

УДК 550.348.(477.8)

СЕЙСМИЧНОСТЬ КАРПАТ в 2020 году

С.Т. Вербицкий¹, Р.С. Пронишин¹, В.И. Прокопишин¹, А.Т. Стецькив¹, И.М. Нищименко¹,
И.Н. Келеман¹, Г.А. Герасименюк¹, Н.Я. Степаненко², В.Ю. Карданец²

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

²Лаборатория сейсмологии Института геологии и сейсмологии Молдавского ГУ,
г. Кишинёв, seismolab@rambler.ru

Аннотация. В статье описаны сейсмические наблюдения в Карпатском регионе в 2020 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 Молдавского ГУ. На Украине работали 21 стационарная цифровая станция и три временные в районе г. Стебника Дрогобычского района Львовской области с центром обработки во Львове, в Молдове – одна аналоговая и шесть цифровых станций с центром в Кишинёве. При обработке данных были использованы разные программы, локальные годографы и магнитуды. Максимальное землетрясение в горах Вранча зарегистрировано 31 января с $K_p=12.5$, $MSH=4.7$ ($M_{WGCMT}=4.8$) и $h_{rp}=124$ км. Эпицентральная зона подверглась сотрясениям интенсивностью до 5 баллов. Землетрясение ощущалось населением на территории Румынии, Болгарии, в Одесской области Украины (г. Измаил) и в Молдове. В Предкарпатье и Закарпатье все землетрясения – более слабые. В целом в Северо-Западном районе, в сейсмоактивной зоне Вранча, в Буковине и в Бакэу в 2020 г. наблюдалось повышение уровня сейсмичности по сравнению с таковым в 2019 году.

Ключевые слова: Украина, Карпаты, Вранча, сеть станций, осязаемое землетрясение, балльность, сейсмическая энергия, промежуточные землетрясения.

Для цитирования: Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецькив А.Т., Нищименко И.М., Келеман И.Н., Герасименюк Г.А., Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Сейсмичность Карпат в 2020 году // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 35–43. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.02> EDN: ATXJGJ

Введение. Сейсмические наблюдения в Карпатском регионе проводились в 2020 г., как и в прошлые годы [1, 2], силами организаций из двух государств: отделом сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины (ИГФ НАНУ) и лабораторией сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы (ИГиС АНМ). 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°N – 21°E , 51°N – 25°E , 49.5°N – 25°E , 49.5°N – 30°E , 44°N – 30°E , 44°N – 25.5°E , 45°N – 25.5°E , 45°N – 21°E и разделен на восемь районов, которые включают в себя части территорий Украины, Молдовы, Польши, Словакии, Венгрии и Румынии.

Сейсмические станции. В Карпатском регионе в 2020 г. сейсмологическая сеть инструментальных наблюдений ИГФ НАНУ состояла из 21 стационарной станции и трех временных. Из них 16 станций находятся в подчинении Карпатской опытно-методической сейсмологической партии (КОМСП) отдела сейсмичности, а пять – в подчинении Карпатской опытно-методической геофизической партии (КОМПГ) этого же отдела. Поэтому в Прил 1 в списке станций Карпат для каждой из них в отдельной графе указан код партии – КОМСП или КОМПГ соответственно.

Кроме того, при интерпретации цифровых записей использованы данные временных сейсмических станций «Стебник-3, 4 и 5» (Стб3, Стб4, Стб5), открытых в г. Стебнике Дрогобычского района Львовской области последовательно в октябре 2017 г. (Стб3) и в августе 2019 г. – (Стб4, Стб5). На всех сейсмических станциях инструментальные наблюдения проводились с использованием цифровой аппаратуры DAS(-03, -04, -05), созданной в Отделе сейсмичности Карпатского региона ИГФ НАНУ. Основные параметры регистрирующей аппаратуры приведены в Прил. 1. Дополнительно для определения параметров – времени возникновения, координат и глубин очагов с невязками их определений и динамических характеристик землетрясений

Карпатского региона – использовались данные Крымской сети, Молдовы и зарубежных сейсмических сетей (Польша, Словакия, Румынии, Болгарии, Венгрии) Карпато-Балканского региона с $\Delta \leq 1000$ км. Производство и обработка наблюдений на сейсмических станциях проводились согласно Инструкции [3].

В Молдове в 2020 г. сейсмические наблюдения велись в лаборатории сейсмологии ИГС МолдГУ на шести станциях с цифровой регистрацией: «Кишинёв» (KIS), «Леово» (LEOM), «Сороки» (SORM), «Джурджулешты» (GIUM), «Малые Милешты» (MILM) и «Пуркары» (PURM), а также комплектом аналоговой аппаратуры на станции «Кишинёв». Список станций, их координаты, перечень и параметры установленной аппаратуры приводятся в Прил. 2.

Обработка землетрясений в Карпатском регионе в 2020 г. и составление его каталога (Прил. 3) проводились по той же методике, что и в предыдущие годы [1, 2], согласно Инструкции [3]: были определены основные кинематические параметры (координаты, глубина, время в очаге) землетрясений, а также точность решения по каждому из параметров. Определялись также динамические параметры, характеризующие величину зарегистрированных сейсмических событий – энергетический класс K_p и магнитуда MSH по S -волнам для всех землетрясений, локальная магнитуда ML для близких землетрясений. Важным дополнительным параметром в оценке величины землетрясений всех глубин является магнитуда M_d по общей длительности колебаний на записи и рассчитанный из нее энергетический класс $Kd_{расч}$.

Определение параметров K_p , MSH , ML требует знания амплитудно-частотных характеристик каналов регистрации, имеющихся в отделе сейсмичности Карпатского региона ИГФ НАНУ в формате PAZ GSE1 [4] лишь для пяти станций: «Львов», «Ужгород», «Косов», «Рахов» и «Новоднестровск». На этих станциях определялись:

- для местных землетрясений – энергетический класс K_p по номограмме Т.Г. Раутиан [5];
- для близких землетрясений – локальная магнитуда ML – по формуле из [6]:

$$ML = \lg(A_{Z \max}) - \lg(A_0);$$

- для землетрясений района Вранча магнитуда MSH (по горизонтальной составляющей поперечных S -волн) – по формуле из инструкции [3]:

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

где для промежуточных землетрясений с $h \geq 70$ км вносилась поправка 0.8 согласно [7]. Затем определялся расчетный энергетический класс по уравнению Т.Г. Раутиан [8]:

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

На всех станциях в качестве характеристики величины сейсмических событий использовалась также магнитуда M_d по общей длительности τ колебаний на записи, определяемая по формуле из [9]:

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

с последующим пересчетом в энергетический класс $Kd_{расч}$ по стандарту [8].

Традиционно в региональном каталоге Карпат (Прил. 3), помимо магнитуд MSH , ML , M_d и классов K_p , $Kd_{расч}$, приведены магнитуды M_{MLD} , взятые из каталога Молдовы (Прил. 4), магнитуды $MPSP$ – из Сейсмологического бюллетеня [10], M_s , m_b , моментные магнитуды M_w агентств GCMT, MED, GFZ и сейсмические моменты M_0 GCMT, M_0 MED – из бюллетеней ISC [11].

В Молдове для составления каталога (Прил. 4) использовалась разработанная в ИГС МолдГУ программа HYPOS [12], которая вычисляет положение гипоцентра землетрясения по данным о временах вступлений P - и S -волн на сейсмических станциях Молдовы, Румынии, Украины, Крыма. Классификация всех 220 землетрясений в Прил. 4 дана по региональным локальным магнитудам M_{MLD} (без указания числа станций). К авторским магнитудам M_{MLD} в редакции Ежегодника добавлен целый ряд других характеристик величины землетрясений, а именно: локальные магнитуды m_{BUC} агентства Румынии BUC из [13] (с указанием числа n станций); магнитуды $MPSP_{MOS}$ из [10] и M_{sISC} , m_{bISC} , M_{wGCMT} , M_{wMED} из [11]. Сотрудниками ИГС МолдГУ собраны и описаны в отдельной статье [14] макросейсмические проявления четырех землетрясений Румынии на ее территории и в Молдове.

Механическое объединение каталогов из Прил. 3 и 4 на данном этапе представляется достаточно сложным, т.к. в их основе лежит разное число используемых в обработке сейсмических станций. У молдавских сейсмологов меньшее число станций и, как результат, заметные ошибки, например, в оценке глубин очагов в районе № 3 (Буковина), для землетрясений которого в каталоге (Прил. 3) приводятся нереальные значения, такие как 418, 496, 526 и 595 км, характерные в Евразии лишь для землетрясений в Охотском море. Хотя, с другой стороны, к нереальным фактам можно отнести и большую разницу в числе землетрясений в Прил. 3 и 4 для районов № 1 (Северо-Западный) – 26 и 1, и № 2 (Вранча) – 13 и 177. Поэтому описание сейсмичности региона в 2020 г. проведено с локальным привлечением информации из обоих Прил. без дублирования в каждом из восьми районов.

Еще три Прил. к региональному каталогу созданы в *ред.* и содержат: 18 решений механизма очагов для пяти землетрясений (Прил. 5), сведения о макросейсмическом эффекте для 17 землетрясений (Прил. 6) и список из 99 населенных пунктов, в которых они ощущались (Прил. 7).

Статистика и анализ сейсмичности в 2020 г. На карте (рис. 1) изображены эпицентры 60 землетрясений по данным ИГФ НАНУ из Прил. 3, с классификацией по энергетическим классам K_p или $Kd_{расч}$ (при отсутствии K_p), а на рис. 2 – эпицентры 280 землетрясений по данным ИГС МолдГУ из Прил. 4 с классификацией по магнитудам M_{MLD} .

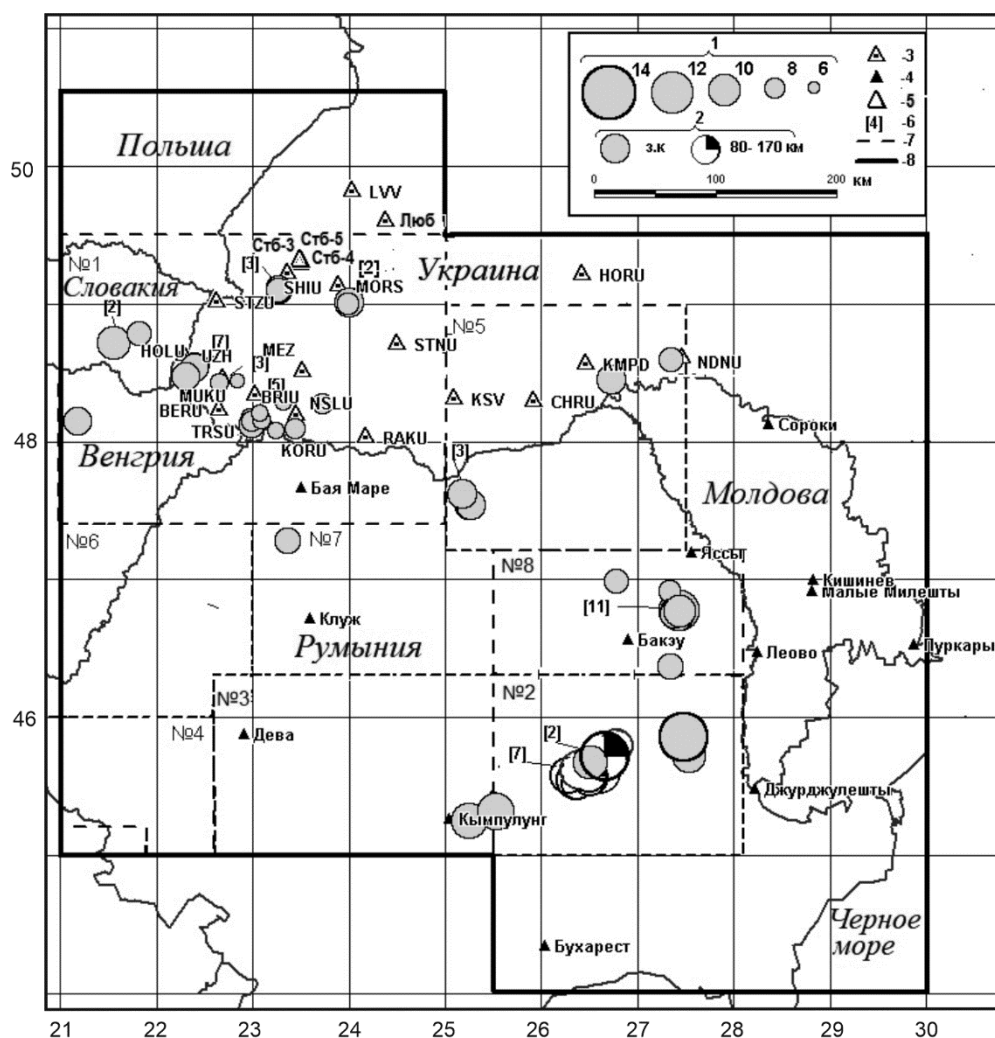


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Карпат за 2020 г. по данным ИГС МолдГУ (Прил. 3)

1 – энергетический класс K_p или $Kd_{расч}$ (при отсутствии 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: (№ 1 – Северо-Западный, № 2 – Вранча, № 3 – Южные Карпаты, № 4 – Банат, № 5 – Буковина, № 6 – Кришана, № 7 – Трансильвания, № 8 – Бакэу); 8 – граница региона Карпаты.

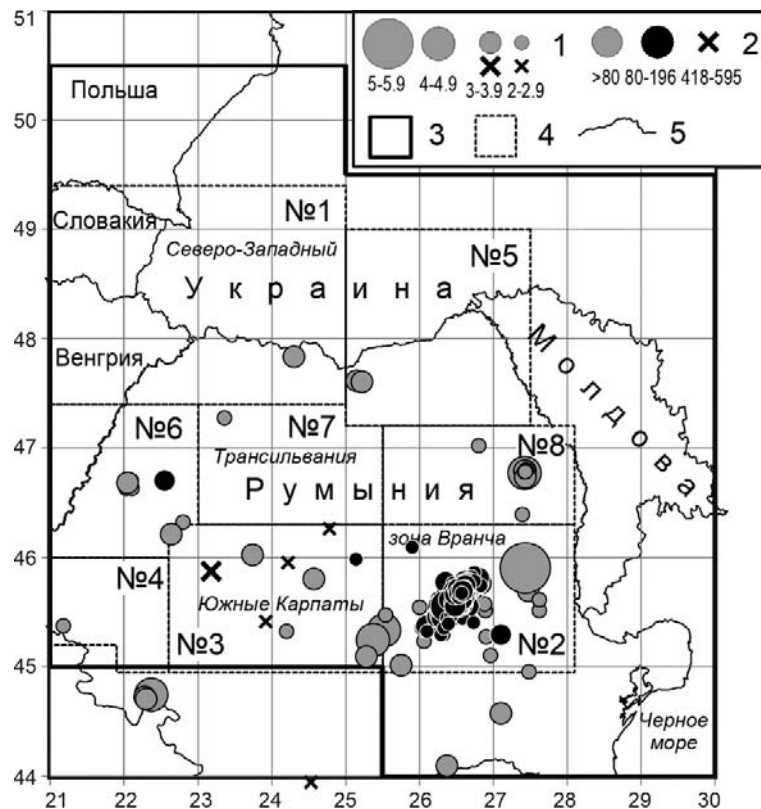


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений Карпат по данным ИГиС АНМ за 2020 г. (Прил. 4)

Как видно из рис. 1 и 2, каталоги по данным ИГФ НАНУ и ИГС МолдГУ дополняют друг друга, при этом каталог ИГС МолдГУ содержит только землетрясения на территории Румынии, тогда как данные ИГФ НАНУ детально описывают сейсмичность Украины и наиболее крупные события Румынии. Необходимо объединение этих каталогов, которое должно быть сделано после проведения методических работ, минимизирующих различия в классификации землетрясений и снимающих вопросы по глубинам землетрясений.

Сведения о распределении землетрясений в каталоге (Прил. 3) по энергетическим классам и величине выделившейся сейсмической энергии по районам и вне их границ приведены в табл. 1.

Таблица 1. Распределение землетрясений по энергетическим классам и суммарная сейсмическая энергия по районам за 2020 г.

№ р-на	Название района	Энергетический класс											N _Σ	ΣE, Дж
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
1	Северо-Западный	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26 (1)	4.89·10 ¹⁰	
	а) Закарпатье	1	1	5	7	1	2	—	—	—	—	17	3.94·10 ⁹	
	б) Предкарпатье	—	—	—	—	3	1	1	—	—	—	5	3.92·10 ⁹	
	в) Восточная Словакия	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	2	4.00·10 ¹⁰	
	г) Венгрия	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1.00·10 ⁹	
	д) Мармарош (Румыния)	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	6.31·10 ⁵	
2	Вранча	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12 (177)	1.07·10 ¹³	
	а) горы Вранча	—	—	—	—	—	1	5	2	1	1	10	4.34·10 ¹²	
	б) район Галац	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	2	6.36·10 ¹²	
3	Южные Карпаты	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	2 (11)	1.89·10 ¹¹	
4	Банат	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0 (1)	0	
5	Буковина	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5 (2)	3.13·10 ¹⁰	
	а) Покутье	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	3.58·10 ⁸	
	б) Сучава (Румыния)	—	1	—	—	—	2	1	—	—	—	3	3.09·10 ¹⁰	
6	Кришана (Румыния)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0 (6)	0	
7	Трансильвания	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1 (1)	1.00·10 ⁹	
8	Бакэу	—	—	—	—	3	6	4	1	—	—	14 (14)	1.68·10 ¹¹	
	Всего	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60 (220)	1.11·10 ¹³	

Примечание. В скобках даны суммарные по районам числа землетрясений в Прил. 4.

Ниже приведен анализ сейсмической обстановки в 2020 г. в каждом из восьми районов, где произошли землетрясения.

Северо-Западный район № 1. Сейсмичность Северо-Западного района, включающего Закарпатье, Предкарпатье, Восточную Словакию, Венгрию и Мармарошский массив Северной Румынии, представлена в 2020 г. 26 событиями с $K_p=4.3-10.6$ в Прил. 3 с суммарной сейсмической энергией $\Sigma E=4.89 \cdot 10^{10}$ Дж (табл. 1) против одного в Прил. 4 (за 19 июня в 20^h36^m с $h=25$ км, $M_{MLD}=3.1$).

а) В Закарпатье отмечено 17 землетрясений с $K_p=4.3-9.4$, $\Sigma E=3.94 \cdot 10^9$ Дж. Очаги землетрясений находятся на глубинах $h=0.1-15.7$ км. Большинство землетрясений имели магнитуды M_d и MSH 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 расположены вблизи следующих населенных пунктов: 4 – в районе г. Виноградово; три – г. Ужгород; по два события в районе г. Мукачево, с. Холмец и с. Среднее; по одному – в районах с. Буштыно, с. Малая Копаня, с. Липецкая Поляна и с. Пригидь. Наиболее сильное из них с $K_p=9.4$ зарегистрировано вблизи г. Ужгорода 19 апреля в 05^h45^m на глубине $h=4$ км и ощущалось жителями населенных пунктов Великие Лазы, Холмец, Цыгановка, Подгорб и Глубокое с интенсивностью $I=3-4$ балла. Следующее землетрясение в районе г. Ужгорода, которое произошло 27 апреля в 22^h07^m с $K_p=9.1$, $h=1.4$ км, ощущалось людьми в населенных пунктах Ужгород, Русские Комаровцы, Барвинок, Худлёво, Нижнее Солотвино и Ярок с $I=3$ балла.

б) В Предкарпатье отмечено пять событий с $K_p=7.9-9.5$, $\Sigma E=3.92 \cdot 10^9$ Дж. Очаги землетрясений расположены на глубинах $h=4-5.7$ км. Три землетрясения зафиксированы в районе с. Сходница Львовской области. Два из них произошли 21 марта в 21^h18^m и 21^h20^m с энергетическими классами $K_p=8.2$ и 7.9 соответственно. Еще одно событие в этом же районе зафиксировано 15 апреля в 14^h26^m с $K_p=8.6$. В районе г. Долина Ивано-Франковской области произошли два землетрясения: 1 июня в 04^h22^m с энергетическим классом $K_p=9.5$ и второе в этот же день в 18^h05^m с $K_p=8.1$, – которые ощущались людьми с интенсивностью около 3–4 баллов.

в) Восточная Словакия. Здесь в 2020 г. зарегистрированы два толчка с суммарной энергией $\Sigma E=4.0 \cdot 10^{10}$ Дж. Эпицентры находятся в районе Прешовских гор, южнее с. Михаловце. Землетрясение, которое произошло 23 апреля в 23^h18^m с магнитудой $MSH=3.1$, $K_p=10.6$ и $h=10$ км, было относительно сильным. Некоторые местные жители ощущали подземный гул. Землетрясение 30 апреля зарегистрировано в 03^h59^m с $K_p=8.3$ и глубиной $h=2.1$ км.

г) Венгрия представлена одним землетрясением в Среднедунайской низменности, которое возникло 24 февраля в 10^h43^m с $K_p=9.0$ и магнитудой $MSH=2.4$ на глубине 6.9 км.

д) Мармарошский массив. Северная часть Румынии в 2020 г. представлена одним землетрясением 11 января в 21^h39^m с $K_p=5.8$, $M_d=1.0$ и глубиной $h=10.1$ км.

Район Вранча № 2 расположен в Румынии, где сетью сейсмических станций Карпатского региона Украины зарегистрировано 12 землетрясений с $K_p=8.9-12.8$ и суммарной энергией $\Sigma E=1.07 \cdot 10^{13}$ Дж. Из них три мелких, с $h=15-23$ км, остальные – с промежуточными глубинами от 99.0 км до 146.3 км (Прил. 3). При определении координат очагов этих землетрясений были учтены также данные сейсмических станций Румынии, Словакии, Венгрии, Польши, Болгарии, Молдовы и Крыма. Но в молдавском Прил. 4 собраны параметры 177 землетрясений этого района, из которых 14 мелких, с $h=2-25$ км, 163 – с промежуточными глубинами от 60 км до 196 км. К сожалению, продублированы в обоих Приложениях лишь три толчка: 2 июня в 11^h12^m с $h=89$ км, $K_p=12.0$; 28 августа в 21^h21^m с $h=15$ км, $K_p=10.1$; 10 октября в 06^h38^m с $h=64$ км, $K_p=10.8$.

а) горы Вранча – всего отмечено десять землетрясений с суммарной энергией $\Sigma E=4.34 \cdot 10^{12}$ Дж. Очаги сосредоточены в зоне промежуточных землетрясений на глубине $h=99.0-146.3$ км (девять событий) и одно событие – в земной коре, на глубине $h=21$ км в горном массиве Вранча. Эпицентры землетрясений сориентированы по линии с северо-востока на юго-запад. Четыре из них, произошедшие 31 января в 01^h26^m , 11 марта, 24 апреля и 2 июня описаны в упомянутой выше отдельной статье [14]. Первое из них, с $K_p=12.5$, $MSH=4.7$, $h=121$ км, ощущалось до 5 баллов в эпицентральной зоне на территории Румынии и, с меньшей балльностью, – на территории Молдовы, Украины, Болгарии, Турции [15]. Более слабые толчки – 11 марта в 20^h23^m с $K_p=10.6$, $M_{WMED}=4.1$, $h_{pp}=120$ км и 2 июня в 11^h12^m с $K_p=12.0$, $m_b=4.2$, $h_{pp}=107$ км

(Прил. 3) – проявились в Румынии и в Республике Молдова с интенсивностью до 3 баллов. Коровое землетрясение 24 апреля в 22^h04^m – наиболее сильное (с $K_p=12.8$, $M_{WMED}=4.7$, $h=21$ км), ощущалось наиболее широко: в Румынии, Молдове [14], Украине, Болгарии, Австрии и Германии [15]. Кроме того, на протяжении года здесь зафиксировано еще четыре промежуточных землетрясений с MSH от 2.6 до 3.4, вызвавших в их эпицентральных зонах сотрясения с интенсивностью около 2 баллов MSK-64 (8 марта в 18^h24^m с $K_p=10.9$, $MSH=3.2$, $h=131$ км; 18 апреля в 16^h17^m с $K_p=10.3$, $MSH=2.6$, $h=126.8$ км; 24 мая в 12^h07^m с $K_p=10.1$, $MSH=3.4$, $h=146.3$ км; 28 августа в 21^h21^m с $K_p=10.1$, $MSH=3.0$, $h=15$ км).

б) район г. Галаца представлен двумя землетрясениями, зафиксированными 21 февраля в 11^h22^m с $K_p=10.7$, $MSH=4.6$, $h=23$ км и 24 апреля в 22^h04^m с $K_p=12.8$, $MSH=4.6$, $h=21$ км. Выделившаяся энергия составила $\Sigma E=6.36 \cdot 10^{12}$ Дж.

В районе **Южные Карпаты № 3**, западнее Вранча, согласно Прил. 3, зарегистрировано два землетрясения. Первое – 19 марта в 11^h51^m с $K_p=11.1$ и $h=60$ км в горном массиве Бучеджи около г. Ому. Ощущалось населением Румынии в виде легких толчков. Второе произошло 10 октября в 06^h29^m с $K_p=10.8$ и глубиной $h=64$ км. Но согласно Прил. 4, в этом районе записаны 11 землетрясений, среди которых дублируется в Прил. 3 лишь событие 19 марта на той же глубине $h=60$ км. Среди десяти других толчков зафиксированы четыре глубоких, с $h>400$ км, пять мелких, с h от 6 до 22 км, и одно на промежуточной глубине $h=135$ км.

В районе **Банат № 4** обработано и включено в молдавское Прил. 4 лишь одно слабое и мелкое землетрясение за 13 сентября в 21^h32^m с $h=3$ км и $M_{MLD}=2$.

В районе **Буковины № 5** в 2020 г., согласно Прил. 3, 4, зарегистрировано пять и два землетрясения соответственно.

а) в **Покутье** зарегистрировано два землетрясения: 20 мая в 15^h20^m вблизи г. Ново-днестровска Черновицкой области с $K_p=8.3$, $MSH=2.0$, $h=1.3$ км и 20 ноября в 23^h25^m около с. Кельменцы Черновицкой области с $K_p=8.2$ и $MSH=1.7$ на глубине $h=5.9$ км.

б) в районе Сучавы (Южная Буковина, Румыния) в сентябре произошли три землетрясения: 1 сентября в 20^h28^m с $K_p=8.9$, 6 сентября в 00^h53^m с $K_p=9.7$ и наиболее сильное – 21 сентября в 14^h19^m с $K_p=10.4$ и $MSH=2.7$. Глубина всех очагов находится в пределах $h=3$ –10 км. В Прил. 4 дублируются землетрясения 1 сентября и 21 сентября с магнитудами $M=3.0$ и 3.2 на одинаковой глубине $h=3$ км.

В районе **№ 6 Кришана** присутствуют землетрясения лишь в молдавском Прил. 4: пять мелких (1 марта в 01^h16^m с $h=2$ км, $M_{MLD}=3.0$; 25 апреля в 00^h07^m и в 23^h38^m на одинаковой глубине $h=5$ км и с близкими магнитудами $M_{MLD}=2.6$ и 2.5; 20 октября в 19^h17^m с $h=10$ км и $M_{MLD}=2.9$ и 2 ноября в 13^h31^m с $h=9$ км и $M_{MLD}=2.5$). Еще одному землетрясению, зарегистрированному в Кришане 15 мая в 07^h03^m с $M_{MLD}=3.4$, по-видимому, ошибочно приписана промежуточная глубина $h=105$ км.

В районе **№ 7 Трансильвания**, согласно обоим Приложениям 3 и 4, 11 октября в 10^h43^m на глубине $h=3$ км возникло одно землетрясение вблизи г. Месеша с $K_p=9.0$, $MSH=2.2$ или $M_{MLD}=2.6$. При определении координат землетрясения использованы данные 12 сейсмических станций.

В сейсмоактивном районе **№ 8 Бакэу**, который расположен в восточной Румынии на плато Бырлад, в обоих Приложениях зарегистрировано по 14 землетрясений с энергетическим классом с $K_p=8.2$ –11. Их суммарная сейсмическая энергией составляет $\Sigma E=1.68 \cdot 10^{11}$ Дж. Очаги землетрясений расположены на глубине $h=2$ –9 км. При определении координат очагов землетрясений учтены данные сейсмических станций Карпатского региона Украины, Румынии и Молдовы. Наиболее активным район был в октябре – зафиксировано семь событий. По два землетрясения зарегистрировано в феврале, августе и ноябре, одно – в декабре. Наиболее сильное землетрясение произошло 29 октября в 22^h39^m с $K_p=11.1$ и магнитудой $MSH=3.8$ на глубине $h=6.7$ км. При определении координат землетрясения использованы данные 24 сейсмических станций. Еще одно сильное событие произошло 13 февраля в 16^h30^m с энергетическим классом $K_p=10.1$ и магнитудой $MSH=3.0$ на глубине $h=6.0$ км.

Закключение. Анализ исходных данных об особенностях и уровнях сейсмической активности в разных районах Карпатского региона на Украине и в Молдове показал возможность и необходимость качественной стыковки всех данных путем исследования параметров корреля-

ционных зависимостей между разными оценками величины землетрясений и перехода на их основе к стандартному сводному каталогу землетрясений региона. Пока же, на основе описанных в статье данных и особенностей сейсмичности Карпатского региона в 2020 г., следует отметить, что существенное повышение уровня сейсмичности по сравнению с таковым в 2019 г. наблюдалось в районах № 1 (Северо-Западный), № 2 (Вранча) и № 8 (Бакэу). В районах № 4 (Банат) и № 7 (Трансильвания), согласно Прил. 3 и 4, произошло по одному землетрясению. В остальных районах сейсмический процесс протекал без особенностей.

В подготовке электронных приложений к данной статье принимали участие: Пронишин Р.С., Илиеш И.И., Нищименко И.М., Прокопишин В.И., Стецькив А.Т., Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Добротвир Х.В., Вербицкая О.Я., Давыдяк О.Д., Герасименюк Г.А., Гандарова Г.З., Кикеля Л.М., Вербицкая О.С., Олійник Г.И., Симонова Н.А., Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю., Тону Н.А., Михайлова Р.С., Лукаш Н.А., Бахтиярова Г.М., Пойгина С.Г.

Электронное приложение App01_Carpathians_2020 (<http://www.gsras.ru/zse/app-27.html>): 1 – Цифровые сейсмические станции сети региона Карпаты, работавшие в 2020 г.; 2 – Аналоговая и цифровые сейсмические станции сети Молдовы в 2020 г.; 3 – Каталог землетрясений Карпат за 2020 г.; 4 – Дополнение к региональному каталогу землетрясений Карпат по данным Молдовы за 2020 г.; 5 – Каталог механизмов очагов землетрясений Карпат за 2020 г.; 6 – Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Карпат в 2020 г.; 7 – Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях ощутимых землетрясений Карпат за 2020 год.

Л и т е р а т у р а

1. Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецькив А.Т., Чуба М.В., Нищименко 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: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.02> EDN: PJAWUM
2. Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецькив А.Т., Чуба М.В., Нищименко И.М., Келеман И.Н., Герасименюк Г.А., Степаненко Н.Я. Сейсмичность Карпат в 2018–2019 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 39–47. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.02> EDN: ZUVSJJ
3. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 273 с.
4. Bormann P. New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP) // GeoForschungs Zentrum. – Potsdam: IASPEI, 2002. – V. 1, N 3. – 24 p.
5. 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.
6. Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецькив А.Т., Нищименко И.М., Келеман И.Н., Герасименюк Г.А. Сейсмичность Карпат в 2018 году // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «География». – 2019. – Том 5 (71), № 4. – С. 106–150.
7. Кондорская Н.В. Инструментальные данные // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 13.
8. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
9. Маламуд А.С. Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений, Т. II. – М.: АН СССР, 1974. – С. 180–194.
10. Сейсмологический бюллетень (сеть телесеизмических станций), 2020. (2024) // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. – URL: http://www.gsras.ru/ftp/Telesismic_bulletin/2020/
11. International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
12. Алексеев И.В. Программа определения гипоцентра землетрясения HYPOS // Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de științe a Moldovei. – 2014. – № 2. – С. 24–28.
13. BUC, Institutul National pentru Fizica Pamantului C.P. (2024) // MG-2, Bucuresti–Magurele, Romania [сайт]. – URL: <http://infp.infp.ro/eqsinfo.php>
14. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Ощутимые в Молдове землетрясения 2020 году. (Румыния–Молдова) // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 255–264. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.23> EDN: QBFBSB
15. Search Earthquake Catalog // USGS [Site]. – URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>

SEISMICITY of the CARPATHIANS in 2020

S.T. Verbitsky¹, R.S. Pronishin¹, V.I. Prokopishin¹, A.T. Stets'kiv¹,I.M. Nishchimenko¹, I.N. Keleman¹, G.A. Gerasymenyuk, N.Ya. Stepanenco², V.Yu. Cardanets²¹Department of seismicity of the Carpathian region of the Institute of Geophysics,
National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, pronrom@gmail.com²Laboratory of Seismology of the Institute of Geology and Seismology,
Moldova State University, Chisinau, seismolab@rambler.ru

Abstract. The article describes seismic observations in the Carpathian region in 2020, 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 National Academy of Sciences of Ukraine, in Moldova – the seismology laboratory of the Institute of Geology and Seismology of Moldova State University. The monitoring of seismicity was carried out 21 stationary digital and 3 temporary stations of Ukraine with a processing centre in Lviv and six stations of Moldova with a processing centre in Chisinau. Different programs, local godographs and magnitudes were used. The maximum earthquake with $K_R=12.5$, $MSH=4.7$ and $h_{pp}=124.0$ km was registered on January 31 in the Vrancea zone. The epicentral zone was subjected to shaking with an intensity up to $I=4$ by MSK-64 scale. The earthquake was felt by the population of Romania, Bulgaria, Ukraine, Moldova and other European countries. In the Precarpathian and Transcarpathian regions, all earthquakes were weaker. In general, in 2020 there was an increase in the level of seismicity in seismically active areas: № 1 (North-Western), № 2 (Vrancea), № 5 (Bukovina) and № 8 (Bacau), compared with that in the previous period 2019.

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

For citation: Verbitsky, S.T., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stets'kiv, A.T., Chuba, M.V., Nishchimenko, I.M., Keleman, I.N., Stepanenco, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2024). [Seismicity of the Carpathians in 2020]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 35–43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.02> EDN: ATXJGJ

References

1. Verbitsky, S.T., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stets'kiv, 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: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2022.25.02> EDN: PJAWUM.
2. Verbitsky, S.T., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stets'kiv, A.T., Chuba, M.V., Nishchimenko, I.M., Keleman, I.N., Gerasimenyuk, G.A., & Stepanenko, N.Ya. (2023). [Seismicity of the Carpathians in 2018–2019]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2018–2019), 39–47. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.02> EDN: ZUVSZJ
3. *Instruktsiia o poriadke proizvodstva i obrabotki nabliudenii na seismicheskikh stantsiiakh Edinoi sistemy seismicheskikh nabliudenii SSSR* [The instruction on order of production and processing of observations at seismic stations of the Uniform system of seismic observations of the USSR]. (1982). Moscow, Russia: Nauka Publ., 273 p. (In Russ.).
4. Bormann, P. (2002). New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP). *GeoForschungs Zentrum. Potsdam: IASPEI*, 1(3), 24 p.
5. Rautian, T.G. (1964). [On determining the energy of earthquakes at a distance of 3000 km]. In *Ekspierimental'naia seismika. Trudy IFZ AN SSSR № 32(199)* [Experimental seismic] (pp. 88–93). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).
6. Verbitskiy, S.T., Pronishin, R.S., Prokopyshyn, V.I., Stets'kiv, A.T., Nishchimenko, I.M., Keleman, I.N., & Gerasimenyuk, G.A. (2019). [Seismicity of the Carpathians in 2018]. *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"], 5(4), 106–150. (In Russ.).
7. Kondorskaya, N.V. (1977). [Instrumental data]. 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.).
8. 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.).

9. 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.).
10. GS RAS. (2024). Bulletin of Teleseismic Stations, 2020. Retrieved from http://www.gsras.ru/ftp/Teleseismic_bulletin/2020/
11. International Seismological Centre. (2023). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
12. Alekseev, I.V. (2024). HYPOS Earthquake Hypocenter Determination Program. *Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de științe a Moldovei*, 2, 24–28.
13. BUC, Institutul National pentru Fizica Pamantului C.P. (2024). MG-2, Bucuresti–Magurele, Romania. Retrieved from <http://infp.infp.ro/eqsinfo.php>
14. Stepanenco, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2024). [Earthquakes of 2020 felt in Moldova (Romania–Moldova)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 255–264. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.23> EDN: QFBFSB
15. USGS. (2024). Search Earthquake Catalog. Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>