

## КАРПАТЫ

*С.Т. Вербицкий<sup>1</sup>, Р.С. Пронишин<sup>1</sup>, А.Ф. Стасюк<sup>1</sup>, М.В. Чуба<sup>1</sup>, Ю.Т. Вербицкий<sup>1</sup>,  
И.Н. Келеман<sup>1</sup>, Н.Я. Степаненко<sup>2</sup>, И.И. Илиеш<sup>2</sup>, Н.Я. Симонова<sup>2</sup>, И.В. Алексеев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Отдел сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины,  
г. Львов, [pronrom@gmail.com](mailto:pronrom@gmail.com)

<sup>2</sup>Лаборатория сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы,  
г. Кишинёв, [kis-seismo@mail.ru](mailto:kis-seismo@mail.ru)

**Аннотация.** В статье описаны сейсмические наблюдения в Карпатском регионе в 2012 г., которые проводились, как и ранее, двумя организациями из двух государств: на Украине – отделом сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, в Молдове – лабораторией сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы. На Украине работали 20 цифровых станций с центром обработки во Львове, в Молдове – пять станций с центром в Кишинёве. Были использованы разные программы, локальные годографы и магнитуды. Сводный каталог землетрясений создан во Львове. Приводятся карта эпицентров и таблица распределения землетрясений разных классов по районам. Суммарное число землетрясений в 2012 г. составило  $N_{\Sigma}=88$  в диапазоне  $K_p=5.3-12.3$  с интервалом глубин гипоцентров  $h=1-157$  км и суммарной сейсмической энергией  $\Sigma E=7.75 \cdot 10^{12}$  Дж. Из них 67 землетрясений с глубинами  $h=1-24$  км на всей территории ответственности и 21 землетрясение с промежуточными глубинами 84–157 км – в известной зоне Вранча. Два максимальных землетрясения с  $K_p=12.3$  зарегистрированы 7 августа и 12 декабря в горах Вранча с  $h=100$  и 135 км. В Предкарпатье и Закарпатье все землетрясения более слабые. Событие с максимальным толчком на уровне  $K_p=8.3$  произошло 10 января в очаговой зоне ошутимого в 2011 г. Колочавского землетрясения 02.10. с  $K_p=10.3$ ,  $I_0=5$  баллов. В целом, во всех сейсмоактивных зонах Карпат в 2012 г. наблюдался спад уровня сейсмичности по сравнению с таковым в 2011 г.

**Abstract.** The seismic observations in the Carpathian region in 2012, which were conducted, as before, by two organizations from two states: in Ukraine, by the seismicity department of the Carpathian region of the Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, and in Moldova by the seismology laboratory of the Institute of Geology and Seismology of the Academy of Sciences of Moldova are described. There were 20 digital stations with a processing center in Lviv, in Moldova – there were 5 stations with a center in Chisinau in Ukraine. Various programs, local hodographs and magnitudes were used. The consolidated catalog of earthquakes is created in Lviv. The map of epicenters and the table of distribution of earthquakes of different classes by regions are given. The total number of earthquakes in 2012 was  $N_{\Sigma}=88$  in the range of  $K_p=5.3-12.3$  and the depth interval of hypocenters  $h=1-157$  km with total seismic energy  $\Sigma E=7.75 \cdot 10^{12}$  J. The 67 earthquakes of these are with depths of  $h=1-24$  km on of the entire territory of responsibility and 21 earthquakes with intermediate depths of 84–157 km - in the famous Vrancea zone. Two maximum earthquakes with  $K_p=12.3$  were recorded on August 7 and December 12 in the Vrancea mountains with  $h=100$  and 135 km. All earthquakes are weaker in Precarpathian and Transcarpathian regions, with a maximum impulse at the level of  $K_p=8.3$ . It arose on January 10 in the focal zone of the notorious in 2011 Kolochavsky earthquake 02.10. with  $K_p=10.3$ ,  $I_0=5$ . In general, there was a decline in the level of seismicity in all the seismically active areas of the Carpathians in 2012 in comparison with 2011.

Сейсмические наблюдения в Карпатском регионе проводились в 2012 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. Каждое подразделение имеет свою сеть наблюдений и центр обработки данных – во Львове [2] и в Кишинёве соответственно [3]. Поэтому сети сейсмических станций, методика и результаты обработки землетрясений описаны ниже для обеих организаций. Но итоговое обобщение всех совместных материалов осуществляется во Львове из данных основного каталога землетрясений.

**Сейсмические станции.** В Карпатском регионе в 2012 г. функционировала сеть из 20 сейсмических станций, из которых 19 стационарных: «Львов» (LVV), «Ужгород» (UZU), «Межгорье» (MEZ), «Косов» (KSV), «Моршин» (MORS), «Тросник» (TRSU), «Нижнее Селище» (NSLU), «Городок» (HORU), «Черновцы» (CHRU), «Берегово» (BERU), «Брид» (BRIU), «Мукачево» (MUKU), «Рахов» (RAK), «Королево» (KORU), «Каменец-Подольский» (KMPU), «Схид-ныця» (SHIU), «Старуня» (STNU), «Стужица» (STZU), сейсмический павильон «Оноковцы»

(ONO) и одна – временная «Новоднестровск» (NDNU) (код в ISC – SIGU [4]). Из-за повреждений с июня месяца павильон «Оноковцы» был закрыт на ремонт. 15 станций из 20-ти находятся в подчинении КОМСП – Карпатской опытно-методической сейсмологической партии отдела сейсмичности, а пять станций («Нижнее Селище», «Тросник», «Берегово», «Брид», «Мукачево») – в подчинении КОМП, Карпатской опытно-методической геофизической партии этого же отдела. На всех сейсмических станциях инструментальные наблюдения проводились с использованием цифровой аппаратуры DAS-03 [5], DAS-04 [6], DAS-05 [1], созданной в Отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики. Основные параметры регистрирующей аппаратуры приведены в Приложении [7]. Дополнительно, для определения основных параметров – времени возникновения, координат и глубин очагов, невязок определений и динамических характеристик землетрясений Карпатского региона, – использовались данные Крымской сети, сейсмической службы Молдовы и ряда зарубежных сейсмических сетей Карпато-Балканского региона с  $\Delta \leq 1000$  км – Польши, Словакии, Румынии, Болгарии и Венгрии [8].

В Молдове в 2012 г. сейсмические наблюдения велись на пяти станциях с цифровой регистрацией: «Кишинёв» (KIS), «Леово» (LEOM), «Сороки» (SORM), «Джурджулешты» (GIUM), «Малые Милешты» (MILM) (код в ISC – MOLD [4]). Аналоговая запись продолжает вестись параллельно с цифровой лишь на станции «Кишинёв». Список станций, их координаты, перечень и параметры установленной на станциях аппаратуры приводятся в Приложении [9].

**Обработка землетрясений.** В Карпатском регионе основные параметры землетрясений определялись с помощью программы NYPO [10]. Входными данными являются: дата землетрясения, географические координаты сейсмических станций и времена вступлений сейсмических P- и S-волн на этих станциях. Для расчетов используются соответствующие годографы, заданные в табличном виде: в Северо-Западном районе Карпатского региона – региональный Карпатский годограф [11, 12], а для очагов землетрясений зоны Вранча – годограф Джеффриса-Буллена [13]. Программа выполняет расчет координат, времени возникновения землетрясения и оценку точности результата как среднеквадратическое отклонение по координатам эпицентра и времени в очаге.

Для получения динамических характеристик на сейсмических станциях использовались амплитудно-частотные характеристики каналов в формате PAZ GSE1. На рис. 1, 2 приведены амплитудно-частотные характеристики сейсмических станций «Львов» и «Ужгород».

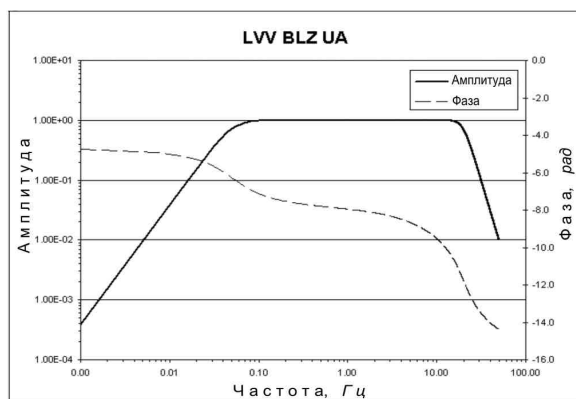


Рис. 1. Амплитудно-частотная характеристика цифровой сейсмической станции «Львов»

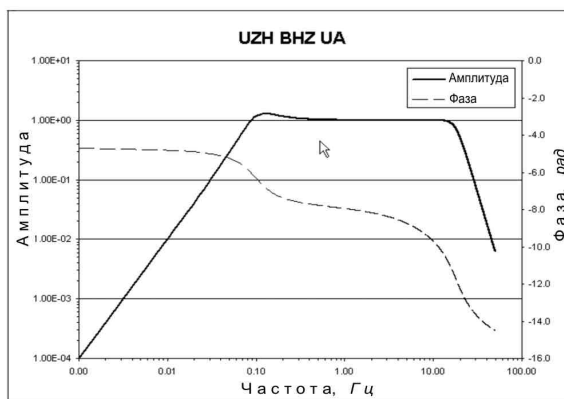


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика цифровой сейсмической станции «Ужгород»

Общая оценка имеющихся данных за последние годы позволяет сделать вывод, что цифровой способ регистрации сейсмических колебаний обладает высокой разрешающей способностью и более широким динамическим диапазоном. При обработке и интерпретации цифровых записей могут быть использованы различные фильтры, а также коррекция за характеристику аппаратуры. Все это дает возможность регистрации более слабых землетрясений по сравнению с аналоговым методом. Кроме того, цифровое представление записей позволяет сохранять их непосредственно в базе данных. При обработке и интерпретации цифровых записей для более надежного выделения нечетких или зашумленных сейсмических фаз используется полосовой фильтр Баттерворта (0.5–15 Гц). Выбор параметров фильтра зависит от соотношения сигнал-шум и спектральной характеристики изучаемого сигнала. Производство и обработка наблюде-

ний на сейсмических станциях проводились согласно Инструкции о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях [14].

В Молдове использовалась та же Инструкция [14]. Локализация очагов землетрясений производилась с помощью программы HYPOS, разработанной в Институте геологии и сейсмологии АН РМ. Исходным материалом для вычисления положения гипоцентра является информация о времени вступления  $P$ - и  $S$ -волн на сейсмических станциях сети. По разности  $t_S - t_P$  вычисляется эпицентрально-расстояние для каждой станции, затем задаются предположительные координаты очага, рассчитываются расстояния от предполагаемого эпицентра, определяется разница между наблюдаемым и расчетным расстояниями, т.е. ошибки, которые в дальнейшем минимизируются. Процедура повторяется до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность. Для учета особенностей распространения сейсмических волн в Карпатском регионе в программе используется региональный годограф [15] для глубин от 10 до 160 км с шагом 10 км. Программа HYPOS выполняет расчет координат гипоцентра, времени возникновения землетрясения и оценку точности результата. Глубина очага оценивается с точностью  $\delta h = \pm 10$  км. Определение параметров землетрясений по цифровым записям проводилось сначала в автоматическом режиме, затем кинематические данные уточнялись с помощью программы SeisGram2K [16].

Величина землетрясений определялась по аналоговому каналу станции «Кишинёв»: класс землетрясения  $K_p$  по палетке Т.Г. Раутиан [17], магнитуда  $MPV$  по максимальной фазе продольных волн, магнитуда  $MSM$  по максимальной фазе поперечных волн. Магнитуда  $Md$  по длительности колебаний на записи определялась по всем станциям Молдовы и Румынии. Длительность записи отсчитывалась от начала записи до того момента, когда запись землетрясения сравнивалась с фоном колебаний. Параметры всех обработанных в Молдове землетрясений приведены в дополнительном каталоге [18].

**Основной каталог землетрясений.** Результаты обработки сейсмических событий Карпатского региона представлены в основном каталоге землетрясений региона [19]. Всего в 2012 г. сейсмическими станциями Карпатского региона Украины зарегистрировано 88 землетрясений, из них 68 мелких очагов с  $h=1-33$  км и 20 – с глубиной в диапазоне  $h=84-157$  км. Минимальная глубина  $h=1$  км приписана четырем толчкам, произошедшим: 3 марта в  $03^h25^m$  с  $K_p=9.2$  на территории Южных Карпат, 8 марта в  $19^h19^m$  с  $Kd=10.1$  – на территории Польши, 16 апреля в  $05^h35^m$  с  $Kd=6.0$  – на территории Закарпатья, 9 июня в  $08^h54^m$  с  $K_p=7.2$  – на территории Закарпатья. Максимальная глубина  $h_{max}=157$  км в каталоге приписана землетрясению Вранча, произошедшему 16 апреля в  $16^h39^m$  с  $K_p=9.8$ . Большая часть ( $N=75$ ) включенных в основной каталог землетрясений локализована в пределах восьми традиционных районов Карпат: Северо-Западном (№ 1), Вранча (№ 2), Южных Карпатах (№ 3), Банате (№ 4), Буковине (№ 5), Кришане (№ 6), Трансильвании (№ 7) и Бакэу (№ 8). Остальные 13 событий каталога локализованы на территории Польши ( $N=6$ ), Чехии ( $N=4$ ), Словакии ( $N=2$ ) и Венгрии ( $N=1$ ).

Для получения динамических характеристик на сейсмических станциях «Львов», «Ужгород», «Косов», «Рахов» и «Новоднестровск» использовались амплитудно-частотные характеристики каналов в формате PAZ GSE1 [16]. Согласно [20], на этих станциях определялись следующие характеристики величины землетрясений:

- для местных землетрясений – энергетический класс  $K_p$  по номограмме Т.Г. Раутиан [17];
- для землетрясений района Вранча – магнитуда  $MSHA$  по поперечной  $S$ -волне по формуле из [14]

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

с добавлением поправки Н.В. Кондорской за глубину (+0.8 [21]) и расчетный энергетический класс по формуле Т.Г. Раутиан из [22]

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

На остальных станциях, для которых на данное время нет надежных амплитудно-частотных характеристик, величина землетрясений определялась магнитудой  $Md$  по длительности  $\tau$  колебаний на записи по формуле из [23]:

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

с последующим пересчетом в энергетический класс  $Kd^*$  по [22]:

$$Kd^* = 4 + 1.8 Md.$$

Кроме того, традиционно в основном каталоге региона [19] приведены магнитуды *MSM*, *MPV* [24], взятые из дополнительного каталога Молдовы [18], *ML* из Сейсмологического бюллетеня Украины [8], магнитуды *MPSP* – из *MOS* [25], *Ms*, *m<sub>b</sub>*, *M<sub>w</sub>* – из *ISC* [4].

На карте (рис. 3) изображены эпицентры землетрясений, которые произошли в восьми сейсмоактивных районах Карпатского региона, с классификацией по энергетическим классам *K<sub>p</sub>*.

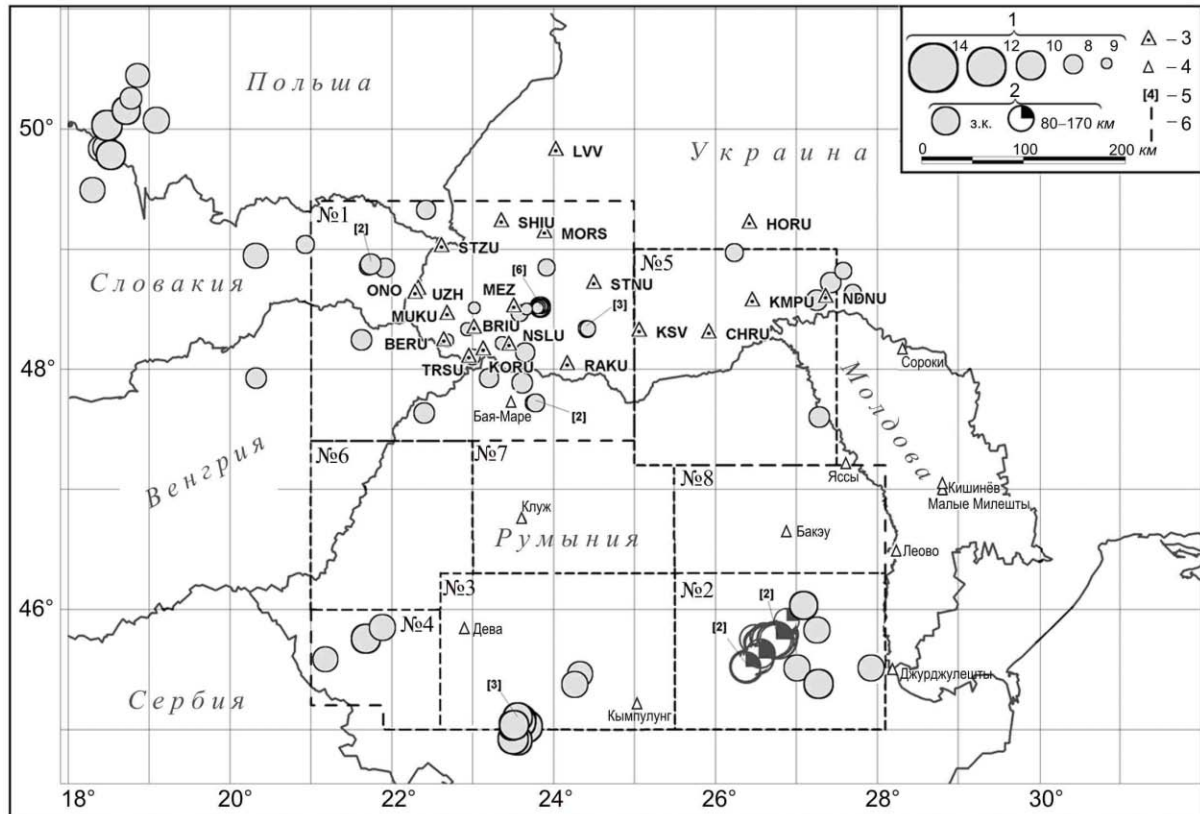


Рис. 3. Карта эпицентров землетрясений Карпат за 2012 г. по основному каталогу [19]

1 – энергетический класс *K<sub>p</sub>*; 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).

Станциями Молдовы в 2012 г. было зарегистрировано 52 землетрясения, приведенные в упомянутом выше отдельном файле [18] в качестве дополнения к основному каталогу Карпатского региона [19]. 22 землетрясения из дополнительного каталога дублируются с основным каталогом, где они упомянуты в графе «другое решение». Сводный каталог традиционно не составляется, поскольку обзор сейсмичности региона базируется на основном каталоге [19].

Основной каталог имеет несколько приложений, включающих механизмы очагов [26], макросейсмический эффект [27] и список населенных пунктов, сотрясенных в 2012 г. [28].

**Сейсмичность в 2012 г.** Сведения о распределении землетрясений по энергетическим классам и величине выделившейся сейсмической энергии по районам и вне их территорий приведены в табл. 1.

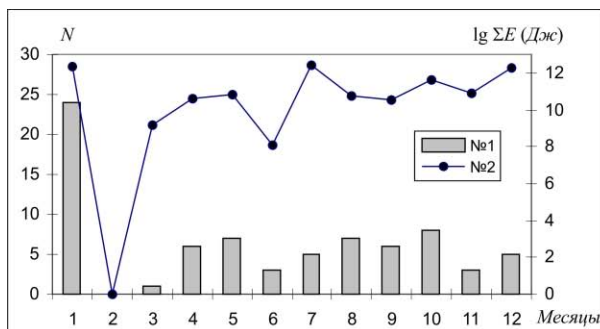
В 2012 г. отмечен спад сейсмической активности в Карпатском регионе. Так выделившаяся суммарная сейсмическая энергия в регионе, равная ( $\Sigma E = 7.63 \cdot 10^{12}$  Дж), ниже таковой в 2011 г. ( $\Sigma E = 9.40 \cdot 10^{12}$  Дж) [1]. Понижение уровня сейсмической энергии в 2012 г. наблюдается и в районе Вранча (№ 2) ( $\Sigma E = 5.37 \cdot 10^{12}$  Дж вместо  $\Sigma E = 8.08 \cdot 10^{12}$  Дж в 2011 г.), и в Северо-Западном районе (№ 1) ( $\Sigma E = 2.65 \cdot 10^9$  Дж ниже, чем в 2011 г. ( $\Sigma E = 2.94 \cdot 10^{10}$  Дж)). В Закарпатье также наблюдался спад сейсмической энергии до уровня  $\Sigma E = 4.15 \cdot 10^8$  Дж, по сравнению с таковым в 2011 г. ( $\Sigma E = 2.02 \cdot 10^{10}$  Дж [1]).

**Таблица 1.** Распределение землетрясений Карпат по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия по районам в 2012 г.

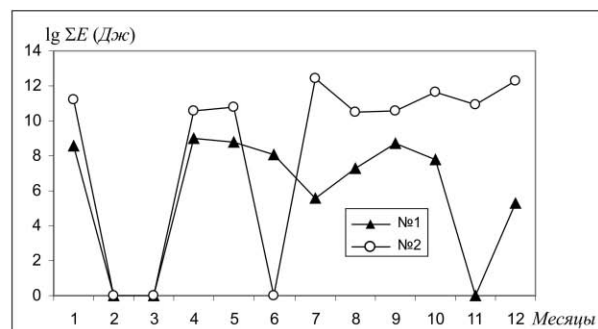
№	Район	$K_p$								$N_{\Sigma}$	$\Sigma E,$ Дж
		5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Северо-Западный									28	$2.65 \cdot 10^9$
	а) Закарпатье	1	5	4	4					14	$4.15 \cdot 10^8$
	б) Предкарпатье		2	2						4	$7.92 \cdot 10^7$
	в) Румыния, Мармарош			2	3					5	$6.21 \cdot 10^8$
	г) Восточная Словакия				2	1				3	$7.07 \cdot 10^8$
	д) Восточная Венгрия					1				1	$7.94 \cdot 10^8$
	е) Польша			1						1	$3.16 \cdot 10^7$
2	Вранча									25	$5.37 \cdot 10^{12}$
	а) горы Вранча					2	9	5	4	20	$5.34 \cdot 10^{12}$
	б) Предкарпатский прогиб						5			5	$3.03 \cdot 10^{10}$
3	Южные Карпаты					2	6	4	1	13	$2.24 \cdot 10^{12}$
4	Банат					1	2			3	$1.89 \cdot 10^{10}$
5	Буковина									6	$4.58 \cdot 10^8$
	а) Буковина – Подолье	1		2	2					5	$2.51 \cdot 10^8$
	б) Румыния				1					1	$2.07 \cdot 10^8$
6	Кришана									0	0
7	Трансильвания									0	0
8	Бакэу									0	0
	Сумма	2	7	11	12	7	22	9	5	75	$7.63 \cdot 10^{12}$
	Внешние:										
	Польша					2	3	1		6	$7.95 \cdot 10^{10}$
	Чехия					1	3			4	$3.82 \cdot 10^{10}$
	Словакия				1	1				2	$3.36 \cdot 10^9$
	Венгрия					1				1	$7.94 \cdot 10^8$
	Сумма				1	5	6	1		13	$1.22 \cdot 10^{11}$
	Всего	2	7	11	13	12	28	10	5	88	$7.75 \cdot 10^{12}$

Примечание. В районах № 6 (Кришана), № 7 (Трансильвания), № 8 (Бакэу) по региональному каталогу [19] землетрясения не зарегистрированы.

Характер активности сейсмических процессов на протяжении 2012 г. по месяцам в виде диаграмм представлен на рис. 4, 5. Наибольшее количество землетрясений ( $N=24$ ) в регионе произошло в январе, а наименьшее ( $N=1$ ) – в марте. В феврале–марте в Северо-Западном районе (№ 1) и в районе Вранча (№ 2), а также в июне, в районе Вранча, сейсмической сетью Украины не было зафиксировано землетрясений (рис. 5).



**Рис. 4.** Распределение количества землетрясений (1) и логарифма выделенной энергии (2) по месяцам за 2012 г. во всем регионе



**Рис. 5.** Распределение логарифма выделенной энергии по месяцам за 2012 г. отдельно в Северо-Западном районе (№ 1) и в районе Вранча (№ 2)

Ниже приведен анализ сейсмической обстановки в 2012 г. в каждом из восьми районов.

**Северо-Западный (район № 1).** В данном сейсмоактивном районе зарегистрировано 28 землетрясений с  $K_p=5.3-8.9$  [19].

а) В Закарпатье отмечено 14 землетрясений с  $K_p=5.3-8.3$ . Эпицентры землетрясений находятся в пределах ранее выделенных сейсмоактивных зон и приурочены к Закарпатскому и Припаннонскому глубинным разломам, расположенным вдоль Выгорлат-Гутинского вулканического хребта. Вдоль вулканического хребта эпицентры землетрясений находятся в районе г. Свалявы (8 января в  $23^h48^m$  с  $K_p=5.9$ ,  $h=2$  км), в районе г. Хуста (16 апреля в  $05^h35^m$  с  $Kd=6.0$ ,  $h=1$  км), а также в районе с. Брид (10 декабря в  $02^h45^m$  с  $K_p=5.3$ ,  $h=2$  км). В пределах Закарпатской низменности 8 января зарегистрировано землетрясение вблизи г. Виноградово в  $04^h03^m$  с  $K_p=6.9$ ,  $h=5.6$  км и 9 июня вблизи г. Берегово в  $08^h54^m$  с  $K_p=7.2$ ,  $h=1$  км.

Наибольшая активность проявилась в январе, когда на протяжении месяца было зарегистрировано шесть событий вблизи с. Колочава Межгорского района. Два землетрясения произошли 6 января (в  $04^h34^m$  с  $K_p=7.7$ ,  $h=5.7$  км и в  $06^h30^m$  с  $K_p=7.6$ ,  $h=5.7$  км). Следующие два землетрясения произошли 10 января (в  $12^h12^m$  с  $K_p=8.3$ ,  $h=5.8$  км и в  $23^h57^m$  с  $K_p=6.8$ ,  $h=5.6$  км). Еще два толчка были зарегистрированы 12 января (в  $02^h45^m$  с  $K_p=6.3$ ,  $h=6$  км и в  $23^h55^m$  с  $K_p=6.3$ ,  $h=5.6$  км).

Наиболее сильным ( $K_p=8.3$ ,  $MSH=2.0$ ) из них было землетрясение 10 января в  $12^h12^m$ . Для определения его основных параметров использовались данные сейсмических служб Словакии и Румынии. Параметры определялись с помощью программы НУРО [10], используя региональный Карпатский годограф [11]. Очаг землетрясения расположен в земной коре на глубине  $h=6$  км. Координаты землетрясения получены по данным 24 сейсмических станций и составляют  $\varphi=48.54^\circ N$  и  $\lambda=23.84^\circ E$ . Эпицентр данного землетрясения расположен на 4 км севернее ошутимого Колочавского землетрясения 02.10.2011 г. с  $K_p=10.3$ ,  $I_0=5$  баллов [29]. Поскольку инструментальный эпицентр находится в горах, то интенсивность в эпицентре можно оценить только по формуле макросейсмического поля из [30]:

$$I_0=1.5M-3.5 \lg h+3.0,$$

согласно которой  $I_0$  не превышает 3 баллов по шкале MSK-64 [31]. Ближайший населенный пункт с. Колочава в Межгорском районе, где землетрясение ощущалось с интенсивностью около 2–3 баллов, находится от эпицентра на расстоянии 12 км. Некоторые жители заметили легкое раскачивание висячих предметов, тихий шум и очень слабое дребезжание оконного стекла. Данных об ошутимости землетрясения в других близлежащих к эпицентру населенных пунктах нет. Еще одно землетрясение в 30 км южнее Колочава в районе с. Угля было зарегистрировано 24 октября в  $03^h13^m$  с  $K_p=7.9$ ,  $h=4$  км.

б) Сейсмическая активность **Предкарпатья** представлена четырьмя событиями с суммарной энергией  $\Sigma E=7.92 \cdot 10^7$  Дж. Одно событие произошло в районе с. Ангеливка – 31 мая в  $17^h22^m$  с  $K_p=7.4$ ,  $h=3.6$  км; три события зарегистрированы в районе г. Яремче – 30 августа в  $15^h50^m$  с  $K_p=7.3$ ,  $h=2.9$  км; 6 октября в  $14^h41^m$  с  $K_p=7.5$ ,  $h=3.8$  км; 16 октября в  $13^h56^m$  с  $Kd=6.4$ ,  $h=4.9$  км.

в) **Северная часть Румынии** (Мармарошский массив) представлена пятью землетрясениями с суммарной энергией  $\Sigma E=6.21 \cdot 10^8$  Дж. Одно из них зарегистрировано 5 января в  $01^h28^m$  с  $K_p=7.6$ ,  $h=5.3$  км в западной части Мармароша (район Карей); четыре события – в районе Бая-Маре (19 апреля в  $12^h43^m$  с  $Kd=7.3$ ,  $h=11.6$  км; 19 июня в  $12^h01^m$  с  $K_p=7.3$ ,  $h=4.1$  км; 6 сентября в  $11^h08^m$  с  $K_p=7.6$ ,  $h=11.1$  км; 18 сентября в  $11^h57^m$  с  $K_p=8.7$ ,  $h=3.3$  км).

г) В **Восточной Словакии** зарегистрировано три землетрясения с суммарной энергией  $\Sigma E=7.07 \cdot 10^8$  Дж. Два из них (30 апреля в  $03^h04^m$  с  $K_p=8.1$ ,  $h=6.6$  км; 2 мая в  $17^h21^m$  с  $K_p=8.8$  и  $h=24.5$  км) произошли в районе г. Вранов и одно (22 июня в  $18^h35^m$  с  $K_p=7.9$ ,  $h=6.2$  км) – в районе г. Гуменный.

д) В **Восточной Венгрии** (Среднедунайская низменность), юго-восточнее г. Мишкольц, зарегистрировано одно землетрясение 18 апреля в  $10^h33^m$  с  $K_p=8.9$ ,  $h=7$  км.

е) В **юго-восточной Польше** (Низкие Бескиды) 15 октября зарегистрировано одно событие в  $09^h47^m$  с  $K_p=7.5$  и  $h=4$  км.

В сейсмоактивном **районе Вранча (№ 2)** в Румынии сетью сейсмических станций Украины зарегистрировано 25 землетрясений с  $K_p=8.7-12.3$ . Их суммарная сейсмическая энергия составляет  $\Sigma E=5.37 \cdot 10^{12}$  Дж. При определении координат очагов этих землетрясений были учтены данные сейсмических станций Румынии, Словакии, Венгрии, Польши, Молдовы и Крыма [8].

а) **горы Вранча** – всего отмечено 20 землетрясений, выделившаяся в их очагах суммарная энергия составляет  $\Sigma E = 5.34 \cdot 10^{12}$  Дж. Они сосредоточены в зоне землетрясений с промежуточными глубинами очагов  $h = 80\text{--}150$  км. В 2012 г. на территории Молдовы пять землетрясений области Вранча ощущались населением республики: 10 января в  $18^{\text{h}}25^{\text{m}}$  с  $K_p = 11.2$ ,  $MSM = 4.0$ ,  $h = 149.8$  км; 26 апреля в  $14^{\text{h}}32^{\text{m}}$  с  $K_p = 10.5$ ,  $MSM = 4.3$ ,  $h = 138.4$  км; 6 июля в  $22^{\text{h}}47^{\text{m}}$  с  $K_p = 12.3$ ,  $MSM = 4.3$ ,  $h = 135.4$  км; 12 июля в  $02^{\text{h}}20^{\text{m}}$  с  $K_p = 11.7$ ,  $MSM = 4.3$ ,  $h = 123.9$  км; 1 декабря в  $20^{\text{h}}52^{\text{m}}$  с  $K_p = 12.3$ ,  $MSM = 4.4$ ,  $h = 100.0$  км [19, 27]. Эпицентры землетрясений соригентированы по линии с северо-востока на юго-запад. Все они подробно описаны в отдельной статье настоящего ежегодника [32].

б) **Предкарпатский прогиб** представлен в 2012 г. пятью землетрясениями, произошедшими 31 июля в  $09^{\text{h}}54^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.8$  и  $h = 11$  км; 19 августа в  $14^{\text{h}}22^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.8$  и  $h = 10.3$  км; 23 августа в  $07^{\text{h}}56^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.8$  и  $h = 23$  км; 7 декабря в  $01^{\text{h}}32^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.7$  и  $h = 4$  км; 9 декабря в  $07^{\text{h}}08^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.8$  и  $h = 15$  км. Их суммарная сейсмическая энергия равна  $\Sigma E = 3.03 \cdot 10^{10}$  Дж. Эпицентры данных землетрясений расположены в земной коре.

**Южные Карпаты, район № 3.** К этому сейсмоактивному району отнесены 13 землетрясений с суммарной сейсмической энергией  $\Sigma E = 2.24 \cdot 10^{12}$  Дж, причем 11 из них были зарегистрированы в январе. Наиболее сильное ( $K_p = 12.2$ ) событие произошло 1 января в  $23^{\text{h}}57^{\text{m}}$ . При определении координат использованы данные 40 сейсмических станций. Два события, возникшие 3 марта и 23 августа, находятся в районе горы Чибин. Очаги всех землетрясений расположены в земной коре на глубине  $h$  от 1 до 12 км.

**Район № 4, Банат, Румыния.** Здесь зарегистрировано три довольно сильных землетрясения: 7 января в  $05^{\text{h}}43^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.9$  и  $h = 5$  км; 9 января в  $19^{\text{h}}56^{\text{m}}$  с  $K_p = 10.0$  и  $h = 5$  км; 16 мая в  $21^{\text{h}}26^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.0$  и  $h = 4$  км. Их суммарная сейсмическая энергия составляет  $\Sigma E = 1.89 \cdot 10^{10}$  Дж.

#### **Буковина, район № 5.**

а) **Подолье-Буковина.** Зафиксировано пять сейсмических событий с суммарной энергией  $\Sigma E = 2.51 \cdot 10^8$  Дж. Эпицентры двух землетрясений (22 июля в  $09^{\text{h}}45^{\text{m}}$  с  $K_p = 8.1$ ,  $h = 4.4$  км и 23 октября в  $08^{\text{h}}56^{\text{m}}$  с  $K_p = 7.9$ ,  $h = 4.5$  км) расположены в районе г. Новоднестровска Черновицкой области, вблизи Новоднестровского водохранилища. В Хмельницкой области, в районе г. Чемеровцы, зарегистрировано одно событие (26 мая в  $19^{\text{h}}41^{\text{m}}$  с  $K_p = 7.6$  и  $h = 5$  км). Два события зарегистрировано в районе г. Мурованные Куриловцы Винницкой области (20 сентября в  $09^{\text{h}}45^{\text{m}}$  с  $K_d = 7.2$ ,  $h = 4.9$  км; 27 сентября в  $14^{\text{h}}55^{\text{m}}$  с  $K_d = 6.7$ ,  $h = 7.8$  км).

#### **б) Румыния.**

Вблизи г. Ботошаны 17 августа в  $22^{\text{h}}52^{\text{m}}$  зарегистрировано землетрясение с  $K_p = 8.4$  и  $h = 2$  км.

В районах **Кришана № 6, Трансильвания № 7, Бакэу № 8**, расположенных на территории Румынии, сетью станций Карпатского региона в 2012 г. землетрясения не зарегистрированы.

Однако вне установленных границ Карпатской сетью было зарегистрировано 13 землетрясений. Из них шесть в Польше (Силезия) (8 марта в  $19^{\text{h}}19^{\text{m}}$  с  $K_d = 10.1$ ,  $h = 1$  км; 21 марта в  $20^{\text{h}}06^{\text{m}}$  с  $K_p = 10.0$ ,  $h = 2$  км; 12 апреля в  $07^{\text{h}}33^{\text{m}}$  с  $K_p = 10.7$ ,  $h = 10.0$  км; 21 апреля в  $23^{\text{h}}47^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.6$ ,  $h = 2$  км; 22 ноября в  $03^{\text{h}}51^{\text{m}}$  с  $K_d = 9.2$ ,  $h = 7.1$  км; 27 ноября в  $21^{\text{h}}26^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.1$ ,  $h = 5.7$  км); четыре – в Чехии (Бескиды) (1 января в  $03^{\text{h}}17^{\text{m}}$  с  $K_p = 10.1$ ,  $h = 7$  км; 22 января в  $15^{\text{h}}44^{\text{m}}$  с  $K_p = 10.3$ ,  $h = 4$  км; 7 марта в  $20^{\text{h}}34^{\text{m}}$  с  $K_d = 8.8$ ,  $h = 4.7$  км; 11 августа в  $23^{\text{h}}56^{\text{m}}$  с  $K_d = 9.7$ ,  $h = 11.5$  км); два – в Словакии (1 января в  $09^{\text{h}}22^{\text{m}}$  с  $K_p = 8.3$ ,  $h = 4.5$  км; 31 мая в  $21^{\text{h}}35^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.5$ ,  $h = 9.4$  км); одно – в Венгрии (20 марта в  $01^{\text{h}}21^{\text{m}}$  с  $K_p = 8.9$ ,  $h = 8.2$  км). Все землетрясения внесены в региональный каталог [19]. Их суммарная сейсмическая энергия составляет  $\Sigma E = 1.22 \cdot 10^{11}$  Дж.

В заключение следует отметить, что во всех сейсмоактивных зонах региона в 2012 г. наблюдался спад уровня сейсмичности по сравнению с соответствующим уровнем в предыдущем году.

### **Л и т е р а т у р а**

1. Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Вербицкий Ю.Т., Келеман И.Н., Степаненко Н.Я., Илиеш И.И., Симонова Н.Я., Алексеев И.В. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 40–48.

2. **Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Келеман И.М., Паранджа 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. – С. 87–92.
4. **International Seismological Centre**, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
5. **Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Симонова Н.А., Степаненко Н.Я.** Карпаты // Землетрясения Северной Евразии, 2000 год. – Обнинск: ГС РАН, 2006. – С. 51–57.
6. **Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Келеман И.М., Гаранджа И.А., Вербицкий Ю.Т., Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Симонова Н.А.** Карпаты // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 50–58.
7. **Пронишин Р.С. (сост.)**. Цифровые сейсмические станции сети региона Карпаты, работавшие в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
8. **Чуба М.В., Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Плишко С.М., Добротвир Х.В., Вербицкая О.Я., Герасименюк Г.А., Давыдык О.Д., Олейник Г.И., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В.** Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2012 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2012 год. – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2011. – С. 86–149.
9. **Илиеш И.И. (сост.)**. Сейсмические станции сети Молдовы в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
10. **Herrmann R.V.** FASTHYPO – a hypocenter location program // Earthquake notes. – 1979. – 50. – N 2. – P. 25–37.
11. **Кутас В.В., Руденская И.М., Калитова И.А.** Карпатский годограф *P*- и *S*-волн и неоднородности литосферы // Геофизический журнал. – 1999. – 21. – № 3. – С. 45–54.
12. **Кутас В.В., Пронишин Р.С., Руденская И.М.** Использование макросейсмических данных при расчете закарпатского годографа *P*- и *S*-волн. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2002 год. – Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2004. – С. 119–126.
13. **Jeffreys H., Bullen R.** Seismological Tables. – London, 1940. – 84 p.
14. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР.** – М.: Наука, 1982. – 273 с.
15. **Алексеев И.И., Роман А.А., Симонова Н.А.** Построение регионального годографа очага Вранча на основе данных Международного Сейсмологического Центра // Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM. – 2005. – N 1. – С. 48–52.
16. **Lomax A.** SeisGram2K Seismogram Viewer v5.3.4X05 (09Sep2008) (BETA) Copyright © 2000–2008. – URL: <http://www.alomax.net/seisgram>
17. **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.
18. **Алексеев И.В., Симонова Н.А. (сост.)**. Дополнение к региональному каталогу землетрясений Карпат по данным Молдовы за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
19. **Чуба М.В. (отв. сост.), Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Плишко С.М., Добротвир Х.В., Вербицкая О.Я., Герасименюк Г.А., Давыдык О.Д., Олейник Г.И., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В. (сост.)**. Каталог землетрясений региона Карпаты за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
20. **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.
21. **Кондорская Н.В.** Инструментальные данные // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 13.



22. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
23. **Маламуд А.С.** Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений, Т. II. – М.: АН СССР, 1974. – С. 180–194.
24. **Магнитудная классификация землетрясений Вранчского очага** // Отчет о результатах сейсмологических работ в 1986 г. Молдавская опытно-методическая партия. – Кишинёв: Фонды МОМП, 1987. – 17 с.
25. **Оперативный сейсмологический каталог (ежедекадный) за 2012 год** [Электронный ресурс] / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2012–2013. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_Catalog/2012](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/2012)
26. **Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. (отв. сост.).** Каталог механизмов очагов землетрясений Карпат за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
27. **Симонова Н.А., Алексеев И.В., Пронишин Р.С. (отв. сост.), Михайлова Р.С., Левина В.И. (сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Карпат в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
28. **Симонова Н.А., Алексеев И.В., Пронишин Р.С., Артёмова Е.А., Лукаш Н.А., Бахтиарова Г.М. (сост.).** Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Карпат за 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD\_ROM.
29. **Пронишин Р.С.** Колочавское землетрясение 2 октября 2011 г. с  $K_p=10.3$ ,  $MSHA=3.5$ ,  $I_0=5$  (Украина, Закарпатье) // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 400–404.
30. **Шебалин Н.В.** Коэффициенты уравнения макросейсмического поля по регионам // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 30.
31. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
32. **Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Карданец В.Ю.** Ощутимые в Молдове землетрясения 2012 г.: 6 июля с  $M_{wMED}=4.4$ ,  $I_0=4$  и 1 декабря с  $M_{wMED}=4.3$ ,  $I_0=4$  (Румыния–Молдова) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 362–369.