

КАРПАТЫ

**С.Т. Вербицкий¹, А.Ф. Стасюк¹, М.В. Чуба¹, Р.С. Пронишин¹, И.Н. Келеман¹,
И.А. Гаранджа¹, Ю.Т. Вербицкий¹, И.И. Илиеш², Н.Я. Степаненко²,
Н.А. Симонова², И.В. Алексеев²**

¹Отдел сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины,
г. Львов, pronrom@gmail.com

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

Сейсмические наблюдения в Карпатском регионе проводились в 2009 г., так же как и ранее [1], силами двух организаций из двух государств: отделом сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины и лабораторией сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы. Каждая организация имеет свою сеть наблюдений и центр обработки данных – во Львове [2] и Кишинёве соответственно [3]. Итоговое обобщение всех совместных материалов традиционно осуществляется во Львове.

Во Львове, в отделе сейсмичности Карпатского региона, сеть сейсмических наблюдений в 2009 г. насчитывала девятнадцать стационарных станций и одну временную. Из них 15 станций находятся в подчинении Карпатской опытно-методической сейсмологической партии (КОМСП) отдела сейсмичности, а пять станций («Нижнее Селище», «Тросник», «Берегово», «Мукачево», «Брид») – в подчинении Карпатской опытно-методической геофизической партии (КОМП) этого же отдела. Цифровая аппаратура создавалась в отделе сейсмичности. Опытные образцы цифрового автоматического преобразователя DAS-03 были установлены на станциях «Львов», «Тросник», «Нижнее Селище» в 2000 г. [4]; в 2002 г. появился в дополнение блок АЦП типа DAS-04 [5]. Кроме того, в 2003 г. на станции «Львов» параллельно с DAS-03 был установлен блок аналогово-цифрового преобразования английской фирмы Guralp с сейсмометром SMG-40T [1]. Кроме того, для определения основных параметров землетрясений Карпатского региона использовались данные Крымской сети и зарубежных сейсмических сетей Карпато-Балканского региона с $\Delta \leq 1000$ км. Производство и обработка наблюдений на сейсмических станциях проводились согласно Инструкции [6].

В Кишинёве, в лаборатории сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы, сейсмическая сеть состояла в 2009 г. из пяти станций: «Кишинёв», «Кагул», «Леово», «Сороки» и «Джурджулешты» [3]. Работы по переходу станций Молдовы на современную цифровую регистрацию начались с 2003 г. На станциях были установлены трехканальные короткопериодные датчики сильных движений до 1 g, акселерометры ES-T фирмы Kinemetrics с шириной полосы регистрации до 200 Гц и сейсмометры SMG-40T фирмы Guralp, обеспечивающие регистрацию сейсмических волн в частотном диапазоне от 0.03 до 50.0 Гц. Две сейсмические станции «Кишинёв» и «Сороки» оснащены широкополосной системой накопления Quanterra Q330 фирмы Kinemetrics, с 24-битовым А/Д преобразователем по 6 каналам и антенной GPS. Другие две станции – «Леово» и «Джурджулешты» – обеспечены шестиканальной системой регистрации K2 (Kinemetrics) с 24-битовым А/Д преобразователем, GPS-антенной системы ведения точного времени и координат. Для станции K2 регистрация сейсмических колебаний производится на внутреннем flash card размером 256 Мб и на винчестере миникомпьютера в цифровом виде. На станциях установлены миникомпьютеры типа PC-LEX с ADSL-модемом, работающие от +/-12–15 В и обеспечивающие локальную архивацию и передачу данных по каналам Internet. Питание станций осуществляется от электрической сети и аккумуляторной батареи типа AD 111 В [3].

В 2009 г. велась аналоговая и цифровая регистрация на станции «Кишинёв», проводилась цифровая регистрация на станциях «Леово», «Сороки» и «Джурджулешты», продолжались работы по аппаратурному переоснащению станции «Кагул». В связи с тем, что на станциях «Со-

роки» и «Джурджулешты» были проблемы с передачей данных, обработка землетрясений в 2009 г. осуществлялась в основном по наблюдениям станций «Кишинёв» и «Леово».

Обработка землетрясений в Кишинёве проводилась согласно Инструкции о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР [6], координаты очагов определялись по программе HYPOS, разработанной в Институте геологии и сейсмологии АН Молдовы, с привлечением данных станций Румынии и Украины.

Основные данные о сейсмических станциях и параметрах регистрирующей аппаратуры для обеих организаций приведены в Приложении к наст. сб. на CD [7, 8].

Разные сети сейсмических станций дают разные параметры. Конкретно в 2009 г. параметры землетрясений Вранча, как было сказано выше, были определены по двум станциям сейсмической сети Молдовы – «Кишинёв» и «Леово», с дополнением зарубежных станций. Поэтому они отличаются от параметров, представленных в каталоге [9], которые были получены по данным Карпатской сети Украины также с привлечением данных станций зарубежных сопредельных территорий. В частности, в 2009 г. четыре землетрясения Вранча ощущались на территории Молдовы [10] с интенсивностью $I=2-4$ балла по шкале MSK-64 [11]. В табл. 1 приведена балльность только для столицы Молдовы г. Кишинёв. На примере этих землетрясений можно сравнить разброс параметров по двум центрам обработки землетрясений – в Кишинёве и Львове (табл. 1).

Таблица 1. Список ощущавшихся в Кишинёве землетрясений в 2009 г. из [10]

№	Дата, д м	$n_{ст}$	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Координаты гипоцентра				h , км	δh , км	K_p	δK	MSM	I, балл	Источ- ник
					φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ , E	$\delta\lambda^\circ$							
1	25.04	67	17 18 47.9	1.0	45.70	0.02	26.66	0.00	100	11.9	14.5	1.2	5.3	4	[10]
			17 18 46.9		45.68		26.66		111.9		13.3				
			$\delta t_0=1.0^s$		$\delta\varphi=0.02^\circ$		$\delta\lambda=0.00^\circ$		$\delta h=11.9$		$\delta K=1.2$				
2	24.07	55	20 27 08.8	0.2	45.75	0.02	26.70	0.05	150	9.6	12.3	0.9	4.4	2	[10]
			20 27 08.6		45.77		26.65		140.4		11.4				
			$\delta t_0=0.2^s$		$\delta\varphi=0.02^\circ$		$\delta\lambda=0.05^\circ$		$\delta h=9.6$		$\delta K=0.9$				
3	22.10	55	12 20 57.3	0.6	45.68	0.00	26.60	0.09	150	3.4	11.7	1.5	4.2	2	[10]
			12 20 56.7		45.68		26.51		153.4		10.2				
			$\delta t_0=0.6^s$		$\delta\varphi=0.00^\circ$		$\delta\lambda=0.09^\circ$		$\delta h=3.4$		$\delta K=1.5$				
4	26.12	66	23 04 39.2	1.5	45.72	0.03	26.60	0.12	150	32.9	11.5	0.3	4.0	2	[10]
			23 04 37.7		45.75		26.72		117.1		11.2				
			$\delta t_0=1.5^s$		$\delta\varphi=0.03^\circ$		$\delta\lambda=0.12^\circ$		$\delta h=32.9$		$\delta K=0.3$				

Примечание. Дополнение авторского оригинала таблицы строками из годового каталога [9] и оценка разности параметров выполнено в *ред.*

Из табл. 1 видно, что для четырех землетрясений максимальная разница во времени в очаге составила $\delta t_0=1.5^s$; по широте – $\delta\varphi=0.03^\circ$; по долготе – $\delta\lambda=0.12^\circ$; по глубине – $\delta h=32.9$ км; в энергетических классах – $\delta K=1.5$, что, в общем, немало. Однако особой тревоги нет, т.к. итоговый каталог [9] создан с привлечением большого числа станций (около 70 [12]).

Классификация землетрясений. При составлении сводного каталога [9] землетрясений Карпат во Львове для получения динамических характеристик землетрясений на сейсмических станциях «Львов», «Ужгород», «Косов», «Рахов» и «Новоднестровск» использовались в 2009 г. амплитудно-частотные характеристики каналов в формате PAZ GSE1. При комплексной обработке землетрясений на этих станциях определялись энергетические и магнитудные параметры сейсмических событий – K_p и $MSHA$. Согласно [13], для местных землетрясений: энергетический класс K_p определялся по номограмме Т.Г. Раутиан [14]; для землетрясений района Вранча: магнитуда по поперечной S -волне рассчитывалась по формуле из [6]:

$$MSHA = \lg A_{\max} + 1.32 \lg (\Delta, \text{ км}) + 0.8 \quad (1)$$

и расчетного энергетического класса из магнитуды MLH по поверхностным волнам по уравнению Т.Г. Раутиан из [15]

$$K_p = 4 + 1.8 \cdot MLH, \quad (2)$$

в предположении возможности его распространения и на магнитуды $MSHA$, т.е.

$$K_p = 4 + 1.8 \cdot MSHA. \quad (3)$$

На остальных сейсмических станциях, для которых на данное время нет надежных амплитудно-частотных характеристик, в качестве энергетических параметров сейсмических событий определялась магнитуда Md по длительности τ колебаний на записи по формуле из [16]:

$$Md = 1.65 + 2.67 \lg \tau, \text{ мин} \quad (4)$$

с последующим пересчетом в класс Kd по длительности записи по уравнению (2) в предположении возможности его применения и к классам Kd :

$$Kd = 4.0 + 1.8 Md. \quad (5)$$

Кроме того, в каталоге [9] содержится графа магнитуд MSM Молдовы. Согласно [17], магнитуда MSM определяется по прямым измерениям максимальной фазы поперечных волн.

Результаты обработки сейсмических событий за 2009 г. представлены в каталоге землетрясений Карпат [9]. Общее число зарегистрированных землетрясений в пределах зоны ответственности составляет $N=92$, диапазон энергетических классов $K_p=4.9-13.3$. Ощутимых землетрясений – четыре [18], суммарное число сотрясенных в 2009 г. населенных пунктов – 76 [19], механизм очага определен для одного землетрясения [20].

Кроме того, 17 событий с $K_p=7.8-9.2$ локализовано вне установленных сейсмоактивных зон – на территории Польши ($N=13$), Чехии ($N=3$) и Румынии ($N=1$) [9]. *Примеч. ред.: Однако, согласно бюллетеням ISC [21], десять из них являются горными ударами (ГУ), еще шесть имеют категорию «возможно горный удар» и лишь событие 19 октября в 02^h15^m с $K_p=9.2$ на юге Румынии, на самой границе зоны ответственности, является землетрясением. Сейсмическая энергия этих событий в дальнейшем не рассматривается.*

На карте (рис. 1) изображены эпицентры всех 92 землетрясений восьми районов Карпатского региона и 17 событий вне установленных зон.

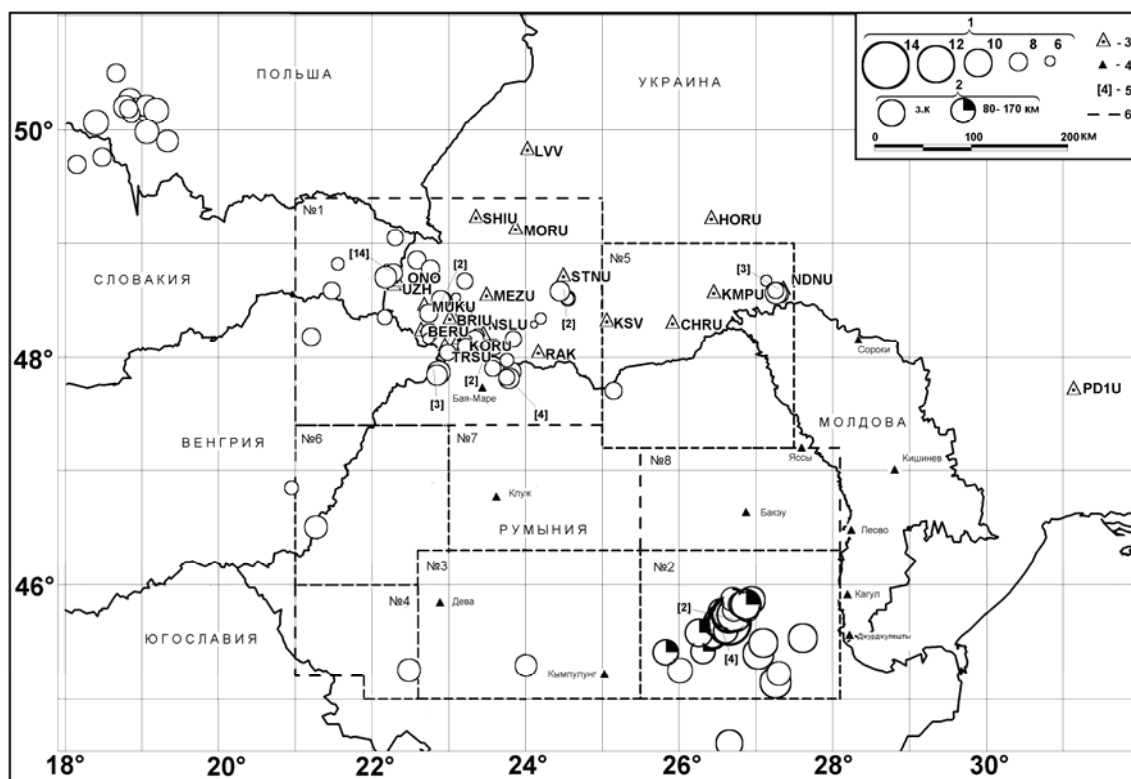


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Карпат за 2009 г.

1 – энергетический класс; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3, 4 – сейсмическая станция Карпатского региона и прилегающих территорий соответственно; 5 – число землетрясений с одинаковым эпицентром; 6 – граница сейсмоактивного района; название и номер района: Северо-Западный (1), Вранча (2), Южные Карпаты (3), Банат (4), Буковина (5), Кришана (6), Трансильвания (7), Бакэу (8).

Сведения о распределении землетрясений по районам, энергетическим классам и величине выделившейся сейсмической энергии приведены в табл. 2.

Таблица 2. Распределение землетрясений Карпат по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия по районам в 2009 г.

№	Район	K_p								N_Σ	$\Sigma E,$ Джс
		5	6	7	8	9	10	11	13		
1	Северо-Западный	6	12	19	14	1				52	$1.64 \cdot 10^9$
2	Вранча					14	10	6	1	31	$2.08 \cdot 10^{13}$
3	Южные Карпаты					1				1	$3.98 \cdot 10^8$
4	Банат						1			1	$7.94 \cdot 10^9$
5	Буковина		1	1	2	1				5	$6.16 \cdot 10^8$
6	Кришана				1	1				2	$5.41 \cdot 10^8$
7	Трансильвания										0
8	Бакэу										0
	Всего	6	13	20	17	18	11	6	1	92	$2.085 \cdot 10^{13}$

Выделившаяся суммарная сейсмическая энергия в Карпатском регионе в 2009 г. составила $\Sigma E = 2.085 \cdot 10^{13}$ Джс, что выше соответствующего уровня в 2008 г. ($\Sigma E = 9.14 \cdot 10^{11}$ Джс) [22]. Сильнейшим ($K_p = 13.3$) в 2009 г. явилось землетрясение, которое произошло 25 апреля. Оно детально описано, как указано выше, в отдельной статье наст. сб. [10].

Характер активности сейсмических процессов на протяжении года по месяцам в виде диаграмм представлен на рис. 2.

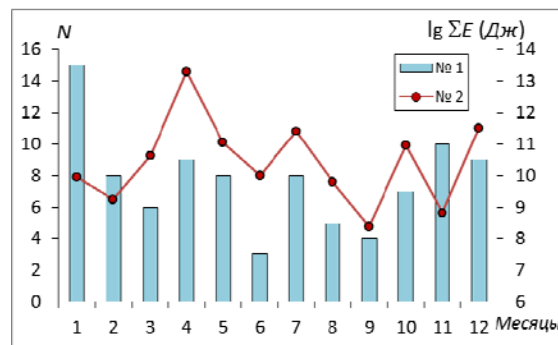


Рис. 2. Распределение числа землетрясений (1) и логарифма выделенной энергии (2) в регионе по месяцам за 2009 г.

Как видим, наименьшее число ($N=3$) землетрясений произошло в июне, а наибольшее ($N=15$) – в январе. Из районов традиционно активны два района: Северо-Западный (№ 1) и Вранча (№ 2) с числом землетрясений 52 и 31 соответственно (табл. 2). Как обычно сравним в них режим высвобождения сейсмической энергии по месяцам в течение 2009 г. (рис. 3).

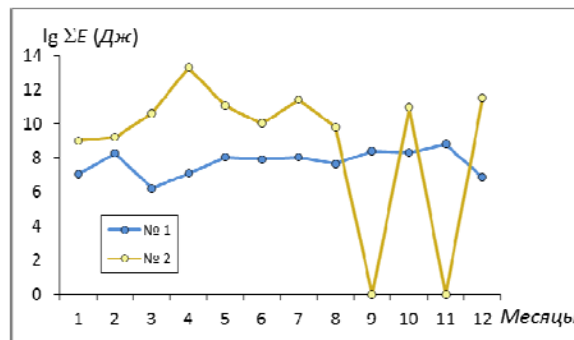


Рис. 3. Распределение логарифма выделенной энергии по месяцам за 2009 г. в Северо-Западном районе (№ 1) и Вранча (№ 2)

Из рис. 3 следует, что уровень суммарной энергии в Северо-Западном районе заметно ниже, чем во Вранче, хотя число землетрясений выше. При этом этот слабый уровень, порядка $K_p=6-8$, выдерживается очень стабильно в течение года. Район Вранча был активным на протяжении года на уровне $K_p=9-11$, кроме сентября и ноября.

Ниже анализируется сейсмическая обстановка в 2009 г. в каждом из восьми районов, показанных на рис. 1.

Северо-Западный район (№ 1). Как указано в табл. 2, в этом сейсмоактивном районе в 2009 г. зарегистрировано 52 землетрясения. Описание сейсмичности в его пределах дано для шести участков – Закарпатье (а), Предкарпатье (б), Мармарошский массив в Румынии (в), Восточная Словакия (г), Восточная Венгрия (д).

а) В Закарпатье отмечено 19 землетрясений с $K_p=6.0-8.0$. Эпицентры землетрясений находятся в пределах ранее выделенных сейсмоактивных зон и приурочены к Закарпатскому и Припаннонскому глубинным разломам, расположенным вдоль Выгорлат-Гутинского вулканического хребта. В пределах Закарпатской низменности зарегистрировано два события вблизи г. Берегово (4 июля в 02^h51^m с $Kd=7.6$ и в 03^h12^m с $Kd=6.4$ [9]), координаты которых совпадают с ощутимым землетрясением 25.09.1977 г. с $K_p=10.5$, $I_0=6-7$ баллов [23], и одно событие вблизи с. Тросник от 25 ноября в 09^h34^m с $K_p=7.3$ [9]. Наиболее сильное ($K_p=8.0$) землетрясение в Закарпатье отмечено 25 октября 2009 г. в 03^h13^m в районе с. Дубовое, в горном массиве Свидовец. Два события зарегистрированы 30 сентября в сейсмически активном районе вблизи с. Угля в 03^h13^m и в 13^h18^m с $K_p=8.0$ и 6.1 соответственно. Их координаты совпадают с координатами сильных ($K_p=10.5$ и 11.5) землетрясений, произошедших 23.08.1979 г. с $I_0=6$ баллов и 22.09.1979 г. с $I_0=6-7$ баллов [24], которые сопровождалась серией слабых афтершоков.

б) Сейсмическая активность Предкарпатья представлена четырьмя землетрясениями: три – в районе г. Надворная (8 апреля в 13^h21^m с $K_p=6.7$, 9 сентября в 12^h57^m с $K_p=7.3$, 30 ноября в 11^h27^m с $K_p=7.8$) и одно – в районе с. Быстрица (13 апреля в 02^h23^m с $K_p=6.8$).

в) В Мармарошском массиве на севере Румынии возникло восемь землетрясений (рис. 1) с суммарной энергией $\Sigma E=7.56 \cdot 10^8$ Дж. Эпицентры пяти из них находятся в восточной части Мармароша в районе Сигет (25 февраля в 02^h12^m с $K_p=7.3$, 28 февраля в 14^h22^m с $K_p=7.8$, 11 июля в 06^h54^m с $K_p=7.8$, 22 августа в 22^h21^m с $K_p=7.1$ и 17 сентября в 13^h45^m с $K_p=8.1$); и три – в северо-западной части, в районе Сату-Маре (25 ноября в 05^h43^m с $Kd=7.0$, в 09^h50^m с $K_p=8.6$ и в 20^h41^m с $K_p=7.8$).

г) В Восточной Словакии зарегистрировано 19 землетрясений (рис. 1). Из них сейсмическими станциями Закарпатья и Словакии зарегистрировано 12 довольно слабых ($K_p=4.9-6.9$) событий в январе на небольшой площадке ($\Delta\varphi=48.75-48.78^\circ$, $\Delta\lambda=22.18-22.28^\circ$). Активность этого участка проявилась также в ноябре и декабре в сейсмоактивном районе горы Выгорлат. Два события (4 июня в 12^h31^m с $K_p=7.8$ и 3 ноября в 13^h15^m с $Kd=7.5$) произошли в районе Прешовских гор, а событие 3 февраля в 03^h02^m с $K_p=7.0$ расположено на границе Словакии и Закарпатской области.

д) В Восточной Венгрии зарегистрировано два события (рис. 1). Первое произошло 28 мая в 11^h25^m с $K_p=7.7$ юго-восточнее г. Мишкольц и второе – 5 октября в 19^h06^m с $K_p=8.0$ вблизи г. Чоп.

В сейсмоактивном **районе Вранча (№ 2)** зарегистрировано 31 землетрясение с $K_p=8.6-13.3$, суммарная сейсмическая энергия которых составляет $\Sigma E=2.081 \cdot 10^{13}$ Дж, что превышает уровень суммарной энергии в 2008 г. [2].

Из них в горах Вранча зарегистрировано в 2009 г. 25 подкоровых ($h=77-155$ км) землетрясений с $K_p=8.6-13.3$ [9]. Их эпицентры ориентированы по линии с юго-запада на северо-восток. При определении координат очагов этих землетрясений были учтены данные сейсмических станций Румынии, Словакии, Венгрии, Польши, Молдовы и Крыма. Наиболее сильным ($K_p=13.3$, $M_{SHA}=5.4$) является описанное выше землетрясение 25 апреля в 17^h18^m с $h=112$ км. На территории Молдовы оно ощущалось многими жителями с интенсивностью до 4 баллов [9, 10], а в г. Черновцы – $I=2$ балла. Согласно табл. 1, еще три землетрясения (24.07 в 20^h27^m с $K_p=11.4$, 22.10 в 12^h20^m с $K_p=10.2$ и 26.12 в 23^h04^m с $K_p=11.2$) ощущались отдельными жителями г. Кишинёва. Подробное описание макросеймики на территории Молдовы представлено в [10].

Предкарпатский прогиб представлен шестью мелкими ($h \leq 33$ км) землетрясениями. Одно из них (2 марта в $04^h 15^m$ с $K_p=10.1$, $h=15$ км) локализовано вблизи г. Галац, четыре – вблизи г. Римнику-Сарат (15 марта в $19^h 37^m$ с $K_p=10.8$, $h=10.8$ км, 26 апреля в $18^h 43^m$ с $K_p=8.6$, $h=7$ км, 6 декабря в $20^h 15^m$ с $K_p=11.0$, $h=33$ км, 22 декабря в $04^h 21^m$ с $K_p=9.4$, $h=10$ км). К этому району также относится землетрясение (27 июля в $14^h 34^m$ с $K_p=9.4$, $h=16$ км) вблизи г. Сланик.

Южные Карпаты (№ 3) в 2009 г. представлены одним событием, которое произошло 27 марта в $22^h 47^m$ с $K_p=8.6$ на глубине $h=10$ км. Для определения его координат использовались данные 29 сейсмических станций [12].

В **районе Банат (№ 4)** произошло лишь одно землетрясение 18 января в $22^h 47^m$ с $K_p=9.9$ и $h=10.0$ км. Оно было зарегистрировано 45 сейсмическими станциями Словакии, Польши, Венгрии, Румынии и 14 станциями Карпатского региона [12].

На **Буковине (№ 5)** зарегистрировано пять землетрясений (рис. 1). Четыре из них (20 марта в $01^h 12^m$ с $K_p=6.3$ и $h=2.0$ км, 23 апреля в $03^h 57^m$ с $K_p=7.7$ и $h=3.4$ км, 12 июля в $04^h 07^m$ с $K_p=8.7$ и $h=4.4$ км, 13 июля в $00^h 44^m$ с $K_p=7.7$ и $h=4.3$ км) расположены вблизи г. Новоднестровск, в районе Днестровского гидроэнергоузла. Координаты их эпицентров совпадают с координатами ощутимого землетрясения 18.11.2007 г. с $K_p=8.9$ [25]. И еще одно событие произошло 9 февраля в $03^h 11^m$ с $K_p=7.1$ и глубиной $h=6.7$ км, эпицентр которого находится на границе Украины и Румынии.

В **районе Кришана (№ 6)** зарегистрировано два события: 23 мая в $04^h 05^m$ с $K_p=8.7$, $h=3.6$ км и 4 июля в $04^h 06^m$ с $K_p=7.6$, $h=8.5$ км. При определении координат землетрясения 23 мая использованы данные 26 сейсмических станций [12].

Из 17 событий с пометкой «вне» рассмотрим только одно от 19 октября в $02^h 15^m$ с $K_p=9.2$, $h=17.3$ [9]. Оно локализовано в Нижнедунайской низменности Румынии, в районе Мунтения. Для определения его координат использовались данные 29 сейсмических станций [12].

Л и т е р а т у р а

1. 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.
2. Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Вербицкий Ю.Т. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – С. 60–66.
3. Илиеш И.И. Сейсмическая сеть Республики Молдова: состояние и перспективы // Сейсмичность Северной Евразии. Материалы международной конференции. / Отв. ред. А.А. Маловичко. – Обнинск: ГС РАН, 2008 г. – С. 87–92.
4. 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.
5. 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.
6. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 273 с.
7. Пронишин Р.С. (сост.). Цифровые сейсмические станции сети региона Карпаты, работавшие в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
8. Илиеш И.И. (сост.). Сейсмические станции сети Молдовы в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
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., Вербицкая О.Я., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В. (сост.). Каталог землетрясений Карпат за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
10. Илиеш И.И., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Алексеев И.В. Ощутимое в Молдове землетрясение 25 апреля 2009 г. с $M_w=5.2$ (район Вранча, Румыния–Молдова). (См. раздел III (Сильные и ощутимые землетрясения) в наст. сб.).

11. **Медведев С.В.** (Москва), **Шпонхойер В.** (Иена), **Карник В.** (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
12. **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.**, **Вербицкая О.Я.** (ИГ НАНУ); **Симонова Н.А.**, **Бурлуцкая А.М.**, **Евдокимова О.В.** (ИГиГ АН М). Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2009 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2009 г. – Севастополь: НПЦ, Экоси-Гидрофизика, 2011. – С. 142–241.
13. **Вербицкий С.Т.**, **Стасюк А.Ф.**, **Чуба М.В.**, **Пронишин Р.С.**, **Келеман И.Н.**, **Гаранджа И.А.**, **Вербицкий Ю.Т.**, **Степаненко Н.Я.**, **Алексеев И.В.** **Симонова Н.А.** Карпаты // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 64–72.
14. **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.
15. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
16. **Маламуд А.С.** Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений. – М.: Наука, 1974. – II. – С. 180–192.
17. **Магнитудная классификация землетрясений Вранчского очага** // Отчет о результатах сейсмологических работ в 1986 г. Молдавская опытно-методическая партия. – Кишинёв: Фонды МОМП, 1987. – 57 с.
18. **Илиеш И.И.**, **Степаненко Н.Я.**, **Симонова Н.А.**, **Алексеев И.В.**, **Артёмова Е.В.** (сост.). Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Карпат в 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
19. **Илиеш И.И.**, **Артёмова Е.А.**, **Пойгина С.Г.** (сост.). Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Карпат за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
20. **Степаненко Н.Я.** (отв. сост.), **Левина В.И.** (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Карпат за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
21. **Bulletin of the International Seismological Centre for 2009.** – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2011.
22. **Вербицкий С.Т.**, **Стасюк А.Ф.**, **Чуба М.В.**, **Пронишин Р.С.**, **Келеман И.М.**, **Гаранджа И.А.**, **Вербицкий Ю.Т.** Сейсмичность Карпат в 2008 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2008 год. – Севастополь: НПЦ, Экоси-Гидрофизика, 2010. – С. 33–38.
23. **Руденская И.М.**, **Слука Н.Т.**, **Скаржевский В.В.** Закарпатское землетрясение 25 сентября 1977 г. // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны Единой системы сейсмических наблюдений СССР (Крым – Карпаты за 1977 г.). – Киев, Наукова думка, 1983. – С. 59–71.
24. **Пронишин Р.С.**, **Скаржевский В.В.**, **Хивренко З.С.** Углянские землетрясения в 1979 г. // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны Единой системы сейсмических наблюдений СССР (Крым – Карпаты за 1978–1979 гг.) – Киев: Наукова думка, 1983. – С. 100–125.
25. **Вербицкий С.Т.**, **Стасюк А.Ф.**, **Чуба М.В.**, **Пронишин Р.С.**, **Келеман И.М.**, **Гаранджа И.А.**, **Вербицкий Ю.Т.** Сейсмичность Карпат в 2007 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2007 год. – Севастополь: НПЦ, Экоси-Гидрофизика, 2009. – С. 23–31.