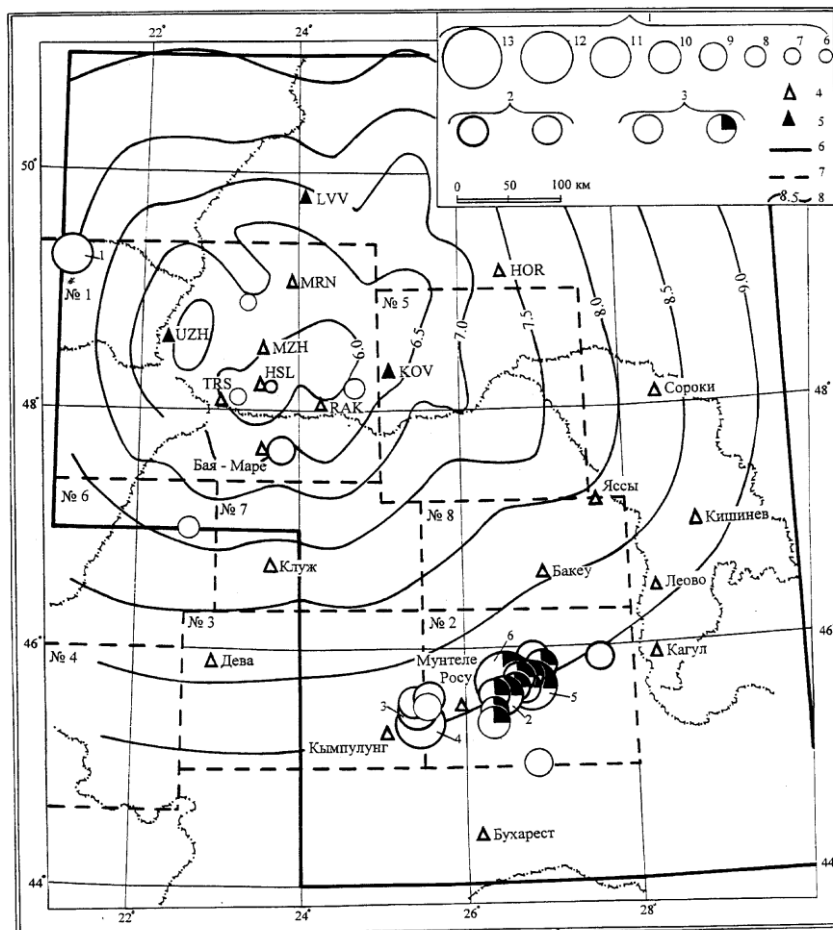


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Карпат за 1993 год

1- энергетический класс  $K_p$ ; 2- точность определения эпицентра,  $\pm(5-10)$  и  $\pm(25-50)$  км; 3- глубина гипоцентра,  $з/к$  и 80-160 км; 4,5 - опорная и региональная сейсмическая станция соответственно; 6- граница региона; 7- граница сейсмоактивных районов; 8- изолиния представительных классов  $K_{min}$ . Нумерация сильных ( $K_p \geq 10.6$ ) землетрясений в соответствии с региональным каталогом.

Вся территория Карпатского региона условно разделена на восемь сейсмоактивных районов (рис. 1): Северо-Западный (№1), куда входят Предкарпатье, Карпаты, Закарпатье Украины и прилегающие территории северной Румынии, северо-восточной Венгрии, Польши и Словакии; Вранча (№2), включающий изгиб Карпатской дуги (горы Вранча ) и прилегающую к нему часть Предкарпатского прогиба; Южные Карпаты (№3) - юго-восточная часть Карпатской дуги; Банат (№4) - юго-западная часть Румынии; Буковина (№5) - Черновицкая область Украины и северо-восточная Румыния; Кришана (№6) - зоны Криш и Сэкуены Румынии и юго-восточная Венгрия; Трансильвания (№7) - центральная Румыния; Бакэу (№8) - плато Бырлад и прилегающая к нему часть Карпатской дуги.

Система инструментальных наблюдений Карпатской зоны Украины состояла из девяти стационарных сейсмических станций (рис. 1). Основные сведения о них приведены в табл. 1.

Таблица 1. Сведения о сейсмических станциях Карпатской зоны Украины в 1993 г.

№	Станция			Дата открытия	Координаты			Аппаратура			
	Название	Код			φ°, N	λ°, E	h <sub>y</sub> , м	Тип прибора	Ком-по-нента	V <sub>max</sub>	ΔT <sub>max</sub> , с
		Межд.	Рег.								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Львов*	LVV	Лвв	05.06.1899	49.82	24.03	320	СКД СКД, КПЧ СД-1 СД-1, КПЧ	N,E,Z  Z Z  N,E	1050  100 800  80	0.20-20  0.20-18 17-55  16-50
2	Ужгород*	UZH	Ужг	1934	48.63	22.29	160	СКД СКД, КПЧ ВБП-3	N,E,Z  Z N,E,Z	940  70 11.5	0.20-20  0.20-20 0.10-0.8
-	Ужгород* (павильон)	UZH	Ужг(п)	10.11.1963	48.66	22.34	168	СКМ-3 СКМ-3, КПЧ	N,E,Z  N,E,Z	39000  4100	0.50-0.8  0.30-0.5
3	Рахов	RAK	Рах	01.09.1956	48.05	24.20	495	СКМ-3 СКМ-3, КПЧ	N,E,Z  Z	32800  3000	0.50-0.8  0.40-0.7
4	Косов*	KOV	Кос	01.03.1961	48.31	25.07	450	СКД  СКМ-3 СКМ-3, КПЧ	N E,Z N,E,Z Z	1090 1050 25000 2100	0.20-19 0.20-19 0.30-0.8 0.30-0.7
5	Межгорье	MZG	Мжг	01.06.1961	48.51	23.51	440	СКМ-3 СКМ-3, КПЧ С-5-С	N,E,Z  N,E,Z N,E,Z	31100  2050 20	0.50-0.8  0.30-0.7 0.10-0.8
6	Моршин	MRN	Мрш	01.01.1978	49.14	23.90	262	СМ-3	Z	14200	0.50-1.0
7	Нижнее Селище	HSL	Нсл	01.03.1987	48.20	23.46	250	СКМ-3	Z	31900	0.50-0.9
8	Тросник	TRS	Трс	01.08.1988	48.09	22.96	126	СМ-3КВ	Z	13800	0.50-0.8
9	Городок	HOR	Гор	25.06.1991	49.18	26.50	250	СКМ-3	Z	27400	0.40-0.7

Примечание. Сейсмические станции Карпатской зоны Украины находятся в подчинении Карпатской ОМСП Института геофизики НАН Украины. Знаком \* помечены опорные станции.

Существующая сеть сейсмических станций Карпатской ОМСП регистрирует землетрясения, начиная с  $K_p=6.0$ . Это землетрясения с очагами в районе Ужгорода и треугольнике Виноградов - Межгорье - Надворная, охватывающем южную часть Закарпатья, высокогорье Карпат и часть Предкарпатья. Землетрясения с  $K_p \geq 7.0$  фиксируются в Северо-Западном районе (№1), исключая его крайнюю северную часть. Область уверенной регистрации землетрясений восьмого энергетического класса полностью охватывает сейсмоактивные районы Северо-Западный (№1) и Буковину (№5), на севере простирается до Волынской возвышенности, а на юге охватывает значительную часть сейсмоактивных районов: Кришаны (№6), Трансильвании (№7) и Бакэу (№8). Землетрясения сейсмоактивных районов Вранча (№2) и Южных Карпат (№3) регистрируются сетью Карпатских сейсмических станций, начиная с  $K_p=9.0$ . Изолинии энергетической представительности сети Карпатских сейсмических станций Украины представлены на рис. 1.

Для определения положения очагов карпатских землетрясений использовались записи сейсмических станций Карпатской ОМСП. Для сильных ( $K_p \geq 9$ ) землетрясений Северо-Западного района и остальных районов дополнительно привлекались данные бюллетеней сети сейсмических станций Крыма и Молдовы и сообщения о землетрясениях соседних стран: Румынии, Болгарии, Венгрии, Польши и Словакии. Методика определения координат гипоцентров осталась прежней [1].

Энергетическая классификация проводилась по номограмме Т.Г. Раутиан [2]. Для глубокофокусных землетрясений использовались гипоцентральные расстояния, как показано в [3].

Магнитуда всех землетрясений Карпатского региона определялась по максимальным смещениям в объемной волне S по записи короткопериодных приборов СКМ-3 по формуле из [4]:

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

Для более сильных землетрясений определялась стандартная магнитуда MLH, если на записи широкополосных приборов СКД выделялась максимальная фаза поверхностной волны Релея. При определении MLH глубокофокусных землетрясений из района Вранча учитывалась, согласно [4], поправка +0.8.

Для унификации магнитудных определений слабых и сильных землетрясений района Вранча и приведения их к опорной магнитуде MLH была разработана методика перевода магнитуды MSHA, определенной по объемной волне S, зарегистрированной короткопериодной аппаратурой, в стандартную магнитуду MLH. Были выбраны землетрясения в широком энергетическом диапазоне  $MLH=3.8-5.9$  и  $MSHA=2.9-4.8$  (их оказалось 94), зарегистрированные в 1961-1990 гг., для которых имелись значения MLH и MSHA (рис. 2). Магнитуды подобранных землетрясений уточнялись, а в некоторых случаях и переопределялись. При расчете зависимости методом наименьших квадратов была получена формула вида:

$$MLH = 0.84 MSHA + 1.52$$

при коэффициенте корреляции  $r=0.88$  и  $\delta MLH=0.2$ . В региональном каталоге землетрясений (в наст сб.) значения MLH пересчитаны из MSHA по этой формуле.

Кроме того, традиционно в каталоге приведены магнитуды MSM [5,6], взятые из регионального каталога Молдовы.

В 1993 г. в Карпатском регионе зарегистрировано 26 землетрясений с  $K_p=5.8-12.7$  (табл. 2, рис. 1).

Выделившаяся сейсмическая энергия в Карпатском регионе ( $8.31 \cdot 10^{12}$  Дж) в 1.7 раз ниже энергии, выделившейся в предыдущем году ( $1.46 \cdot 10^{13}$  Дж) и равна энергии, выделившейся в 1991 г. ( $8.31 \cdot 10^{12}$  Дж). В Северо-Западном районе суммарная сейсмическая энергия составила  $6.39 \cdot 10^{10}$  Дж, что в 6.4 раз выше энергии 1992 г., и почти вся она приходится на очаговую зону, расположенную на границе Польши и Словакии, в 150 км от границы с Украиной.

**Северо-Западный район (№ 1).** Здесь зафиксировано шесть землетрясений с  $K_p=5.8-10.8$ . Сейсмичность Закарпатья представлена тремя слабыми единичными событиями, два из которых произошли в горной части Карпат и одно в районе Нижнего Селища. Самым сильным ( $K_p=10.8$ ) событием Северо-Западного района было землетрясение 1 марта в 07 ч 42 мин с очагом, расположенным на границе Польши и Словакии, где в прошлом году зафиксирован рой землетрясений, три из которых были ощутимы.

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

№	Район	K <sub>p</sub>								N <sub>Σ</sub>	ΣE*10 <sup>10</sup> , Дж
		6	7	8	9	10	11	12	13		
1	Северо-Западный:										
	- Закарпатье,	1	1	1	-	-	-	-	-	3	0.005
	- Румыния,	-	1	-	1	-	-	-	-	2	0.080
	- Венгрия,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	- Словакия и Польша	-	-	-	-	-	1	-	-	1	6.310
2	Вранча:										
	- горы Вранча,	-	-	-	2	6	1	1	1	11	660.000
	- Предкарпатский прогиб	-	-	-	2	1	-	-	-	3	1.670
3	Южные Карпаты	-	-	-	1	3	-	1	-	5	163.000
4	Банат	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Буковина	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Кришана	-	-	1	-	-	-	-	-	1	0.016
7	Трансильвания	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Бакэу	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Всего	1	2	2	6	10	2	2	1	26	831.081

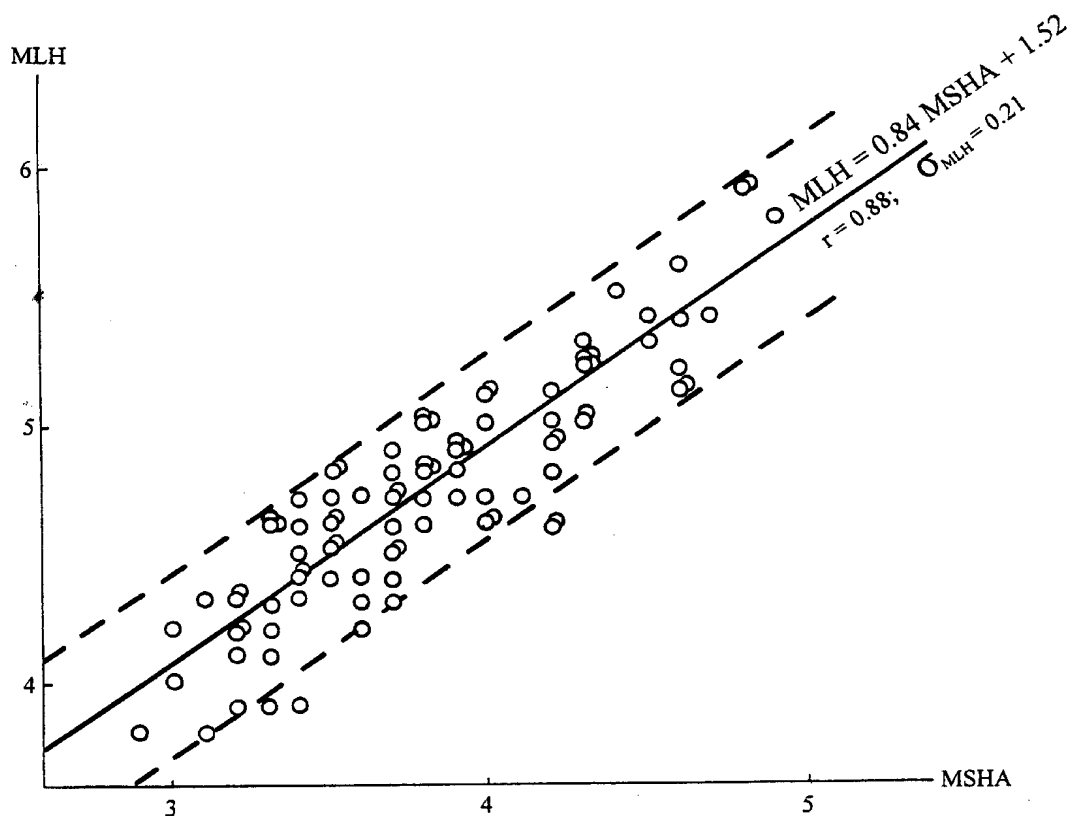


Рис. 2. Зависимость магнитуды MLH по записи приборов СКД от магнитуды MSHA по записи СКМ-3. Пунктиром отмечен доверительный интервал для линейной регрессии при 95%-м уровне значимости

Район Вранча (№ 2) представлен 14 землетрясениями с K<sub>p</sub>=8.9-12.7. Очаги 11 из них расположены в верхней мантии на глубинах 80-160 км и трех (в Предкарпатском прогибе) - в

земной коре. Для трех, более сильных глубокофокусных землетрясений, имеются макросейсмические сведения из Молдовы. Землетрясения 9 марта в 14 ч 17 мин,  $K_p=11.0$  и 30 июля в 14 ч 25 мин,  $K_p=11.9$  ощущались немногими в г. Кишиневе на верхних этажах ( $I=3$  балла), а 26 августа в 21 ч 32 мин,  $K_p=12.7$  - многими. Кое-где спящие просыпались, дребезжали окна, двери ( $I=4$  балла).

**Южные Карпаты (№ 3).** После продолжительного затишья оживилась сейсмическая деятельность в Румынии, в эпицентральной зоне Кымпулунг-Мусчель, северо-восточная часть которой характеризуется землетрясениями с максимальной интенсивностью в эпицентре 6 баллов [6]. Здесь зарегистрировано пять землетрясений с  $K_p=9.4-12.2$ . Выделившаяся суммарная сейсмическая энергия равна  $1.63 \cdot 10^{12}$  Дж, что составляет почти 20% от годовой энергии всего Карпатского региона. За инструментальный период наблюдений более сильное ( $K_p=12.8$ ) землетрясение было зарегистрировано 12.04.1969 г. в 21 ч 38 мин [7], ощущавшееся в эпицентральной зоне с интенсивностью 6 баллов [8].

#### Л и т е р а т у р а .

1. **Землетрясения в СССР в 1985 году. 1988.** М.:Наука. С.48-53.
2. **Раутиан Т.Г. 1960.** Энергия землетрясений. // Методы дальнего изучения сейсмичности. М.: Наука. С. 75-114.
3. **Каток А.П. 1974.** Об использовании номограммы Т.Г.Раутиан для энергетической классификации глубоких памиро-гиндукушских землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. М.: Изд-во ИФЗ АН СССР. Т.2. С.139-143.
4. **Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1974 г. 1977.** / Ред. Кондорская Н.В., Шебалин Н.В. М.: Наука. С.13-14.
5. **Друмя А.В., Степаненко Н.Я. 1983.** Определение магнитуд подкорковых землетрясений области Вранча на сейсмической станции Кишинев. // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны ЕССН СССР Крым-Карпаты за 1977 г. Київ: Наукова думка. С. 81-85.
6. **Друмя А.В., Степаненко Н.Я. 1983.** Определение магнитуд подкорковых землетрясений области Вранча на сейсмической станции Кагул. // Сейсмологический бюллетень ЗТЗ ЕССН СССР Крым-Карпаты за 1978-1979 гг. Київ: Наукова думка. С. 138-140.
7. **Вера А. 1967.** Corelari seismotectonice pe teritoriul regiunii Arges //Studii si cercetari de geologie,geofizica,geografie.Seria geofizica. № 1. Т. 5. P.29-45.
8. **Костюк О.П., Руденська І.М, Червінська Н.Ф. 1975.** Сейсмічність Карпат за 1969 р. // Каталог карпатських землетрусів, 1968-1969 рр. № 14-45 (17-18). Київ: Наукова думка. С. 33-50.