

## КАРПАТЫ

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

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

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

**Аннотация.** В статье описаны сейсмические наблюдения в Карпатском регионе в 2013 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 19 цифровых станций с центром обработки во Львове, в Молдове – шесть 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 2013 г. составило  $N_{\Sigma}=98$  в диапазоне  $K_p=5.7-14.1$  с интервалом глубин гипоцентров  $h=1-150$  км и суммарной сейсмической энергией  $\Sigma E=1.33 \cdot 10^{14}$  Дж. Из них 19 землетрясений с глубинами  $h=80-160$  км расположены в зоне Вранча. Два максимальных землетрясения с  $K_p=14.1$  и  $K_p=12.3$  зарегистрированы 6 и 15 октября в горах Вранча с  $h=139.8$  и  $140.9$  км. В Предкарпатье и Закарпатье все землетрясения более слабые. Наиболее заметным событием в Закарпатье было ощутимое землетрясение, которое произошло в районе сейсмической станции «Нижнее Селище» 4 апреля 2013 г. с  $K_p=8.4$ . Очаг землетрясения расположен в земной коре на глубине  $h=1.7$  км. Землетрясение ощущалось населением с. Нижнее Селище с интенсивностью 3–4 балла. В целом во всех сейсмоактивных зонах Карпат в 2013 г. наблюдалось некоторое повышение уровня сейсмичности по сравнению с таковым в 2012 году.

**Ключевые слова:** Украина, Карпаты, сети станций, ощутимое землетрясение, балльность, сейсмическая энергия, промежуточные землетрясения.

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2019.22.02

**Для цитирования:** Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Чуба М.В., Келеман И.Н., Стецькив А.Т., Степаненко Н.Я., Илиеш И.И., Алексеев И.В., Симонова Н.А. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 32–43. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.02

Сейсмические наблюдения в Карпатском регионе проводились в 2013 г., так же, как и в прошлые годы [1], силами организаций из двух государств: отделом сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины и лабораторией сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы. Данные подразделения имеют свои сети наблюдений и центры обработки данных – во Львове [2] и в Кишиневе соответственно [3]. Обобщение всех совместных материалов и формирование регионального каталога землетрясений Карпат осуществляется во Львове.

**Сейсмические станции.** В Карпатском регионе (ИГФ НАНУ) в 2013 г. функционировала сеть из 18 стационарных сейсмических станций: «Львов» (LVV), «Ужгород» (UZH), «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), «Схидныця» (SHIU), «Старуня» (STNU), «Стужица» (STZU) и одной временной станции «Новоднестровск» (NDNU). Из них 14 станций находятся в подчинении КОМСП – Карпатской опытно-методической сейсмологической партии отдела сейсмичности, а пять станций («Нижнее Селище», «Тросник», «Берегово», «Брид», «Мукачево») – в подчинении Карпатской опытно-методической геофизической партии (КОМП) этого же отдела. Поэтому в списке станций Карпат в Приложении [4] для каждой из них в отдельной графе указан код партии, КОМСП или КОМП соответственно. На всех сейсмических станциях инструментальные наблюдения проводились с использованием цифровой аппаратуры DAS-03 [5], DAS-04 [6], DAS-05 [4], созданной в Отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики Украины. Основные парамет-

ры регистрирующей аппаратуры приведены в Приложении [4]. Дополнительно для определения основных параметров – времени возникновения, координат и глубин очагов, невязок определенных и динамических характеристик землетрясений Карпатского региона – использовались данные Крымской сети, сейсмических служб Молдовы и зарубежных сейсмических сетей Карпато-Балканского региона с  $\Delta \leq 1000$  км (Польша, Словакия, Румыния, Болгария и Венгрия).

В Молдове в 2013 г. сейсмические наблюдения велись на шести станциях с цифровой регистрацией: «Кишинёв» (KIS), «Леово» (LEOM), «Сороки» (SORM), «Джурджулешты» (GIUM), «Малые Милешты» (MILM) и «Пуркары» (PURM). Аналоговая запись продолжает вестись на станции «Кишинёв». Список станций Лаборатории сейсмологии ИГиС АН Молдовы, их координаты, перечень и параметры установленной на станциях аппаратуры приводится в Приложении [7].

**Обработка землетрясений.** В Карпатском регионе основные параметры землетрясений определялись с помощью программы NYPO [8]. Входными данными являются: дата землетрясения, географические координаты сейсмических станций и времена вступлений сейсмических волн  $P$  и  $S$  на этих станциях. Для расчетов используются соответствующие годографы, заданные в табличном виде: в Северо-Западном районе Карпатского региона – региональный Карпатский годограф [9, 10], а для очагов землетрясений зоны Вранча используется годограф Джеффриса-Буллена [11]. 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.

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. Для более надежного выделения нечетких или зашумленных сейсмических фаз используется полосовой фильтр Баттерворта (0.5 Гц–15 Гц). Выбор параметров фильтра зависит от качества (соотношение сигнал-шум) и спектральной характеристики изучаемого сигнала.

Для расчета энергетических характеристик сейсмических событий производится коррективировка спектра сигнала за амплитудно-частотную характеристику аппаратуры, а также приведение сигнала к единицам движения грунта (мкм, мкм/с).

При комплексной обработке землетрясений на станциях определялись энергетические параметры зарегистрированных сейсмических событий –  $K_p$  и  $MSHA$ . Для близких землетрясений рассчитывалась локальная магнитуда  $ML$ . На всех сейсмостанциях в качестве энергетических параметров сейсмических событий определялись магнитуда и энергетический класс по длительности колебаний ( $Md$  и  $Kd$ ).

В результате были определены основные параметры (координаты, глубина, время в очаге) 98 очагов землетрясений, а также точности решения по каждому из параметров. Производство и обработка наблюдений на сейсмических станциях проводились согласно Инструкции о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях [12].

В Молдове использовалась та же Инструкция [12]. 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 землетрясения по палетке Т.Г. Раутиан [13, 14].

Определение параметров землетрясений по цифровым записям проводилось сначала в автоматическом режиме, затем кинематические параметры уточнялись с помощью программы SeisGram2K [15]. В автоматическом режиме рассчитывалась для близких землетрясений локальная магнитуда  $ML$ , а при ручном просмотре цифровых записей определялась магнитуда по длительности колебаний  $Md$ , где длительность записи отсчитывалась от начала записи до того момента, когда запись землетрясения сравнивалась с фоном колебаний.

Локализация очагов землетрясений производилась с помощью программы NYPOS [16], 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 для глубин от 10 до 160 км с шагом 10 км [17]. Программа выполняет расчет координат гипоцентра, времени возникновения землетрясения и оценку точности результата как среднеквадратическое отклонение по координатам эпицентра и времени в очаге. Глубина очага оценивается с точностью  $\pm 10$  км. Суммарное число обработанных в Молдове землетрясений равно  $N_2=83$  [18], из них 30 мелких с  $h=5-40$  км и 53 глубоких с  $h=70-150$  км.

**Каталог землетрясений.** Результаты обработки сейсмических событий *Карпатского региона* представлены в региональном каталоге землетрясений [19]. Всего в 2013 г. сейсмическими станциями Карпатского региона Украины локализовано 98 землетрясений, из них 79 мелких с  $h=1-33$  км и 19 глубоких с  $h=80-160$  км. Минимальную глубину ( $h_{\min}=1$  км) имеют три толчка: 26 января в  $00^{\text{h}}24^{\text{m}}$  с  $K_p=10.2$ , 9 февраля в  $09^{\text{h}}01^{\text{m}}$  с  $K_p=9.1$  на территории Трансильвании и 31 октября в  $06^{\text{h}}10^{\text{m}}$  с  $K_p=9.7$  на территории Южных Карпат. Максимальную глубину  $h_{\max}=150.1$  км в каталоге имеет землетрясение Вранча, произошедшее 29 декабря в  $19^{\text{h}}22^{\text{m}}$  с  $K_p=9.1$  [19]. Большая часть ( $N=81$ ) включенных в региональный каталог [19] землетрясений локализована в пределах шести традиционных районов Карпат: Северо-Западный № 1, Вранча № 2, Южные Карпаты № 3, Буковина № 5, Трансильвания № 7 и Бакэу № 8. Еще в двух районах – Банат № 4 и Кришана № 6 – землетрясений, согласно каталогу [19], не было. Остальные 17 событий каталога [19] локализованы на территории Польши ( $N=5$ ), Словакии ( $N=4$ ), Венгрии ( $N=7$ ) и еще ( $N=1$ ) – в Румынии, за пределами граничной штриховой черты (см. ниже рис. 1).

Для получения динамических характеристик на сейсмических станциях «Львов», «Ужгород», «Косов», «Рахов» и «Новоднестровск» использовались амплитудно-частотные характеристики каналов в формате PAZ GSE1 [20].

Согласно [1], на этих станциях определялись следующие энергетические параметры зарегистрированных сейсмических событий:

- для местных землетрясений – энергетический класс ( $K_p$ ) по номограмме Т.Г. Раутиан [13],
- для землетрясений района Вранча – магнитуда по поперечной  $S$ -волне по формуле из [12]:

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

и расчетный энергетический класс по уравнению Т.Г. Раутиан [14]:

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

На остальных станциях, для которых на данное время нет надежных амплитудно-частотных характеристик, в качестве характеристики величины сейсмических событий использовалась магнитуда  $M_d$  по длительности  $\tau$  колебаний по формуле из [21]:

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

с последующим пересчетом в энергетический класс  $K_d$  по [14]:

$$K_d = 4 + 1.8 M_d.$$

Кроме того, традиционно в каталоге Карпат [19] приведены магнитуды  $MSM$  [22], взятые из каталога Молдовы [18], и магнитуды  $MPSP$  из Сейсмологического бюллетеня [23],  $M_s$  и  $m_b$  – из ISC [24].

На карте (рис. 1) изображены эпицентры землетрясений, которые произошли в сейсмоактивных районах Карпатского региона, с классификацией по энергетическим классам  $K_p$ , к которым приводились по описанным выше формулам все другие характеристики величины землетрясений ( $M_d$ ,  $K_d$ ,  $MSH$ ,  $MSM$ ,  $M_s$ ,  $m_b$  и др.), используемые в каталоге [19]. Наибольшая плотность эпицентров как коровых, так и заглубленных землетрясений наблюдается в районе Вранча № 2. В 2013 г. четыре землетрясения из области Вранча ощущались на территории Молдовы: 11 августа в  $13^{\text{h}}31^{\text{m}}$  с  $K_p=11.8$ , 29 сентября в  $18^{\text{h}}10^{\text{m}}$  с  $K_p=11.2$ , 6 октября в  $01^{\text{h}}37^{\text{m}}$  с  $K_p=14.1$  и 15 октября в  $19^{\text{h}}33^{\text{m}}$  с  $K_p=12.3$  [19]. Их эпицентры локализованы на глубинах от 80 до 130 км. Ощутимые землетрясения области Вранча описаны в отдельной статье наст. ежегодника [25].

На карте есть указание о рое из 23 коровых очагов на юго-востоке района, помеченных квадратными скобками. 19 из них произошли в сентябре–октябре 2013 г. в районе г. Галаца. Все

они отмечены *ред.* меткой «рой» в обоих каталогах [18] и [19]. Фактически же их было значительно больше. По данным Румынского Института Физики Земли зарегистрировано более 370 слабых толчков [26]. Максимальными в рое являются два толчка равного класса  $K_p=11.0$ , произошедшие 29 и 30 сентября в  $18^h10^m$  и  $05^h01^m$  соответственно.

Отметим на карте два асейсмичных района, где по данным каталога [19] землетрясений не было – это Банат № 4 и Кришана № 6 (рис. 1). Традиционно асейсмична также территория Молдавии, которая не является районом Карпатского региона, но расположена ближе Львова к очаговой зоне глубоких землетрясений Вранча в Румынии (рис. 1) и потому испытывает сотрясения от наиболее сильных из них. Характер таких сотрясений описывается ежегодно в отдельных статьях ежегодника.

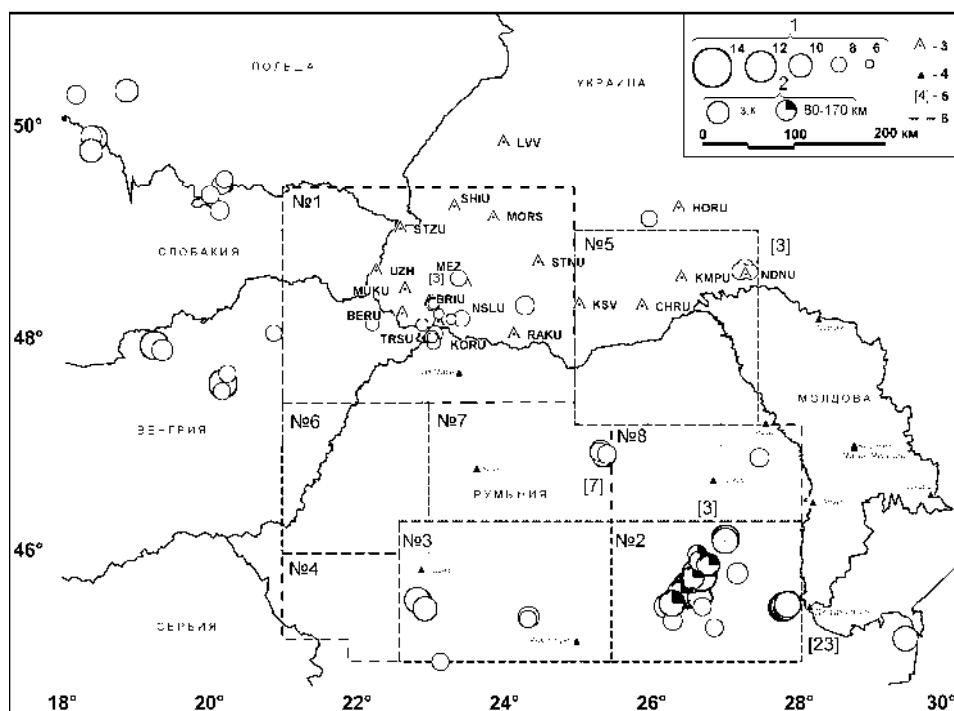


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Карпат за 2013 г.

1 – энергетический класс; 2 – глубина гипоцентра  $h$ , км; 3, 4 – сейсмические станции 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).

**Статистика сейсмичности в 2013 г.** Сведения о распределении землетрясений по энергетическим классам и величине выделившейся сейсмической энергии по районам и вне их приведены в табл. 1.

Таблица 1. Распределение землетрясений Карпат по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия по районам в 2013 г.

	Район	Энергетический класс $K_p$								$N_{\Sigma}$	$\Sigma E$ , Дж
		6	7	8	9	10	11	12	14		
1	Северо-Западный									14	$1.38 \cdot 10^9$
	а) Закарпатье	6	3	2	1					12	$1.33 \cdot 10^9$
	в) Румыния, Мармарош	1								1	$5.01 \cdot 10^5$
	д) Восточная Венгрия	1								1	$5.01 \cdot 10^7$
2	Вранча									49	$1.32 \cdot 10^{14}$
	а) горы Вранча				4	8	3	3	1	19	$1.31 \cdot 10^{14}$
	б) Предкарпатский прогиб				5	12	6			7	$3.28 \cdot 10^{11}$
	в) район Галац				5	12	6			23	$5.81 \cdot 10^{11}$
3	Южные Карпаты				1	2	1	2		6	$8.46 \cdot 10^{11}$
4	Банат										

	Район	Энергетический класс $K_p$								$N_\Sigma$	$\Sigma E$ , Дж
		6	7	8	9	10	11	12	14		
5	Буковина		2	2						4	$7.13 \cdot 10^8$
6	Кришана										
7	Трансильвания			2	2	2	1			7	$6.35 \cdot 10^{10}$
8	Бакэу				1					1	$1.59 \cdot 10^9$
	Сумма:	8	5	6	14	29	13	5	1	81	$1.33 \cdot 10^{14}$
	Внешние:										
	Польша			1	2	2				5	$4.32 \cdot 10^{10}$
	Чехия				1	2				3	$1.40 \cdot 10^{10}$
	Словакия					1				1	$5.01 \cdot 10^9$
	Венгрия				3	1	2	1		7	$1.07 \cdot 10^{12}$
	Румыния						1			1	$7.94 \cdot 10^{10}$
	Сумма			1	6	6	3	1		17	$1.21 \cdot 10^{12}$
	Всего	8	5	7	20	35	16	6	1	98	$1.34 \cdot 10^{14}$

Примечание. В районах № 4 (Банат), № 6 (Кришана) по региональному каталогу [19] землетрясения не отмечены.

Выделившаяся суммарная сейсмическая энергия в Карпатском регионе в 2013 г. составила  $\Sigma E = 1.34 \cdot 10^{14}$  Дж, что выше соответствующего уровня сейсмической энергии в 2012 г. ( $\Sigma E = 7.75 \cdot 10^{12}$  Дж) [1]. Распределение суммарной энергии и числа землетрясений в регионе по месяцам показано на рис. 2.

Максимальное количество сейсмической энергии ( $\Sigma E = 1.33 \cdot 10^{14}$  Дж) выделилось в районе Вранча (№ 2) (рис. 3) и значительно превысило уровень таковой в 2012 г. ( $\Sigma E = 5.37 \cdot 10^{12}$  Дж). Сейсмическая энергия Северо-Западного района (№ 1) снизилась ( $\Sigma E = 1.38 \cdot 10^9$  Дж вместо  $\Sigma E = 2.65 \cdot 10^9$  Дж в 2012 г.) [1].

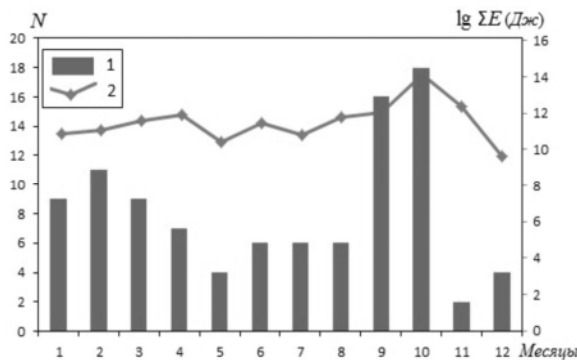


Рис. 2. Распределение количества землетрясений (1) и логарифма выделенной энергии (2) по месяцам за 2013 г. во всем регионе

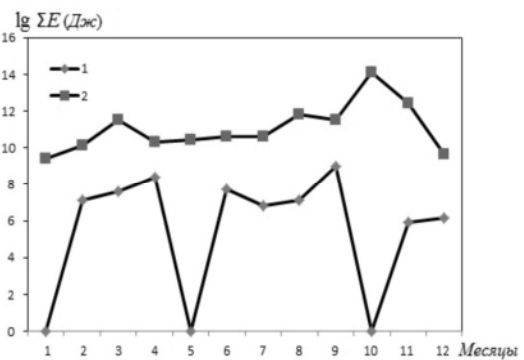


Рис. 3. Распределение логарифма выделенной энергии по месяцам за 2013 г. в Северо-Западном районе (№ 1) и в районе Вранча (№ 2)

Наибольшее число землетрясений произошло в октябре ( $N=18$ ), а наименьшее – в ноябре ( $N=2$ ). Район Вранча (№ 2) был активным на протяжении года, особенно в сентябре и октябре (рис. 3).

Сейсмическими станциями Украины зарегистрировано 15 ощутимых землетрясений на территории Румынии, одно в Закарпатье и два вне зоны ответственности сети [27].

Ниже приведен анализ сейсмической обстановки в 2013 г. в каждом из шести районов, где в 2013 г. произошли землетрясения.

**Северо-Западный (район № 1).** В этом сейсмоактивном районе зарегистрировано 14 землетрясений в диапазоне энергетических классов  $K_p=5.7-9.0$  с суммарной сейсмической энергией  $\Sigma E = 1.38 \cdot 10^9$  Дж.

а) В Закарпатье отмечено 12 землетрясений энергетического класса  $K_p=5.7-9.0$  с  $\Sigma E = 1.33 \cdot 10^9$  Дж. Эпицентры землетрясений находятся в пределах ранее выделенных сейсмоактивных зон и приурочены к Закарпатскому и Припаннонскому глубинным разломам, расположенным по обе стороны Выгорлат-Гутинского вулканического хребта. Вдоль вулканического хребта расположены эпицентры пяти землетрясений. Из них три произошли 5 августа в районе

г. Иршава: в  $00^{\text{h}}21^{\text{m}}$  с  $K_p=5.8$ ,  $h=6.8$  км; в  $00^{\text{h}}34^{\text{m}}$  с  $K_p=7.1$ ,  $h=6.9$  км и в  $00^{\text{h}}58^{\text{m}}$  с  $K_p=5.8$ ,  $h=6.8$  км. В прошлые годы здесь также происходили небольшие рои землетрясений [28]. Одно землетрясение произошло в районе г. Хуста 1 декабря в  $08^{\text{h}}03^{\text{m}}$  с  $K_p=5.7$ ,  $h=2.0$  км и одно в районе с. Заболотное 14 ноября в  $22^{\text{h}}10^{\text{m}}$  с  $K_p=5.9$ ,  $h=0.5$  км.

В пределах Закарпатской низменности зарегистрировано три землетрясения вблизи сейсмической станции «Тросник»: 13 июля в  $12^{\text{h}}18^{\text{m}}$  с  $K_p=6.8$ ,  $h=13.8$  км; 15 сентября в  $05^{\text{h}}49^{\text{m}}$  с  $K_d=6.2$ ,  $h=5.0$  км; 5 декабря в  $22^{\text{h}}17^{\text{m}}$  с  $K_p=6.0$ ,  $h=4.6$  км и одно вблизи с. Королево – 13 февраля в  $06^{\text{h}}19^{\text{m}}$  с  $K_p=7.1$ ,  $h=9.3$  км. 5 марта зарегистрировано одно землетрясение в районе г. Межгорье в  $18^{\text{h}}41^{\text{m}}$  с  $K_p=7.6$ ,  $h=2.5$  км. Наиболее сильным событием в Закарпатье было ощутимое землетрясение, которое произошло в районе сейсмической станции «Нижнее Селище» 4 апреля 2013 г. в  $21^{\text{h}}15^{\text{m}}$  с  $K_p=8.4$ . Очаг землетрясения расположен в земной коре на глубине  $h=1.7$  км. Согласно информации сотрудников сейсмической станции, землетрясение ощущалось населением Нижнего Селища с интенсивностью 3–4 балла по шкале MSK-64 [29].

Сейсмическими станциями Карпатского региона и Румынии 3 сентября в  $18^{\text{h}}41^{\text{m}}$  зафиксировано событие в районе с. Чёрная Тиса с  $K_p=9.0$  и  $h=6.0$  км. [19].

б) В Северной части Румынии (Мармарошский массив) 14 сентября в  $15^{\text{h}}45^{\text{m}}$  отмечено одно слабое событие с  $K_p=5.7$  и  $h=5$  км.

в) В Восточной Венгрии также произошло одно землетрясение 16 июня в  $00^{\text{h}}10^{\text{m}}$  с  $K_p=7.7$ ,  $h=10.9$  км.

В сейсмоактивном **районе Вранча (№ 2)** в Румынии сетью сейсмических станций Украины зарегистрировано 49 землетрясений с  $K_p=8.6$ –14.1, суммарная сейсмическая энергия которых составляет  $\Sigma E=1.32 \cdot 10^{14}$  Дж. При определении координат очагов этих землетрясений были учтены данные сейсмических станций Румынии, Словакии, Венгрии, Польши, Молдовы и Крыма.

а) Горы Вранча. Максимальное землетрясение на глубине 140 км с  $K_p=14.1$  и его афтершок с чуть большей глубиной  $h=144$  км и  $K_p=12.3$  произошли 6 октября в  $01^{\text{h}}37^{\text{m}}$  и 15 октября в  $19^{\text{h}}33^{\text{m}}$  соответственно [19]. Первое событие ощущалось на территории Румынии, в северной Болгарии, на юго-западе Украины, а также многими жителями Молдовы. Интенсивность сотрясений в эпицентре достигала 5 баллов. Этим землетрясениям посвящена в настоящем Ежегоднике отдельная статья [25]. Всего же в региональном каталоге содержится 19 землетрясений с промежуточной глубиной очага с  $h=80$ –150 км [19]. Их очаги сосредоточены в зоне глубокофокусных землетрясений в горном массиве Вранча. Эпицентры землетрясений сориентированы по линии с юго-запада на северо-восток (рис. 1). Выделившаяся суммарная энергия в их очагах составляет  $\Sigma E=1.31 \cdot 10^{14}$  Дж, или 97.8 % от всей выделившейся в регионе сейсмической энергии в 2013 г. (табл. 1).

б, в) Предкарпатский прогиб, район Галац. Коровую ( $\Delta h=2$ –25 км) сейсмичность в районе № 2 в 2013 г. характеризует с одной стороны, высокоэнергетическая ( $K_p=9.9$  и 10.9) группа землетрясений, замыкающая на северо-востоке карту (рис. 1) промежуточной сейсмичности, проявившаяся 13 февраля в  $05^{\text{h}}18^{\text{m}}$  с  $h=18$  км и 16 марта в  $00^{\text{h}}34^{\text{m}}$  с  $h=5.7$  км и [19]. Землетрясение 16 марта ощущалось населением Румынии в районе Буззу с интенсивностью  $I=2$ –3 балла.

С другой – уникальный рой мелких ( $h=0$ –11 км) землетрясений на крайнем юге, в районе г. Галаца, коммун Слобозия, Конаки, сел Извоареле, Негре и Шела [30]. Этот рой возник 23 сентября, толчки регистрировались в течение двух месяцев. Произошло более 370 сейсмических событий, из которых три имели магнитуду  $M=3.9$ . Они произошли 29 и 30 сентября и 4 октября. Суммарная сейсмическая энергия этих событий составляет  $\Sigma E=2.5 \cdot 10^{11}$  Дж. События роя в районе г. Галаца присутствуют как в региональном каталоге [19], так и в молдавском каталоге [18] под меткой «рой», но чуть разного объема.

Колебания ощущались в окрестностях Галаца и в городах Фокшаны и Брэила. В селе Извоареле интенсивность колебаний достигала 5 баллов по шкале Меркалли [30]. В эпицентральной зоне вода в колодцах стала мутной и пахла серой. Во время толчков слышен был звук, подобный раскатам грома. Появились разломы и трещины в земной коре и стенах зданий. Жители поспешно выселялись из поврежденных зданий в другие районы, опасаясь новых толчков [31]. На Украине жители Измаила почувствовали также колебания интенсивностью в 2–3 балла [32]. Колебания ощущались и на юго-западе Молдовы.

Очаги этих землетрясений группировались между разломами Сфынтул-Георге и Печеняга-Камена. Область роя эпицентров этих землетрясений показана на тектонической карте, построенной на основе [31] (рис. 4).

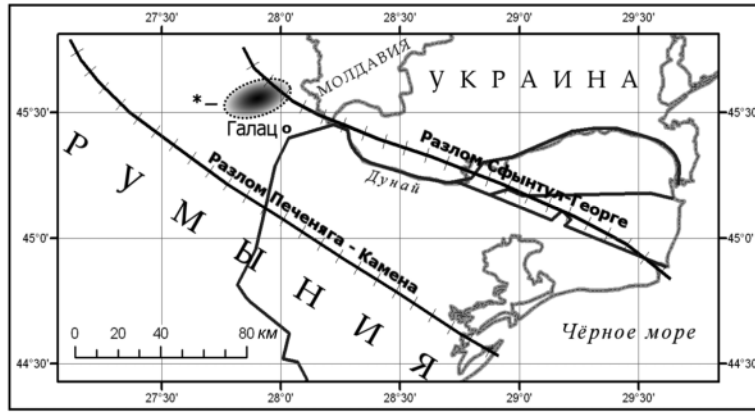


Рис. 4. Положение роя эпицентров землетрясений 2013 г. вблизи г. Галац на тектонической карте (отмечено звездочкой)

Большинство очагов землетрясений характеризовалось глубиной залегания в основном интервале 1–15 км. Глубина возрастала в направлении от разлома Сфынтул-Георге к разлому Печеняга-Камена.

На рис. 5 а, б показаны вертикальные разрезы очаговой зоны в направлении северо-восток – юго-запад (а) и северо-запад – юго-восток (б) по [31].

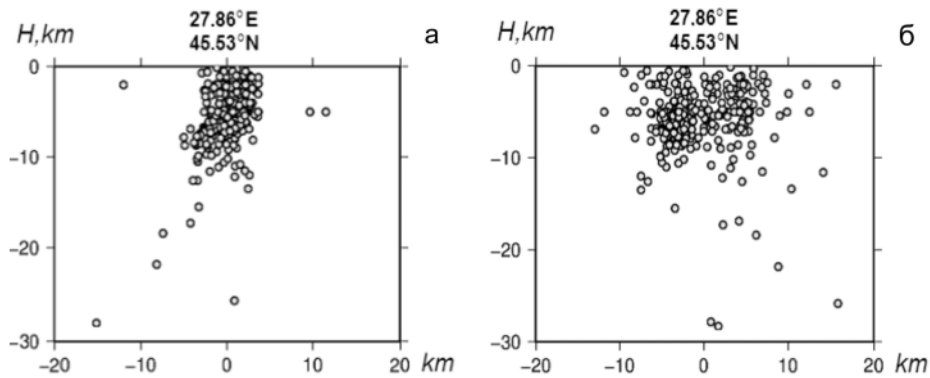


Рис. 5 а, б. Разрезы по глубине очаговой зоны роя землетрясений в районе г. Галац

Проявление роя относительно слабых землетрясений с такой большой плотностью повторения явилось уникальным явлением в Карпатском регионе.

Фокальный механизм очага 29 сентября 2013 г. MOLD (табл. 2, рис. 6) построен на основе данных о времени прихода волн P на 35 станциях, окружающих эпицентр. Одна из нодальных плоскостей пологая и ориентирована в направлении юго-восток–северо-запад, вторая плоскость крутая. Ось растяжения наклонна, ее ориентация меридиональная. Характер подвижки сбросо-сдвиговой.

Предпочтительнее плоскость NP1, вдоль которой происходит погружение к юго-западу.

Таблица 2. Параметры механизма очага землетрясения 29 сентября 2013 г. с  $K_p=11.2$

Агент-ство	Дата	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	Магнитуды		$K_p$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости					
				ML	MSM		T		N		P		NP1			NP2		
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP
MOLD	29.09.	18 10 49.9	5	3.9	3.9	11.2	30	348	30	237	44	114	132	30	-12	234	84	-120

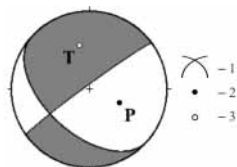


Рис. 6. Диаграмма механизма очага главного толчка роя 29 сентября 2013 г. с  $K_p=11.2$

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

**Южные Карпаты (район № 3).** К этому сейсмоактивному району отнесены шесть землетрясений. Их суммарная сейсмическая энергия составляет  $\Sigma E = 8.46 \cdot 10^{11}$  Дж. Очаги землетрясений расположены в земной коре на глубинах от 1 до 5 км. Два наиболее сильных события имели место 8 сентября в  $13^{\text{h}}00^{\text{m}}$  и в  $13^{\text{h}}22^{\text{m}}$  с  $K_p = 11.6$ . Их очаги находились на глубине 4 и 2 км. Данные землетрясения ощущались населением на территории Румынии с интенсивностью до 5 баллов [27].

**Буковина (район № 5).** В этом районе отмечено четыре землетрясения с суммарной энергией  $\Sigma E = 7.13 \cdot 10^8$  Дж. Эпицентры трех землетрясений (16 февраля в  $13^{\text{h}}33^{\text{m}}$  с  $K_p = 7.5$ ,  $h = 5.1$  км; 23 февраля в  $18^{\text{h}}03^{\text{m}}$  с  $K_p = 8.4$ ,  $h = 2.0$  км и 13 июля  $23^{\text{h}}45^{\text{m}}$  с  $K_p = 7.5$ ) расположены недалеко от г. Новоднестровска Черновицкой области, в районе Новоднестровского водохранилища. Координаты эпицентров этих событий совпадают с координатами ощутимых землетрясений, которые произошли в 2006 и 2007 гг. [33, 34]. Кроме того, довольно сильное событие зафиксировано в Тернопольской области 26 апреля в  $01^{\text{h}}21^{\text{m}}$  с  $K_p = 8.6$ .

**Трансильвания (район № 7).** В данном районе наблюдалась заметная сейсмическая активность в январе–июне в виде несколько растянутой во времени группы из семи толчков (3 января в  $02^{\text{h}}43^{\text{m}}$  с  $K_p = 7.9$ , в  $02^{\text{h}}52^{\text{m}}$  с  $K_p = 10.6$ , в  $03^{\text{h}}07^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.1$  соответственно; 6 января в  $00^{\text{h}}24^{\text{m}}$  с  $K_p = 8.3$ , 26 января в  $00^{\text{h}}24^{\text{m}}$  с  $K_p = 10.2$ , 9 февраля в  $01^{\text{h}}15^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.1$  и 3 июня в  $22^{\text{h}}34^{\text{m}}$  с  $K_p = 9.7$ ) с максимальным энергетическим классом на уровне 10.6 [19]. Их суммарная сейсмическая энергия составляет  $\Sigma E = 6.35 \cdot 10^{10}$  Дж. Очаги расположены в земной коре на глубинах от 1 до 5 км, в районе горы Кэлиман.

**Бакэу (район № 8).** 31 января в  $01^{\text{h}}59^{\text{m}}$  здесь отмечено лишь одно землетрясение (рис. 1) с  $K_p = 9.2$  и  $h = 5$  км.

За пределами установленного региона, внутри штрихового контура на рис. 1, Карпатской сетью сейсмических станций было зарегистрировано 17 землетрясений. В региональном каталоге [19] они отмечены в графе «район» индексом «вне».

Из них пять – в Польше (Силезия), три – в Чехии (Бескиды), одно – в Словакии, семь – в Венгрии, одно – в Румынии. Все эти землетрясения внесены в региональный каталог [19]. Суммарная сейсмическая энергия, которая выделилась вне региона, составляет  $\Sigma E = 1.21 \cdot 10^{12}$  Дж.

Наиболее сильное землетрясение за границами региона произошло 2 марта в  $03^{\text{h}}38^{\text{m}}$  с  $K_p = 10.9$  в районе Добруджа, дельта Дуная, на расстоянии 50 км от городов Тулча и Измаил. Сейсмическая энергия равна  $\Sigma E = 7.94 \cdot 10^{10}$  Дж. Данное событие ощущалось на территории Румынии с интенсивностью  $I = 4$  балла по шкале MSK-64.

В заключение следует отметить, что во всех сейсмоактивных зонах региона в 2013 г. наблюдалось повышение уровня сейсмичности, по сравнению с предыдущим годом.

## 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.А., 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., 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. – С. 87–92.
4. 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.
5. Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Гаранджа И.А., Келеман И.М., Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Симонова Н.А. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 63–72.
6. Пронишин Р.С. (отв. сост.). Цифровые сейсмические станции сети региона Карпаты, работавшие в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD\_ROM.
7. Илиеш И.И. (отв. сост.). Аналоговая и цифровые сейсмические станции сети Республики Молдова в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD\_ROM.



8. **Herrmann R.B.** FASTHYPO – a hypocenter location program // Earthquake notes. – 1979. – **50**. – N 2. – P. 25–37.
9. **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.
10. **Кутас В.В., Руденская И.М., Калитова И.А.** Карпатский годограф *P*- и *S*-волн и неоднородности литосферы // Геофиз. журн. – 1999. – **21**, № 3. – С. 45–54.
11. **Jeffreys H., Bullen R.** Seismological Tables. – London, 1940. – 84 p.
12. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР.** – М.: Наука, 1982. – 273 с.
13. **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.
14. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
15. **Anthony Lomax.** SeisGram2K Seismogram Viewer v5.3.4X05 (09Sep2008) (BETA) Copyright © 2000–2008. <http://www.alomax.net/seisgram>
16. **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, – N 1. – 2005. – С. 48–52.
17. **Алексеев И.В.** Программа определения гипоцентра землетрясения HYPOS // Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM. – 2014. – N 2. – С. 24–28
18. **Алексеев И.В., Симонова Н.А. (отв. сост.).** Дополнение к каталогу карпатских землетрясений по данным Молдовы за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
19. **Чуба М.В. (отв. сост.), Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Прокопишин В.И., Стецькив А.Т., Нищименко И.М., Добротвир Х.В., Вербицкая О.Я., Давыдык О.Д., Герасименюк Г.А., Стасюк М.И., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В. (сост.).** Каталог землетрясений Карпат за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
20. **New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP).** GeoForschungs Zentrum. – Potsdam: IASPEI, 2002. – 1. – N 3. – P. 24.
21. **Маламуд А.С.** Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений, Т. II // М.: АН СССР, 1974. – С. 180–194.
22. **Магнитудная классификация землетрясений Вранчского очага** // Отчет о результатах сейсмологических работ в 1986 г. Молдавская опытно-методическая партия. – Кишинёв: Фонды МОМПИ, 1987. – 57 с.
23. **Сейсмологический каталог (сеть телесеизмических станций), 2013** // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_Catalog/2013](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/2013)
24. **International Seismological Centre,** Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
25. **Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Карданец В.Ю.** Ощутимые в Молдове в 2013 г. землетрясения: 11 августа с  $K_p=11.8$ , 6 октября с  $K_p=14.1$ , 15 октября с  $K_p=12.3$  (Румыния–Молдова) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 435–444. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.38
26. **Institutul National pentru Fizica Pamantului (INFP)** C.P. MG-2, Bucuresti-Magurele, Romania [Сайт]. – URL: <http://www.infp.ro/>
27. **Степаненко Н.Я. (отв. сост.), Лукаш Н.А., Михайлова Р.С. (сост.).** Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Карпат в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD-ROM.
28. **Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Келеман И.М., Вербицкий Ю.Т.** Сейсмичность Карпат в 2012 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2012 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2013. – С. 22–29.

29. **Медведев С.В.** Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР – М.: Наука, 1968. – С. 151–162.
30. **Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю., Симонова Н.А.** Особенности сейсмического процесса в Карпатском регионе в 2013 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2013 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика». –2014. – С. 30–35.
31. **Ionesso C., Radulean M.** Raport zona Galati. <http://www.infp.ro/noutati/raport-cutremure-galati-oct-2013>
32. **Сейсмологический вестник «Любимого Измаила»**, № 34. URL: <http://izmail-forever.my1.ru/news/cejsmologicheskij-vestnik-ljubimogo-izmaila-34-v-galace-12-zemletrjasenij-za-3-dnja-mestnye-zhiteli-gotovy-pokinut-zhilishha/2013-10-04-6929>
- 33 **Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Келеман И.М., Гаранджа И.А., Вербицкий Ю.Т.** Сейсмичность Карпат в 2006 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2006 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2008. – С. 31–41.
- 34 **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.

## METADATA IN ENGLISH

### CARPATHIANS

*S.T. Verbitskii<sup>1</sup>, R.S. Pronishin<sup>1</sup>, Iu.T. Verbitskii<sup>1</sup>, M.V. Chuba<sup>1</sup>, I.N. Keleman<sup>1</sup>,  
A.T. Stets'kiv<sup>1</sup>, N.Ia. Stepanenko<sup>2</sup>, I.I. Iliesh<sup>2</sup>, I.V. Alekseev<sup>2</sup>, N.A. Simonova<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*The Division of Carpathian Regions Seismicity of the Institute of Geophysics  
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine, [pronrom@gmail.com](mailto:pronrom@gmail.com)*

<sup>2</sup>*Laboratory of Seismology of the Institute of Geology and Seismology, Moldova Academy of Sciences,  
Kishinev, Republic of Moldova, [kis-seismo@mail.ru](mailto:kis-seismo@mail.ru)*

**Abstract.** The seismic observations in the Carpathian region in 2013, 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 19 digital stations with a processing center in Lviv, Ukraine, and 6 stations with a center in Chisinau, Moldova. 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 2013 was  $N_{\Sigma}=98$  in the range of  $K_p=5.7-14.1$  and the depth interval of hypocenters  $h=1-150$  km with total seismic energy  $\Sigma E=1.33 \cdot 10^{14}$  J. Of these, 19 earthquakes with depths  $h=80-160$  km are located in the Vrancea zone. Two maximum earthquakes with  $K_p=14.1$  and  $K_p=12.3$  were recorded on October 6 and 15 in the Vrancea mountains with  $h=139.8$  and  $140.9$  km. In Forecarpathians and Transcarpathia all earthquakes are weaker. The most significant event in Transcarpathia was the earthquake on April 4, 2013 with  $K_p=8.4$  in the area of «Nizhnee Selishche» seismic station. The earthquake source is located in the earth's crust at a depth of  $h=1.7$  km. The earthquake was felt by the population of the Village Nizhnee Selishche with an intensity  $I=3-4$ . In general, in all seismic active zones of the Carpathians in 2013 there was a slight increase in the level of seismicity compared with that in 2012.

**Key words:** Ukraine, Carpathians, station networks, sensible earthquake, shaking intensity, seismic energy.

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2019.22.02

**For citation:** Verbitskii, S.T., Pronishin, R.S., Verbitskii, Iu.T., Chuba, M.V., Keleman, I.N., Stets'kiv, A.T., Stepanenko, N.Ia., Iliesh, I.I., Alekseev, I.V., & Simonova, N.A. (2019). Carpathians. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 32–43. (In Russ.) doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.02

## References

1. Verbitskii, S.T., Pronishin, R.S., Stasiuk, A.F., Chuba, M.V., Verbitskii, Iu.T., Keleman, I.N., Stepanenko, N.Ia., Iliesh, I.I., Simonova, N.A., & Alekseev, I.V. (2018). Carpathians. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21 (2012), 40–48. (In Russ.).

2. Verbitskii, S.T., Stasiuk, A.F., Chuba, M.V., Pronishin, R.S., Keleman, I.M., Garandzha, I.A., & Verbitskii, Iu.T. (2014). [Carpathians]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii, 2008 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2008] (pp. 60–66). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
3. Iliesh, I.I. (2008). [Seismic network of the Republic of Moldova: state and prospects]. In *Seismichnost' Severnoi Evrazii. Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii* [Seismicity of Northern Eurasia. Proceeding of the International Conference] (pp. 87–92). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
4. Pronishin, R.S., Stasiuk, A.F., Chuba, M.V., Simonova, N.A., & Stepanenko, N.Ia. (2006). [Carpathians]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii, 2000 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2000] (pp. 51–57). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
5. Pronishin, R.S., Stasiuk, A.F., Chuba, M.V., Garandzha, I.A., Keleman, I.M., Stepanenko, N.Ia., Alekseev, I.V., & Simonova, N.A. (2008). [Carpathians]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii, 2002 god* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2000] (pp. 63–72). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
6. Pronishin, R.S. (2019). Digital seismic stations in the Carpathian region network operating in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
7. Iliesh, I.I. (2019). Analog and digital seismic stations of the Republic of Moldova network operating in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
8. Herrmann, R.B. (1979). FASTHYPO—a hypocenter location program. *Earthquake Notes*, 50 (2), 25–38.
9. Kutas, V.V., Pronishin, R.S., & Rudenskaia, I.M. (2004). [The use of macroseismic data in the calculation of the Transcarpathian hodograph  $P$  and  $S$  – waves]. In *Seismologicheskii biulleten' Ukrainy za 2002 god* [Ukraine seismological bulletin for 2002] (pp. 119–126). Simferopol, Ukraine: IG NASU Publ. (In Russ.).
10. Kutas, V.V., Rudenskaia, I.M., & Kalitova, I.A. (1999). [Carpathian travel times of  $P$ - and  $S$ -waves and lithospheric heterogeneity]. *Geofizicheskii zhurnal* [Geophysical Journal], 21 (3), 45–54. (In Russ.).
11. Jeffreys, H., & Bullen, K. E. (1940). *Seismological Tables*, London, UK: British Association for the Advancement of Science.
12. *Instruktsiia o poriadke proizvodstva i obrabotki nabliudenii na seismicheskikh stantsiakh Edinoi sistemy seismicheskikh nabliudenii SSSR* [Instruction on conducting and processing of observations at seismic stations of United system of seismic observations of the USSR]. (1982). Moscow, Russia: Nauka Publ.
13. Rautian, T.G. (1964). [On the determination of the energy of earthquakes at a distance of 3000 km]. In *Eksperimental'naiia seismika. Trudy IFZ ANSSSR № 32(199)* [Experimental seismic. Proceedings of the IFZ SA USSR № 32(199)] (pp. 88–93). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
14. Rautyan, T.G. (1960). [Earthquake energy]. *Trudy IFZ AN SSSR* [Proceedings of the IPF of the USSR Academy of Sciences], 9 (176), 75–114. (In Russ.).
15. Lomax, A. (2000). *Seisgram2k: Seismogram visualization software for the Internet*. Anthony Lomax Scientific Software Mouans-Sartoux, France.
16. Alekseev, I.I., Roman, A.A., & Simonova, N.A. (2005). [Calculation the regional travel of times of the Vrancea focus based on data from the International Seismological Center]. *Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM* [The Bulletin of the Geology and Seismology Institute of the Moldovan Scientific Academy], 1, 48–52. (In Ruman.).
17. Alekseev, I.V. (2014). [Program for determining the hypocenter of the earthquake HYPOS]. *Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM* [The Bulletin of the Geology and Seismology Institute of the Moldovan Scientific Academy], 2, 24–28 (In Russ.).
18. Alekseev, I.V., & Simonova, N.A. (2019). [Addition to the catalog of the Carpathian earthquakes according to Republic of Moldova for 2013]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
19. Chuba, M.V., Keleman, I.N., Garandzha, I.A., Pronishin, R.C., Verbitskii, Iu.T., Prokopishin, V.I., Stets'kiv, A.T., Nishchimenko, I.M., Dobrotvir, G.A., Verbitskaia, O.Ia., Davydiak, O.D., Gerasimeniuk, G.A., Stasiuk, M.I., Simonova, N.A., Burlutskaia, A.M., & Evdokimova, O.V (2019). Catalog of the earthquakes of the Carpathians for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
20. Bormann, P. (2002). New manual of seismological observatory practice: NMSOP (No. 550.34 NEW). International Association of Seismology and Physics of the Earth Interior.
21. Malamud, A.S. (1974). [Use of oscillation duration for energy classification of earthquakes]. In *Magnituda i energeticheskaia klassifikatsiia zemletriasenii, m. II* [Magnitude and energy classification of earthquakes, V.II] (pp. 180–194). Moscow, Russia: Academy of Sciences of the USSR Publ. (In Russ.).

22. [Classification of earthquake magnitudes of the Vranja Hearth]. In *Otchet o rezul'tatakh seismologicheskikh rabot v 1986 g. Moldavskaia opytno-metodicheskaia partiia* [Report on the results of seismological work in 1986. Moldovan experimental-methodical party]. Kishinev, Moldova: MOMP Funds, 57 p. (In Russ.).
23. GS RAS, Catalogues of Teleseismic Stations. (2019). Retrieved from [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_Catalog/2013](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_Catalog/2013)
24. International Seismological Centre. (2019). On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
25. Stepanenko, N.Ia., Simonova, N.A., & Kardanets, V.Iu. (2019). Earthquake sensible in Moldova on October 6, 2013 with  $K_p=14.1$ ,  $M_w=5.3$ ,  $I_0=6$  (Romania-Moldova). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 435–444. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.38
26. Institutul National pentru Fizica Pamantului C.P. (2019). MG-2, Bucuresti-Magurele. Retrieved from <http://www.infp.ro/>
27. Stepanenko, N.Ia., Lukash, N.A., & Mikhailova, R.S. (2013). Macro seismic effect of tangible earthquakes in populated areas of the Carpathians in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), Appendix on CD. (In Russ.).
28. Verbitskii, S.T., Stasiuk, A.F., Chuba, M.V., Pronishin, R.S., Keleman, I.M., & Verbits'kii, Iu.T. (2012). [Seismicity of the Carpathians in 2012]. In *Seismologicheskii biulleten' Ukrainy za 2012 god* [Ukraine seismological bulletin for 2012] (pp. 22–29). Simferopol, Ukraine: IG NASU Publ. (In Russ.).
29. Medvedev, S.V. Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p.
30. Stepanenko, N.Ia., Kardanets, V.Iu., & Simonova, N.A. (2014). [Features of the seismic process in the Carpathian region in 2013]. In *Seismologicheskii biulleten' Ukrainy za 2013 god* [Ukraine seismological bulletin for 2013] (pp. 30–35). Simferopol, Ukraine: IG NASU Publ. (In Russ.).
31. Ionecso C., Radulean M. (2013). Raport zona Galati. Retrieved from <http://www.infp.ro/noutati/raport-cutremure-galati-oct-2013>
32. *Ceismologicheskii vestnik «Liubimogo Izmaila», № 34* [Seismological Herald of the “Favorite Ishmael”, No. 34]. (2019). Retrieved from [http://izmail-forever.myl.ru/news/ceismologicheskij\\_vestnik\\_liubimogo\\_izmaila\\_34\\_-\\_v\\_galace\\_12\\_zemletrjasenij\\_za\\_3\\_dnja\\_mestnye\\_zhiteli\\_gotovy\\_pokinut\\_zhilishha/2013-10-04-6929](http://izmail-forever.myl.ru/news/ceismologicheskij_vestnik_liubimogo_izmaila_34_-_v_galace_12_zemletrjasenij_za_3_dnja_mestnye_zhiteli_gotovy_pokinut_zhilishha/2013-10-04-6929)
33. Verbitskii, S.T., Stasiuk, A.F., Chuba, M.V., Pronishin, R.S., Keleman, I.M., Garandzha, I.A., & Verbitskii, Iu.T. (2008). [Seismicity of the Carpathians in 2006]. In *Seismologicheskii biulleten' Ukrainy za 2006 god* [Ukraine seismological bulletin for 2013] (pp. 31–41). Simferopol, Ukraine: IG NASU Publ. (In Russ.).
34. Verbitskii, S.T., Stasiuk, A.F., Chuba, M.V., Pronishin, R.S., Keleman, I.M., Garandzha, I.A., & Verbitskii, Iu.T. (2009). [Seismicity of the Carpathians in 2007]. In *Seismologicheskii biulleten' Ukrainy za 2007 god* [Ukraine seismological bulletin for 2007] (pp. 23–31). Simferopol, Ukraine: IG NASU Publ. (In Russ.).