

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ в 2016–2017 гг.

**С.Т. Вербицкий¹, Р.С. Пронишин¹, В.И. Прокопишин¹, А.Т. Стецкив¹, М.В. Чуба¹,
И.М. Ницименко¹, И.Н. Келеман¹, Г.А. Герасименюк¹, Н.Я. Степаненко²**

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

Аннотация. В статье описаны сейсмические наблюдения в Карпатском регионе в 2016–2017 гг., которые проводились, как и ранее, двумя организациями из двух государств: в Украине – отделом сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, в Молдове – лабораторией сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы. На Украине работали 20 стационарных цифровых станций и одна временная в районе г. Стебник 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 2016–2017 гг. составило $N_{\Sigma}=140$ в диапазоне $K_p=4.0-14.4$ с $h=0.7-160$ км и суммарной сейсмической энергией $\Sigma E=2.92 \cdot 10^{14}$ Дж. Из них 39 землетрясений с $h=61-160$ км расположены в зоне Вранча. Максимальное землетрясение зарегистрировано в горах Вранча 23 сентября 2016 г. с $K_p=14.4$, $MSH=5.7$, $h_{rp}=95$ км. Эпицентральная зона подверглась сотрясениям с интенсивностью 5–6 баллов. Землетрясение ощущалось на территории Румынии и Молдовы. В Предкарпатье и Закарпатье все землетрясения более слабые. Наиболее сильным событием в Закарпатье было ошутимое землетрясение, которое произошло севернее с. Угля Тячевского района 6 июня 2017 г. с $K_p=9.8$, $MSH=2.6$, $h=5$ км. Землетрясение ощущалось населением 20 населенных пунктов с интенсивностью от 2 до 4–5 баллов. Наиболее сильным событием Предкарпатья в 2016–2017 гг. было ошутимое землетрясение, которое произошло в Дрогобычском районе Львовской области 29 сентября 2017 г. в $21^{\circ}46'$ с $K_p=9.8$, $MSH=2.6$, $h=1.9 \pm 0.4$ км. Возможно, это было тектоническое землетрясение, которое спровоцировало обвал пород в шахте, или наоборот – обвал пород был зарегистрирован как сейсмическое событие. Наиболее сильным событием Буковины было землетрясение, которое произошло 12 июля в $18^{\circ}21'$ 2016 г. с $K_p=9.9$, $MSH=3.0$, $h=2$ км в районе с. Куражин Хмельницкой области и ощущалось с $I=3-4$ балла. В целом, в сейсмически активной зоне Вранча и Буковины в 2016–2017 гг. наблюдалось повышение уровня сейсмичности по сравнению с таковым в 2012–2015 гг., а в районах № 1, 3, 8 уровень сейсмичности несколько понизился.

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

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.02 **EDN:** PJAWUM

Для цитирования: Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецкив А.Т., Чуба М.В., Ницименко И.М., Келеман И.Н., Герасименюк Г.А., Степаненко Н.Я. Сейсмичность Карпат в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 35–45. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.02. EDN: PJAWUM

Введение. Сейсмические наблюдения в Карпатском регионе проводились в 2016–2017 гг. так же, как и ранее [1, 2], 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 и в Кишинёве соответственно. Обобщение всех совместных материалов и формирование регионального каталога землетрясений Карпат осуществляется во Львове. Карпатский регион ограничен координатами: $51^{\circ}N-21^{\circ}E$, $51^{\circ}N-25^{\circ}E$, $49.5^{\circ}N-25^{\circ}E$, $49.5^{\circ}N-30^{\circ}E$, $44^{\circ}N-30^{\circ}E$, $44^{\circ}N-25.5^{\circ}E$, $45^{\circ}N-25.5^{\circ}E$, $45^{\circ}N-21^{\circ}E$ и разделен на восемь районов, которые включают в себя части территорий Украины, Румынии, Молдовы, Польши, Словакии и Венгрии (см. ниже рис. 1).

Сейсмические станции. В Карпатском регионе (ИГ НАНУ) в 2016–2017 гг. сейсмологическая сеть инструментальных наблюдений состояла из 20 стационарных станций. Из них 15 станций находятся в подчинении Карпатской опытно-методической сейсмологической партии

отдела сейсмичности (КОМСП), а пять – в подчинении Карпатской опытно-методической геофизической партии (КОМГП) этого же отдела. Поэтому в списке станций Карпат [3] для каждой из них в отдельной графе указан код партии. Кроме того, при интерпретации цифровых записей дополнительно использованы данные временной станции «Стебник» (STBU/Стб), открытой в октябре 2017 г. в г. Стебник Дрогобычского района Львовской области.

На всех сейсмических станциях инструментальные наблюдения проводились с использованием цифровой аппаратуры DAS(-03,-04,-05), созданной в Отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики. Основные параметры регистрирующей аппаратуры приведены в [3]. Дополнительно для определения основных параметров – времени возникновения, координат и глубин очагов, невязок определений и динамических характеристик землетрясений Карпатского региона – использовались данные Крымской сети, Молдовы и зарубежных сетей Карпато-Балканского региона с $\Delta \leq 1000$ км (Румынии, Польши, Словакии, Венгрии, Болгарии). Производство и обработка наблюдений на сейсмических станциях проводились согласно Инструкции [4].

В Молдове в 2016–2017 гг. сейсмические наблюдения велись на шести цифровых станциях: «Кишинёв» (KIS), «Леово» (LEOM), «Сороки» (SORM), «Джурджулешты» (GIUM), «Малые Милешты» (MILM) и «Пуркары» (PURM). Аналоговая регистрация, параллельно с цифровой, продолжает вестись лишь на станции «Кишинёв». Список станций Лаборатории сейсмологии ИГиС АН Молдовы, их координаты, перечень и параметры установленной на станциях аппаратуры приводятся в [5].

Обработка землетрясений. В Карпатском регионе в 2016–2017 гг. обработка землетрясений проводилась по той же методике, что и в предыдущие годы [1, 2]. При комплексной обработке землетрясений на станциях определялись энергетические параметры зарегистрированных сейсмических событий – K_p и MSH . Для близких землетрясений рассчитывалась локальная магнитуда ML по Рихтеру [6]:

$$ML = \lg(A_{z_{\max}}) - \lg(A_0).$$

Для всех землетрясений определялись магнитуда и энергетический класс по длительности колебаний (Md и Kd). В результате были определены основные параметры (время в очаге, координаты, глубина) 140 землетрясений [7], а также точность решения по каждому из параметров. Как отмечено выше, обработка наблюдений проводилась согласно Инструкции [4].

В Молдове использовалась та же Инструкция [4]. Определение параметров землетрясений проводилось по той же методике, что и в предыдущих статьях [1, 2]. Суммарное число обработанных в Молдове землетрясений равно $N_{\Sigma} = 126$ [8], из них 16 мелких, с $h = 4–32$ км и 110 – промежуточных из зоны Вранча, с $h = 55–150$ км.

Каталог землетрясений. Результаты обработки сейсмических событий Карпатского региона представлены в региональном каталоге землетрясений [7]. Всего сейсмическими станциями Карпатского региона Украины в 2016 г. локализовано 68 землетрясений и в 2017 г. – 72, из них 104 в земной коре с $h = 1–21$ км и 36 промежуточных, с $h = 61–160$ км. Минимальную глубину ($h_{\min} = 1$ км) имеет толчок 1 октября 2016 г. в 09^h04^m с $K_p = 7.6$, $MSH = 1.7$ на территории Закарпатья в районе с. Нижнее Селище. Максимальную глубину $h_{\max} = 160$ км в каталоге имеет землетрясение Вранча, произошедшее 4 августа 2016 г. в 10^h54^m с $K_p = 10.3$, $MSH = 3.3$. При этом 139 землетрясений в региональном каталоге [7] локализованы в пределах шести традиционных районов Карпат: Северо-Западном № 1, Вранча № 2, Южные Карпаты № 3, Буковине № 5, Трансильвания № 7, Бакэу № 8 и лишь одно – за 17 сентября 2016 г. с $K_p = 9.1$, $MSH = 2.9$ – южнее района № 2 (рис. 1). В остальных двух районах: Банат № 4 и Кришана № 6 – землетрясений не было.

Для получения динамических характеристик на сейсмических станциях «Львов», «Ужгород», «Косов», «Рахов» и «Новоднестровск» использовались амплитудно-частотные характеристики каналов в формате PAZ GSE1 [9]. На этих станциях определялись следующие энергетические параметры зарегистрированных сейсмических событий:

- для местных землетрясений – энергетический класс (K_p) по номограмме Т.Г. Раутиан [10],
- для землетрясений района Вранча – магнитуда, определенная по горизонтальной составляющей поперечных S -волн по формуле из [4]:

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

где поправка 0.8 вносится для промежуточных землетрясений с $h \geq 70$ км по [11].

Затем определяется расчетный энергетический класс по уравнению Т.Г. Раутиан [12]:

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

На остальных станциях, для которых на данное время нет надежных амплитудно-частотных характеристик, в качестве характеристики величины сейсмических событий использовалась магнитуда Md по длительности τ колебаний на записи по формуле из [13]:

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

с последующим пересчетом в энергетический класс Kd по [12]:

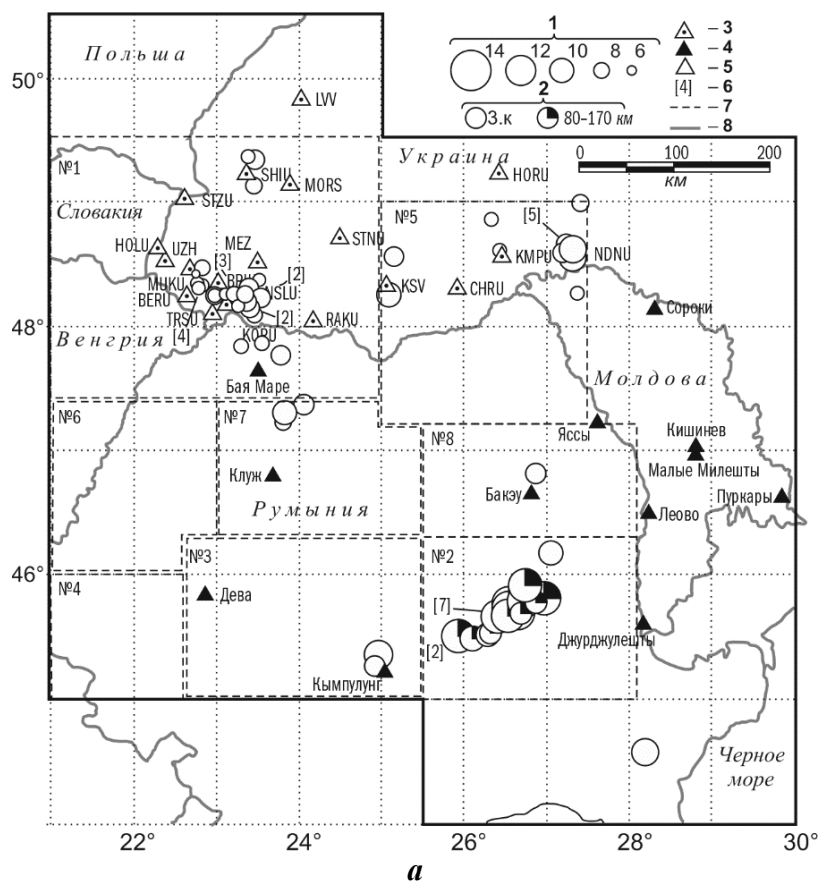
$$Kd = 4 + 1.8 \cdot Md.$$

Таким образом, величина землетрясений в региональном каталоге [7] характеризуется энергетическими классами K_p и K_d , локальными магнитудами ML , магнитудами MPV , MSH по максимальным амплитудам продольных, поперечных волн и магнитудами Md по общей длительности колебаний на записи.

Кроме того, традиционно в каталоге Карпат [7] приведены магнитуды MSM , взятые из каталога Молдовы, магнитуды MS и $MPSP$ из Сейсмологического бюллетеня [14], M_s и m_b , m_{BUC} , M_w (GCMT, MED, NEIC) – из ISC [15].

В 2016–2017 гг. четыре землетрясения из области Вранча ощущались на территории Молдовы [16, 17]. Их эпицентры локализованы на глубинах от 95 до 150 км. Два из них, 23 сентября и 27 декабря 2016 г., подробно описанные в [16], ощущались также на территории Украины, Румынии, Болгарии, Сербии, Албании, Турции и Белоруссии, охватив свыше 280 населенных пунктов [17]. К региональному каталогу [7] есть два дополнения, одно по данным Молдовы, другое – из ISC. Для четырех землетрясений найдены параметры механизмов очагов [18].

Карты эпицентров. На карте (рис. 1 а, б) 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 (Md , Kd , MSH , MSM и др.), используемые в каталоге [7]. Наибольшая плотность коровых эпицентров наблюдалась в Северо-Западном районе № 1, а промежуточных эпицентров – в районе Вранча № 2.



а

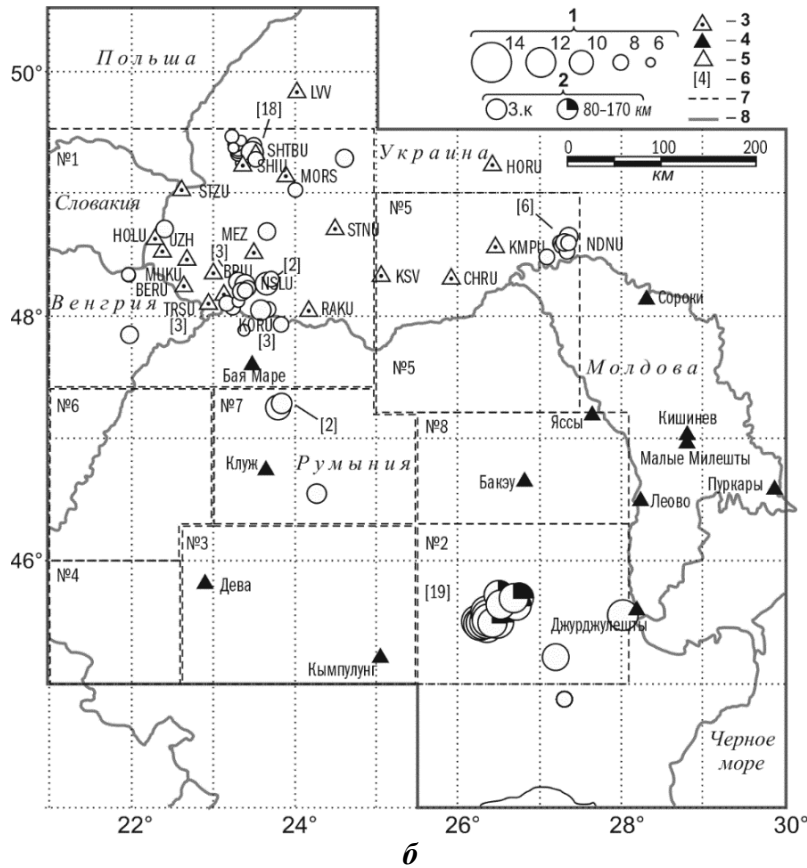


Рис. 1. Карты эпицентров землетрясений Карпат за 2016 (а) и 2017 гг. (б)

1 – энергетический класс K_p ; 2 – глубина гипоцентра h , км; 3, 4 – сейсмическая станция Карпатского региона и прилегающих территорий соответственно; 5 – временная сейсмическая станция; 6 – количество землетрясений с одинаковым эпицентром; 7 – граница сейсмоактивного района: Северо-Западный № 1, Вранча № 2, Южные Карпаты № 3, Банат № 4, Буковина № 5, Кришана № 6, Трансильвания № 7, Бакэу № 8; 8 – граница региона Карпаты.

Как отмечено выше, наблюдаются два асейсмичных района, это *Банат* № 4 и *Кришана* № 6 (рис. 1 а, б). Асейсмичной является почти вся территория *Молдовы* за исключением ее северной части, где 2 августа 2016 г. в 17^h27^m произошло слабое землетрясение с $K_p=6.5$, $MSH=1.2$ на глубине 21.1 км. Территория *Молдовы* не является районом Карпатского региона, но расположена ближе Львова к очаговой зоне промежуточных землетрясений Вранча в Румынии (рис. 1 а, б) и потому испытывает сотрясения от наиболее сильных из них. Характер таких сотрясений за 2016–2017 гг. описан в [16, 17].

Статистика сейсмичности в 2016–2017 гг. 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 по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия по районам за 2016–2017 гг.

№	Район	Энергетический класс K_p										N_{Σ}	$\Sigma E, Дж$	
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			14
1	Северо-Западный	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	72	$1.46 \cdot 10^{10}$
	а) Закарпатье	1	3	13	12	8	–	1	–	–	–	–	38	$7.04 \cdot 10^9$
	б) Предкарпатье	–	3	9	6	5	1	1	–	–	–	–	25	$7.19 \cdot 10^9$
	в) Румыния, Мармарош	–	–	1	4	–	–	–	–	–	–	–	5	$6.75 \cdot 10^7$
	г) Восточная Венгрия	–	–	–	1	2	–	–	–	–	–	–	3	$2.91 \cdot 10^8$
	д) Восточная Словакия	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	1	$6.31 \cdot 10^7$
2	Вранча	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	41	$2.92 \cdot 10^{14}$
	а) горы Вранча	–	–	–	–	1	10	14	8	2	3	1	39	$2.92 \cdot 10^{14}$
	б) район Добруджа	–	–	–	–	–	–	1	–	1	–	–	2	$5.14 \cdot 10^{10}$

№	Район	Энергетический класс K_p											N_{Σ}	ΣE , Дж
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
3	Южные Карпаты	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	2	$6.71 \cdot 10^9$
4	Банат	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	Буковина	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	18	$1.69 \cdot 10^{10}$
	а) Подолье	–	–	2	8	3	–	2	–	–	–	–	15	$1.16 \cdot 10^{10}$
	б) Покутье	–	–	–	–	–	1	1	–	–	–	–	2	$5.33 \cdot 10^9$
	в) Молдова	–	–	–	1	–	–	–	–	–	–	–	1	$3.16 \cdot 10^6$
6	Кришана	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7	Трансильвания	–	–	–	–	2	3	1	–	–	–	–	6	$2.22 \cdot 10^{10}$
8	Район Бакэу	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	1	$1.58 \cdot 10^9$
	Всего:	1	6	25	32	22	18	21	9	2	3	1	140	$2.92 \cdot 10^{14}$

Выделившаяся суммарная сейсмическая энергия в Карпатском регионе за 2016–2017 гг. составила $\Sigma E = 2.92 \cdot 10^{14}$ Дж ($\Sigma E = 2.83 \cdot 10^{14}$ Дж в 2016 г. и $\Sigma E = 9.30 \cdot 10^{12}$ Дж – в 2017 г.), что выше таковых уровней в 2015 г. ($\Sigma E = 5.38 \cdot 10^{12}$ Дж) [1] и в 2014 г. ($\Sigma E = 2.11 \cdot 10^{14}$ Дж) [2].

Сейсмическая энергия в районе Вранча (№ 2) составила $\Sigma E = 2.92 \cdot 10^{14}$ Дж, что выше такового уровня в 2015 г. ($\Sigma E = 3.88 \cdot 10^{12}$ Дж).

Распределение суммарной энергии и числа землетрясений в регионе по месяцам показано на рис. 2.

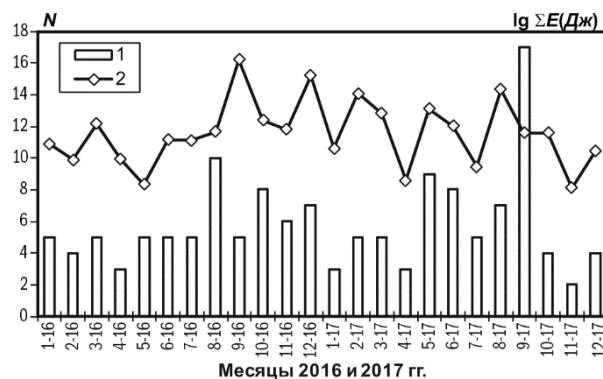


Рис. 2. Распределение количества землетрясений (1) и логарифма выделенной энергии (2) во всем регионе по месяцам за 2016–2017 гг.

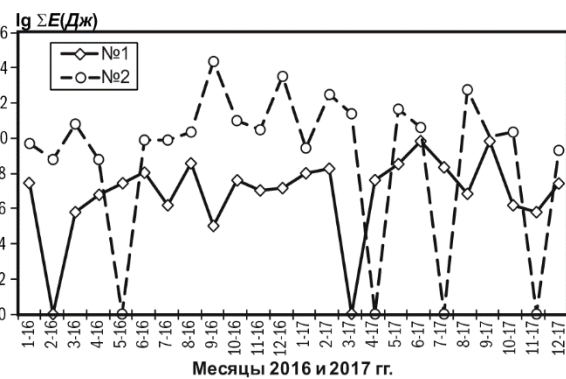


Рис. 3. Распределение логарифма выделенной энергии по месяцам за 2016–2017 гг. в Северо-Западном районе (№ 1) и в районе Вранча (№ 2)

Суммарная сейсмическая энергия в Северо-Западном районе (№ 1) составила $\Sigma E = 1.46 \cdot 10^{10}$ Дж, что ниже соответствующего уровня энергии в 2015 г. ($\Sigma E = 2.41 \cdot 10^{11}$ Дж) [1]. В 2016–2017 гг. здесь наблюдается спад сейсмической энергии.

Наибольшее число землетрясений произошло в сентябре ($N = 15$), а наименьшее – в ноябре ($N = 2$). Район Вранча (№ 2) был активным на протяжении 2016–2017 гг. за исключением мая 2016 г. и апреля, июля, ноября 2017 г. (рис. 3). Сейсмичность Северо-Западного района (№ 1) в 2016–2017 гг. представлена 72 событиями. В феврале 2016 г. и марте 2017 г. здесь не было зарегистрировано ни одного землетрясения.

Сейсмическая активность наблюдалась также в районе Буковина (№ 5). Здесь произошло 18 землетрясений с суммарной сейсмической энергией $\Sigma E = 1.69 \cdot 10^{10}$ Дж.

Сейсмическими станциями Украины зарегистрировано пять ощутимых землетрясений на территории Румынии, одно в Закарпатье, одно в Предкарпатье и два на Буковине.

Ниже приведен анализ сейсмической обстановки в 2016–2017 гг. в каждом из шести районов, где произошли землетрясения.

Северо-Западный (район № 1). В этом сейсмоактивном районе зарегистрировано 72 землетрясения с $K_p = 4.0–9.8$, с суммарной сейсмической энергией $\Sigma E = 1.46 \cdot 10^{10}$ Дж.

а) В Закарпатье отмечено 38 землетрясений с $K_p = 4.0–9.8$, с энергией $\Sigma E = 7.04 \cdot 10^9$ Дж. Большинство землетрясений имели магнитуду меньше 2.0. Эпицентры землетрясений находятся в пределах ранее выделенных сейсмоактивных зон и приурочены к Закарпатскому и Припаннонскому глубинным разломам, расположенным по обе стороны от Выгорлат-Гутинского вулканического хребта.

Эпицентры землетрясений Закарпатья расположены вблизи следующих населенных пунктов: в районе г. Мукачев – 7, вблизи г. Иршава – 5, в районе г. Хуст – 3, вблизи г. Тячево – 3, вблизи с. Нижнее Селище – 14, севернее с. Великая Уголька – 2, по одному событию в районах с. Новоселица, пгт Королево и г. Ужгород. Вблизи с. Нижнее Селище, где произошло наибольшее количество землетрясений, зарегистрировано максимальное из них 30 июня 2016 г. в 02^h02^m с $K_p=7.9$, $MSH=1.8$. Очаг землетрясения расположен в земной коре на глубине $h=5$ км, на расстоянии 7 км от самой близкой сейсмической станции «Нижнее Селище». При определении координат были использованы данные 14 сейсмических станций.

Наиболее сильное землетрясение в Закарпатье в 2017 г. было зарегистрировано 6 июня в 17^h27^m с $K_p=9.8$, $MSH=2.6$. Очаг землетрясения расположен в земной коре на глубине 5 км. Эпицентральная зона подверглась сотрясениям с интенсивностью 4–5 баллов. Землетрясение произошло на расстоянии 19 км от сейсмической станции «Нижнее Селище». Ближайшие населенные пункты, в которых ощущалось землетрясение удалены от эпицентра на расстоянии 5.6 км (с. Прыгидь), 7 км (с. Фонтынясы, с. Забридь), 10.6 км (с. Великая Уголька) [19]. При определении координат использовались данные 16 сейсмических станций. Землетрясение ощущалось населением до расстояния 30 км в южном направлении. Более подробные данные о макросейсмике данного землетрясения описаны в отдельной статье настоящего сборника [20].

б) В *Предкарпатье* отмечено 25 событий с $K_p=5.0$ –9.8, суммарная сейсмическая энергия которых составляет $\Sigma E=7.68 \cdot 10^9$ Дж. Очаги землетрясений расположены в земной коре. Их эпицентры находятся: в районе г. Дрогобыч Львовской области – 19, в районе г. Трускавец – 2 и вблизи г. Борислав – 1. По одному землетрясению зарегистрировано вблизи г. Долина, г. Бурштин и с. Вышквив Ивано-Франковской области. Наиболее сильное из них произошло 29 сентября в 21^h46^m с $K_p=9.8$, $MSH=2.6$, $h=2$ км в районе г. Дрогобыч Львовской области. При определении координат использованы данные 16 сейсмических станций Карпатской сейсмологической сети, которые находятся на расстоянии до 306 км от эпицентра. Следует отметить, что в это время произошел обвал шахты рудника № 2. Образовался провал диаметром 300 м и глубиной до 50 м. Опоры линии электропередач, которые здесь находились, упали, что привело к исчезновению света в г. Трускавец. Данное землетрясение ощущалось в городах Дрогобыч, Трускавец, а также в окрестных селах. В г. Трускавец жители ощущали сотрясения как на первых, так и на верхних этажах, а также колебание домов. Кое-кто заметил колебания телевизора, шкафа. Других повреждений и разрушений не было зафиксировано. В настоящее время сложно утверждать, что было причиной зарегистрированного сейсмического события: или это было тектоническое землетрясение, которое спровоцировало обвал пород в шахте, или наоборот – обвал пород был зарегистрирован как сейсмическое событие. Пока что вопрос локализации данного события остается открытым.

Активизация данной зоны в Дрогобычском районе Львовской области началась в 2014 году. За эти четыре года здесь произошло 35 землетрясений. Их очаги находятся на глубине от 1 до 6 км. В данном районе находится ряд субвертикальных мелких разломов в верхних слоях земной коры, на которых могут накапливаться напряжения, что в свою очередь будет приводить к возникновению землетрясений разной энергии.

в) *Мармарошский массив*. Северная часть Румынии представлена пятью землетрясениями: в 2016 г. – 31 января в 02^h54^m с $K_p=6.8$, $MSH=0.9$; 19 мая в 11^h51^m с $K_p=7.4$, $MSH=1.3$; 10 июня в 16^h35^m с $K_p=7.4$, $MSH=1.2$; в 2017 г. – 9 мая в 08^h43^m с $K_p=7.0$, $MSH=1.3$; 17 декабря с $K_p=6.0$, $MSH=1.1$. Их суммарная сейсмическая энергия составляет $\Sigma E=6.75 \cdot 10^7$ Дж. Очаги землетрясений расположены на глубинах $h=2$ –6 км.

г) *Восточная Венгрия*. Здесь в Среднедунайской низменности зарегистрировано три события с суммарной энергией $\Sigma E=2.91 \cdot 10^8$ Дж: 2 февраля в 17^h30^m с $K_p=8.2$, $MSH=1.7$; 2 мая в 00^h31^m с $K_p=8.1$, $MSH=1.7$; 13 июля в 03^h25^m с $K_p=6.8$, $MSH=1.0$. Очаги находятся в земной коре на глубинах от 0.7 км до 5.8 км.

д) В *Восточной Словакии* возникло одно землетрясение 3 мая в 01^h49^m с $K_p=7.8$ и $MSH=1.5$. Его энергия составила $6.31 \cdot 10^7$ Дж.

В сейсмоактивном **районе Вранча (№ 2)** в Румынии сетью сейсмических станций Карпатского региона Украины зарегистрировано 41 землетрясение с $K_p=8.4$ –14.4, суммарная сейсмическая энергия которых составляет $\Sigma E=2.92 \cdot 10^{14}$ Дж. При определении координат очагов этих землетрясений были учтены данные сейсмических станций Румынии, Словакии, Венгрии,

Польши, Болгарии, Молдовы и Крыма. Землетрясения зоны Вранча проявляются на большой территории. Юго-Западная часть Украины попадает под непосредственное влияние зоны Вранча. Сейсмическими станциями Украины зарегистрировано восемь землетрясений (23 сентября в 23^h11^m, 27 декабря в 23^h20^m в 2016 г. и в 2017 г. – 8 февраля в 09^h52^m и в 15^h08^m, 8 марта в 13^h43^m, 19 мая в 20^h20^m, 1 августа в 10^h27^m, 2 августа в 02^h32^m [7, 8]), описанные ниже, которые ощущались на территории Румынии, Болгарии, Молдовы и Украины.

а) *Горы Вранча* – всего отмечено 39 землетрясений. Их выделившаяся суммарная энергия составляет $\Sigma E = 2.92 \cdot 10^{14}$ Дж. Очаги сосредоточены в зоне промежуточных землетрясений в горном массиве Вранча на глубине $h = 60\text{--}160$ км.

Наиболее сильное колебание земной коры в 2016 г. зафиксировано 23 сентября в 23^h11^m с $K_p = 14.4$ и $MSH = 5.7$. Эпицентральная зона подверглась сотрясениям с интенсивностью 5–6 баллов. Землетрясение ощущалось населением на территории Румынии, Болгарии, Сербии, Македонии, Албании, Турции, Молдовы, Украины, России и Беларуси [17]. В городах Кагул, Джурджулешты, Леово и Чимишлия землетрясение ощущалось с интенсивностью $I = 5$ баллов, а в г. Кишинёв и в шести населенных пунктах Молдовы – с интенсивностью 4–5 баллов. Землетрясение 27 декабря в 23^h20^m с $K_p = 13.5$ и магнитудой $MSH = 5.1$ ощущалось также на территории Румынии, Болгарии, Сербии, Молдовы и Украины. На Украине землетрясение ощущалось населением во многих городах Одесской и Черновицкой области. В городах Киев, Днепр, Хмельницкий ощущали подземные толчки на верхних этажах высотных зданий [17].

В 2017 г. наиболее сильное землетрясение было зарегистрировано 19 мая в 20^h02^m с $K_p = 11.6$ и $MSH = 3.8$. Эпицентральная зона подверглась сотрясениям с интенсивностью 4 балла. Землетрясение ощущалось населением на территории Румынии, Болгарии, на юге Украины в Одесской области, в Молдове, в городах Кишинёве и Кагуле с интенсивностью $I = 2\text{--}3$ балла [16]. Два землетрясения зарегистрированы 8 февраля. Первое в 09^h52^m с $K_p = 10.4$ и $MSH = 3.6$, которое ощущалось на территории Румынии, Молдовы с интенсивностью $I = 2$ балла и второе в 15^h08^m с $K_p = 12.5$ и $MSH = 4.3$, которое ощущалось населением Румынии и Болгарии. 8 марта в 13^h43^m произошло землетрясение с $K_p = 11.3$ и $MSH = 3.4$, которое ощущалось с интенсивностью 2 балла. Еще два довольно сильных события были зафиксированы в августе. 1 августа произошло землетрясение в 10^h27^m с $K_p = 12.1$ и $MSH = 4.1$. Эпицентральная зона подверглась сотрясениям с интенсивностью 3 балла. 2 августа в 02^h32^m зарегистрировано землетрясение с $K_p = 12.6$ и $MSH = 4.6$, в эпицентральной зоне оно ощущалось с интенсивностью 4 балла [16].

б) *Район Добруджа*. Здесь отмечены два коровых землетрясения: 17 сентября 2016 г. в 12^h43^m с $K_p = 9.1$, $MSH = 2.9$, $h = 3$ км и 16 августа 2017 г. в 15^h16^m с $K_p = 11.5$, $MSH = 3.5$, $h = 15$ км.

Южные Карпаты (район № 3). В этом районе в 2016 г. произошли два землетрясения: 4 августа в 10^h49^m с $K_d = 9.8$ и магнитудой $M_d = 3.2$ и 10 октября в 01^h18^m с $K_p = 8.6$ и магнитудой $MSH = 2.0$. Суммарная энергия этих землетрясений составила $\Sigma E = 6.71 \cdot 10^9$ Дж. Их очаги расположены в земной коре на глубине $h = 2$ и 5 км.

В сейсмоактивном районе **Буковина (№ 5)** в 2016–2017 гг. зарегистрировано 18 землетрясений с суммарной энергией $\Sigma E = 1.69 \cdot 10^{10}$ Дж. Все очаги землетрясений района Буковины расположены в земной коре.

а) *Подолье*. В 2016–2017 гг. зарегистрировано 15 землетрясений с суммарной энергией $\Sigma E = 1.16 \cdot 10^{10}$ Дж. Как и в предыдущие годы (2006 г. [21], 2007 г. [22]), здесь наблюдается активизация сейсмичности на территории, прилегающей к р. Днестр в Черновицкой и Хмельницкой областях.

В 2016 г. в районе Днестровского водохранилища зарегистрировано пять землетрясений, которые произошли в одной эпицентральной зоне. В Черновицкой области, вблизи г. Новоднестровск, 7 февраля в 17^h06^m зарегистрировано землетрясение с $K_p = 9.5$, $MSH = 2.7$, которое ощущалось с интенсивностью $I = 3\text{--}4$ балла. Повторное землетрясение зарегистрировано 8 февраля в 04^h46^m. В этом районе в марте и мае зарегистрированы землетрясения возле с. Березовка Хмельницкой области. Наиболее сильное землетрясение зарегистрировано 12 июля в 18^h21^m с $K_p = 9.9$, $MSH = 3.0$ в районе с. Куражин Хмельницкой области, оно ощущалось с интенсивностью $I = 3\text{--}4$ балла. Кроме этих событий в 2016 г. зарегистрированы еще три землетрясения: 4 мая в 20^h40^m в районе с. Заричанка Хмельницкой области с $K_p = 7.3$, $MSH = 1.3$; 24 июня в 09^h06^m в районе г. Бар Винницкой области с $K_p = 7.4$, $MSH = 1.3$; 10 августа в 10^h31^m в районе г. Каменец-Подольский с $K_p = 7.0$, $MSH = 1.1$.

В 2017 г. на Подолье зарегистрировано семь землетрясений с суммарной энергией $\Sigma E = 9.54 \cdot 10^7$ Дж. Все очаги расположены в земной коре. В районе Новоднестровска зарегистрировано четыре землетрясения: 4 марта в 04^h04^m с $Kd=7.2$ и $MSH=1.8$; 6 апреля в 11^h39^m с $K_p=6.6$ и $MSH=1.1$; 12 июня в 02^h34^m с $Kd=6.4$ и $ML=1.3$; 26 ноября в 04^h48^m с $K_p=7.2$ и $MSH=1.5$. В Хмельницкой области зарегистрировано три землетрясения: в районе с. Новая Гута 25 мая в 19^h17^m с $K_p=7.4$ и $MSH=1.5$; в районе с. Березовка 14 июня в 21^h47^m с $Kd=7.2$ и $ML=0.8$; в районе с. Рудковцы 8 июля в 22^h25^m с $K_p=7.5$ и $MSH=1.4$. Очаги данных землетрясений имели глубины 2–3 км.

б) *Покутье*. В 2016 г. зарегистрированы два землетрясения в Ивано-Франковской области. Наиболее сильное из них отмечено в районе г. Косов 2 августа в 09^h57^m с $K_p=9.7$ и $MSH=2.5$. При определении координат очага землетрясения использовались данные сейсмических станций Карпатского региона Украины и Румынии. 4 октября в 03^h24^m в районе г. Коломыя произошло землетрясение с $K_p=8.5$ и $MSH=1.8$. Очаги данных землетрясений расположены в земной коре.

в) *Молдова*. На территории Молдовы, в районе Молдовского плато, 2 августа в 17^h27^m 2016 г. зарегистрировано землетрясение с $K_p=6.5$ и $MSH=1.2$.

Трансильвания (район № 7). В районе Трансильванского плато в 2016 г. зарегистрированы три землетрясения: 7 мая в 03^h07^m с $K_p=8.4$ и $MSH=1.7$, 13 октября в 20^h29^m с $K_p=8.3$ и $MSH=1.7$ и 29 октября в 15^h42^m с $K_p=10.3$ и $MSH=2.7$. Их суммарная энергия составила $\Sigma E = 2.04 \cdot 10^{10}$ Дж. Очаги землетрясений расположены в земной коре на глубинах 3–15 км.

В сейсмоактивном районе **Бакэу (№ 8)** зарегистрировано одно землетрясение, произошедшее 22 февраля 2016 г. в 08^h36^m с $K_p=9.2$, $MSH=2.2$, $h=13$ км. Эпицентр находится в районе плато Бырлад.

Закключение. В статье описаны особенности сейсмичности Карпатского региона в 2016–2017 гг. Следует отметить, что в районах № 2 (Вранча) и № 5 (Буковина) в 2016–2017 гг. наблюдалось некоторое повышение уровня сейсмичности по сравнению с таковым в предыдущем году, а в районах № 1 (Северо-Западный) и № 3 (Южные Карпаты) отмечено его понижение. Произшедшее ощутимое землетрясение 6 июня 2017 г. с $K_p=9.8$, $MSH=2.6$, $I_0=5$ явилось наиболее сильным в Закарпатье. Оно зарегистрировано севернее с. Угля, где наблюдались сильные землетрясения с интенсивностью 5 и 6–7 баллов в 1979, 1980 и 2010 гг. Данное землетрясение произошло на глубине 5 км с $K_p=9.8$, $MSH=2.6$ и ощущалось в эпицентральной зоне с интенсивностью 4–5 баллов.

Кроме того, было отмечено некоторое повышение сейсмической активности в Предкарпатье в районе новой очаговой зоны выше 49-й параллели, расположенной вблизи сейсмической станции «Схидныця», а также в районе водохранилища Днестровской ГЭС и ГАЭС на Буковине. Землетрясения, которые здесь были зарегистрированы, ощущались с интенсивностью около 3–4 баллов на расстоянии 3–5 км. Наиболее сильным событием за 2016–2017 гг. в районе Вранча было землетрясение 23 сентября 2016 г. с $K_p=14.4$ и $MSH=5.7$ на глубине 95 км. Его интенсивность в эпицентральной зоне составляла 5–6 баллов. Землетрясение ощущалось на территории Румынии, Болгарии, Сербии, Македонии, Албании, Турции, Молдовы, Украины, России и Беларуси. Параметры 39 землетрясений сейсмоактивного региона Вранча, которые определены украинскими и молдавскими службами, имеют незначительное отличие, поэтому за окончательный вариант каталога этих землетрясений был принят каталог, составленный львовскими сейсмологами, т.к. при их обработке было включено намного больше сейсмических станций. Остальные, более слабые, землетрясения в данном районе приведены только по данным Молдовы.

Л и т е р а т у р а

1. Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецкив А.Т., Чуба М.В., Нищименко И.М., Келеман И.Н., Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю., Симонова Н.А. Сейсмичность Карпат в 2015 г. // Землетрясения Северной Евразии. – 2021. – Вып. 24 (2015 г.). – С. 31–42. doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.02
2. Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецкив А.Т., Чуба М.В., Нищименко И.М., Келеман И.Н., Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю., Симонова Н.А. Карпаты // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 27–37. doi:10.35540/1818-6254.2020.23.02.

3. Пронишин Р.С. (отв. сост.). Цифровые сейсмические станции сети региона Карпаты, работавшие в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
4. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 273 с.
5. Илиеш И.И. (отв. сост.). Аналоговая и цифровые сейсмические станции сети Молдовы в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
6. Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецкив А.Т., Чуба М.В., Нищименко И.М., Келеман И.Н. Сейсмичность Карпат в 2016 году // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «География». – 2017. – Том 3 (69), № 4. – С. 70–138.
7. Чуба М.В. (отв. сост.); Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецкив А.Т., Нищименко И.М., Келеман И.Н., Гаранжа И.А., Добротвир Х.В., Вербицкая О.Я., Давыдяк О.Д., Герасименюк Г.А., Гандарова Г.З., Кикеля Л.М., Вербицкая О.С., Олийнык Г.И., Симонова Н.А. Каталог землетрясений Карпат за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
8. Илиеш И.И., Тону Н.А. Дополнение к региональному каталогу землетрясений Карпат по данным Молдовы за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
9. New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP). GeoForschungs Zentrum. – Potsdam: IASPEI, 2002. – V. 1, N 3. – P. 24.
10. 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.
11. Кондорская Н.В. Инструментальные данные // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 13.
12. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
13. Маламуд А.С. Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений, Т. II // М.: АН СССР, 1974. – С. 180–194.
14. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2016–2017. (2022) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2016/
15. International Seismological Center. (2022). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
16. Степаненко Н.Я., Тону Н.А. (отв. сост.); Лукаш Н.А. Описание макросейсмических проявлений землетрясений 2016–2017 гг. в Молдове // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
17. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Сведения об ощутимости землетрясений Карпат 23 сентября 2016 г. с $K_p=14.4$, $M_w=5.7$ и 27 декабря с $K_p=13.5$, $M_w=5.6$ в населенных пунктах Румынии, Молдовы, Украины и соседних стран // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
18. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Каталог механизмов очагов землетрясений Карпат за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
19. Пронишин Р.С., Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. (отв. сост.); Михайлова Р.С., Лукаш Н.А. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Карпат в населенных пунктах в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
20. Пронишин Р.С. Углянское-IV землетрясение 6 июня 2017 г. с $K_p=9.8$, $M_L=2.7$, $I_0=5$ (Украина, Закарпатье) // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 348–353. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.32. EDN: MJWMPG
21. Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф. Новоднестровское землетрясение 22 октября 2006 г. с $K_d=8.4$, $M_d=2.4$, $I_0=4$ (Буковина) // Землетрясения Северной Евразии, 2006 год. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 408–411.
22. Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф. Новоднестровское-II землетрясение 18 ноября 2007 г. $K_d=8.9$, $M_d=2.6$, $I_0=4$ (Украина, Буковина) // Землетрясения Северной Евразии, 2007 год. – Обнинск: ГС РАН, 2013. – С. 432–434.

SEISMICITY of the CARPATHIANS in 2016–2017

S.T. Verbitsky¹, R.S. Pronishin¹, V.I. Prokopishin¹, A.T. Stetskiy¹, M.V. Chuba¹,
I.M. Nishchimenko¹, I.N. Keleman¹, G.A. Gerasimenyuk¹, N.Ya. Stepanenko²

¹Department of seismicity of the Carpathian region of the Institute of Geophysics, NAS of Ukraine,
Lviv, pronrom@gmail.com

²Laboratory of Seismology of the Institute of Geology and Seismology, Academy of Sciences of Moldova,
Chisinau, kis-seismo@mail.ru

Abstract. The article describes seismic observations in the Carpathian region in 2016–2017, which were carried out, as before, by two organizations from two states: in Ukraine – the seismicity department of the Carpathian region of the Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, in Moldova – the seismology laboratory of the Institute of Geology and Seismology of the Academy of Sciences of Moldova. In Ukraine, 20 stationary digital stations and 1 temporary in the area of Stebnik with a processing center in Lviv, in Moldova – six stations with a center in Chisinau. Different programs, local hodographs and magnitudes were used. The consolidated catalog of earthquakes was created in Lviv. A maps of epicenters and a table of the distribution of earthquakes of different classes by region are given. The total number of earthquakes in 2016–2017 was $N_{\Sigma}=140$ in the range $K_R=4.0-14.4$ with depths $h=1-160$ km and the total seismic energy $\Sigma E=2.92 \cdot 10^{14}$ J. The maximum earthquake with $K_R=14.4$, $MSH=5.7$ and $h_{p}=95$ km was registered on September 23, 2016 located in the Vrancea zone. The earthquake was felt by the population in Romania and Moldova. In the cities of Chisinau and Cahul, the earthquake was felt with intensity $I=3-4$ points. In the Precarpathian and Transcarpathian regions, all earthquakes are weaker. The strongest event in Transcarpathia was a tangible earthquake, which occurred north of the village of Uglya, Tyachevo district, on June 6, 2017 with $K_R=9.8$, of $h=5$ km. The earthquake was felt by the population of 20 settlements with an intensity ranging from 2 to 4–5 points. The most powerful event in Precarpathian in 2016–2017 there was a tangible earthquake that occurred in the Drohobych district of the Lvov region on September 29, 2017 with $K_R=9.8$ at a depth of 1.9 ± 0.4 km. Perhaps it was a tectonic earthquake that triggered a collapse in the mine, or vice versa – the collapse of the rocks was recorded as a seismic event. The strongest event in Bukovina was an earthquake that occurred on July 12, 2016 at $18^{\circ}21^m$ with an energy class of $K_R=9.9$ and magnitude $MSH=3.0$ in the area of the village of Kurazhin, Khmelnytsky region and was felt by the population with an intensity of 3–4 points. In general, in the seismically active zone of Vrancea and Bukovina in 2016–2017 there was an increase in the level of seismicity compared to those in 2012–2015, and in areas № 1, 3 and 8 there was a slight decrease in the level of seismicity.

Keywords: Ukraine, Carpathians, station networks, perceptible earthquake, intensity in balls, seismic energy, intermediate earthquakes.

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.02 EDN: PJAWUM

For citation: Verbitsky, S.T., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stetskiy, A.T., Chuba, M.V., Nishchimenko, I.M., Keleman, I.N., Gerasimenyuk, G.A., & Stepanenko, N.Ya. (2022). [Seismicity of the Carpathians in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 35–45. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.02. EDN: PJAWUM

References

1. Verbitskiy, S.T., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stetskiy, A.T., Chuba, M.V., Nishchimenko, I.M., Keleman, I.N., Stepanenko, N.Ya., Kardanets, V.Yu., & Simonova, N.A. (2021). [Seismicity of the Carpathians in 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 24(2015), 31–42. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2021.24.02
2. Verbitskiy, S.T., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stetskiy, A.T., Chuba, M.V., Nishchimenko, I.M., Keleman, I.N., Stepanenko, N.Ya., Kardanets, V.Yu., & Simonova, N.A. (2020). [Carpathians]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 27–37. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.02
3. Pronishin, R.S. (2022). [Digital seismic stations in the Carpathian region network operating in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>. (In Russ.).
4. *Instruktsiia o poriadke proizvodstva i obrabotki nabliudenii na seismicheskikh stantsiakh Edinoi sistemy seismicheskikh nabliudenii SSSR* [Instructions on the procedure for the production and processing of observations at seismic stations of the Unified Seismic Observation System of the USSR]. (1982). Moscow, Russia: Nauka Publ., 273 p. (In Russ.).
5. Iliyesh, I.I. (2022). [Analog and digital seismic stations of Moldova network operating in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>. (In Russ.).

6. Verbitskiy, S.T., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stets'kiv, A.T., Chuba, M.V., Nishchimenko, I.M., & Keleman, I.N. (2017). [Seismicity of the Carpathians in 2016]. *Uchenyye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Series "Geography"* [Scientific notes of the Taurida National University named after V.I. Vernadsky. Series "Geography"], 3(4), 70–138. (In Russ.).
7. Chuba, M.V., Pronishin, R.C., Prokopishin, V.I., Stetskiy, A.T., Nishchimenko, I.M., Keleman, I.N., Garandzha, I.A., Dobrotvir, G.A., Verbitskaya, O.Ya., Davydyak, O.D., Gerasimenyuk, G.A., Gandarova, G.Z., Kikelya, L.M., Verbitskaya, O.S., Olejnyk, G.I., & Simonova, N.A. (2022). [Catalog of the earthquakes of the Carpathians for 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
8. Simonova, N.A. (2022). [Supplement to the regional catalog of earthquakes in the Carpathians according to the data of Moldova for 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
9. Bormann, P. (2002). New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP). *GeoForschungs Zentrum. Potsdam: IASPEI*, 1(3), 24 p.
10. Rautian, T.G. (1964). [On determining the energy of earthquakes at a distance of 3000 km]. In *Ekspierimental'naiia seismika. Trudy IFZ AN SSSR № 32(199)* [Experimental seismic] (pp. 88–93). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
11. Kondorskaya, N.V. (1977). [Instrumental data]. Kondorskaya, N.V. (1977). In *Novyy katalog sil'nykh zemletryaseniy na territorii SSSR s drevnikh vremen* [A new catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times to 1975]. Moscow, Russia: Nauka Publ., 13 p. (In Russ.).
12. Rautian, T.G. (1960). [Energy of earthquakes]. In *Metody detal'nogo izucheniya seismichnosti (Trudy IFZ AN SSSR, № 9(176))* [Methods of Detail Study of Seismicity] (pp. 75–114). Moscow, Russia: Inst. Fiz. Zemli Akad. Nauk SSSR Publ. (In Russ.).
13. Malamud, A.S. (1974). [The use of the oscillation duration for the energy classification of earthquakes]. In *Magnituda i energeticheskaya klassifikaciya zemletrjasenij, T. II* [Magnitude and the energy classification of the earthquakes, V. II] (pp. 180–194). Moscow, Russia: USSR Academy of Sciences Publ. (In Russ.).
14. GS RAS. (2022). Bulletin of Teleseismic Stations, 2016–2017. Retrieved from http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2016/
15. International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
16. Stepanenko, N.Ya., Tonu, N.A., & Lukash, N.A. (2022). [Description of macroseismic manifestations of earthquakes of 2016 and 2017 in Moldova]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
17. Stepanenko, N.Ya., & Kardanets, V.Yu. (2022). [Information about the perceptibility of earthquakes in the Carpathians on September 23, 2016 with $K_R=14.4$, $M_w=5.7$ and on December 27 with $K_R=13.5$, $M_w=5.6$ in the settlements of Romania, Moldova, Ukraine and neighboring countries]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
18. Stepanenko, N.Ya., Kardanets, V.Yu., Pustovitenko, B.G., Pronishin, R.S., & Lukash, N.A. (2022). [Catalog of focal mechanisms of earthquakes in the Carpathians for 2015]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
19. Pronishin, R.S., Stepanenko, N.Ya., Simonova, N.A., Kardanets, V.Yu., & Lukash, N.A. (2022). [The macroseismic effect of tangle earthquakes in the settlements of the Carpathians in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes of Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
20. Pronishin, R.S. (2022). [Uglya-IV earthquake on June 6, 2017 with $K_R=9.8$, $M_L=2.7$, $I_0=5$ (Ukraine, Transcarpathian)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 348–353. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.32. EDN: MJWMPG
21. Pronishin, R.S., & Stasyuk, A.F. (2012). [Novodnistrovsky earthquake on October 22, 2006 with $K_d=8.4$, $M_d=2.4$, $I_0=4$ (Bukovina)]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2006 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2006] (pp. 408–411). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
22. Pronishin, R.S., & Stasyuk, A.F. (2013). [Novodnistrovsky-II earthquake on November 18, 2007 with $K_d=8.9$, $M_d=2.6$, $I_0=4$ (Bukovina)]. In *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii v 2007 godu* [Earthquakes in Northern Eurasia, 2007] (pp. 432–434). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).