

Сейсмічність Карпат у 2024 р.

***Р.С. Пронишин, Б.Є. Купльовський, В.І. Прокопишин, О.Т. Стецьків,
І.М. Ніщіменко, І.М. Келеман, Г.А. Герасименюк, А.Я. Батюк, 2025***

Відділ сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики
ім. С.І. Субботіна НАН України, Львів, Україна
Надійшла 14 липня 2025 р.

За результатами спостережень на сейсмічних станціях Карпатського регіону України у 2024 р. отримано основні параметри 55 землетрусів у діапазоні енергетичних класів $K_p=5,5\div12,4$. Наведено параметри сейсмометричної апаратури на діючих сейсмічних станціях. Розглянуто каталог землетрусів, їх розподіл по районах та енергетичних класах, наведено карту епіцентрів, графіки виділення сейсмічної енергії та кількості землетрусів у регіоні по місяцях. Подано коротку характеристику сейсмічності окремих сейсмоактивних районів Карпатського регіону. Загальна виділена енергія в регіоні становила $\Sigma E=4,09\cdot10^{12}$ Дж, що нижче рівня минулого року — $\Sigma E=9,06\cdot10^{13}$ Дж. У 2024 р. підвищену сейсмічну активність спостерігали у двох сейсмоактивних районах. Так, у Північно-Західному районі було зафіксовано 16 землетрусів енергетичного класу $K_p=5,5\div9,8$. Їхня сумарна сейсмічна енергія становила $1,53\cdot10^{10}$ Дж. Найсильнішим був землетрус, що відбувся 22 лютого о 12 год 54 хв на території Словаччини, неподалік від м. Гуменне, з $K_p=9,8$ та інтенсивністю в епіцентрі 3 бали. На території Буковини 2024 р. спостерігали збільшення сейсмічної активності порівняно з 2023 р. Тут зареєстровано 10 землетрусів з енергетичним класом $K_p=5,7\div8,9$ і сумарною сейсмічною енергією $1,72\cdot10^9$ Дж. Вогнища землетрусів розміщуються в земній корі на глибинах 1,0—15,0 км. Як і минулого року, в районі зони Вранча було зареєстровано 19 подій з $K_p=8,4\div12,4$, сумарна сейсмічна енергія яких дорівнює $2,97\cdot10^{12}$ Дж, що вище рівня 2023 р. — $6,41\cdot10^{11}$ Дж. У Південних Карпатах спостерігали зниження активності порівняно з 2023 р. Усього тут було зареєстровано два землетруси з $K_p=8,7$ і 10,3 на глибині 5 і 7,7 км відповідно із сумарною сейсмічною енергією $2,05\cdot10^{10}$ Дж. Зниження активності спостерігали і в районі Крішана — зафіксовано лише одну подію. У 2024 р. активізувався район Банат, за рік тут було зареєстровано три землетруси ($K_p=9,4\div12,0$), сумарна сейсмічна енергія яких становила $1,02\cdot10^{12}$ Дж. У районі Бакеу зафіксовано лише два землетруси, а в районі Трансильванії не зареєстровано жодного. Відбулися ще два землетруси в регіоні, але поза межами сейсмічних районів.

Для визначення основних параметрів землетрусів Закарпаття використано регіональний Карпатський годограф, а для землетрусів зони Вранча та інших шести районів — годограф Джеффріса—Буллена.

Ключові слова: землетрус, епіцентр, вогнище, сейсмічність, сейсмічна активність, сейсмічна енергія, енергетичний клас, магнітуда, інтенсивність землетрусу, сейсмічна станція, сейсмоактивний район, Карпатський регіон, глибинний розлом.

Вступ. Карпатський регіон поділений на вісім сейсмоактивних районів і займає територію України, Польщі, Словаччини, Угорщини, Румунії і Молдови. Зведена

обробка й інтерпретація землетрусів, що фіксуються в регіоні, проводиться у Відділі сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики (ІГФ) НАН України

Citation: Pronyshyn, R.S., Kuplovskiy, B.E., Prokopyshyn, V.I., Stetskiv, O.T., Nischimenko, I.M., Keleman, I.M., Herasymenyuk, H.A., & Batiuk, A.Ya. (2025). The seismicity of the Carpathians in 2024. *Geofizychnyi Zhurnal*, 47(5), 95—105. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i5.335308>.

Publisher Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, 2025. This is an open access article under the CC BY-NC-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

(м. Львів) за даними сейсмостанцій ІГФ НАН України і міжнародної мережі спостережень. Основні параметри землетрусів Карпатського регіону було визначено з додатковим використанням даних сейсмічних служб Молдови, Румунії, Угор-

Т а б л и ц я 1. Апаратура і технічні характеристики цифрових сейсмічних станцій у 2024 р.

Номер	Назва станції (рік заснування)	H, м	Координати		Апаратура			
			φ°, N	λ°, E	Тип апаратури	Динамічний діапазон	Частотний діапазон	Чутливість, мкм/с
1	Львів LVV (1899)	320	49,820	24,031	Guralp CMG-40T	140	0,03—12	$0,8 \cdot 10^{-9}$
2	Моршин MORU (1978)	260	49,124	23,876	DAS-05 CM3	120	0,2—15	—
3	Ужгород UZH (1934)	160	48,629	22,291	DAS-05 СКД	120	0,2—15	$1,05 \cdot 10^{-9}$
4	Міжгір'я MEZ (1961)	460	48,514	23,514	DAS-05 СКД	120	0,02—15	$9,6 \cdot 10^{-10}$
5	Тросник TRSU (1987)	120	48,095	22,957	DAS-05 CM-3KB	120	0,2—15	$2,05 \cdot 10^{-10}$
6	Нижнє Селище NSLU (1987)	250	48,198	23,457	DAS-05 CM-3KB	120	0,2—15	—
7	Рахів RAK (1956)	460	48,036	24,173	DAS-05 СКД	120	0,02—15	$4,98 \cdot 10^{-10}$
8	Косів KSV (1961)	450	48,314	25,065	DAS-04 СКД	120	0,02—15	$6,64 \cdot 10^{-10}$
9	Чернівці CHRU (1907)	300	48,298	25,922	DAS-05 СКД	120	0,02—15	$1,27 \cdot 10^{-9}$
10	Городок HORU (1991)	340	49,214	26,426	DAS-05 CM-3	120	0,2—15	—
11	Королево KORU (1998)	160	48,157	23,134	DAS-05 CM-3KB	120	0,2—15	$1,05 \cdot 10^{-10}$
12	Мукачево MUKU (1999)	125	48,454	22,687	DAS-05 CM-3KB	120	0,2—15	$1,17 \cdot 10^{-10}$
13	Берегове BERU (2000)	160	48,234	22,646	DAS-05 CM-3	120	0,2—15	—
14	Брід BRIU (2000)	180	48,338	23,020	DAS-05 CM-3KB	120	0,2—15	$1,85 \cdot 10^{-10}$
15	Кам'янець- Подільський KMPU (2005)	121	48,563	26,460	DAS-05 СКД	120	0,02—15	—
16	Новодністровськ NDNU (2006)	242	48,595	27,366	DAS-05 CM-3KB	120	0,2—15	$3,04 \cdot 10^{-10}$
17	Східниця SHIU (2006)	600	49,225	23,359	DAS-05 CM-3	120	0,2—15	$6,98 \cdot 10^{-10}$
18	Старуня STNU (2007)	391	48,710	24,502	DAS-05 CM-3	120	0,2—15	—
19	Стужиця STZU (2011)	385	49,016	22,623	DAS-05 CM-3KB	120	0,2—15	$1,84 \cdot 10^{-10}$
20	Холмець HOLU (2014)	134	48,527	22,384	DAS-05 CM-3KB	120	0,2—15	—
21	Любешка LUBU (2019)	355	49,599	24,378	DAS-05 CM-3KB	120	0,03—12	$1,84 \cdot 10^{-10}$
22	Бережани BRZU (2021)	292	49,4572	24,9511	DAS-05 CM-3KB	120	0,03—12	$1,84 \cdot 10^{-10}$
23	Меджибіж MDZU (2021)	276	49,4370	27,4122	DAS-05 CM-3KB	120	0,03—12	$1,84 \cdot 10^{-10}$

щини, Словаччини і Польщі. Комплексна обробка даних здійснювалась для території, обмеженої координатами: 45°N — 21°E , 50.5°N — 21°E , 50.5°N — 25°E , 45.5°N — 25°E , 49.5°N — 30°E , 44°N — 30°E , 44°N — 25°E , 45°N — 25°E .

Система спостережень. У Карпатському регіоні в 2024 р. функціонувала сейсмологічна мережа інструментальних спостережень, до якої входять 23 стаціонарні сейсмічні станції: «Львів» (LVV — Лвв), «Ужгород» (UZH — Ужг), «Міжгір'я» (MEZ — Мжг), «Косів» (KSV — Кос), «Моршин» (MORS — Мрш), «Тросник» (TRSU — Трс), «Нижнє Селище» (NSLU — Нсл), «Городок» (HORU — Гор), «Чернівці» (CHRU — Чрн), «Берегове» (BERU — Брг), «Брид» (BRIU — Брд), «Мукачево» (MUKU — Мук), «Рахів» (RAK — Рах), «Королево» (KORU — Кор), «Кам'янець-Подільський» (KMPU — Кмп), «Новодністровськ» (NDNU — Ндн), «Східниця» (SHIU — Схд), «Старуня» (STNU — Стр), «Стужиця» (STZU — Стж), «Холмець» (HOLU — Хлм), «Любешка» (LUBU — Люб), «Бережани» (BRZU — Брж) і «Меджибіж» (MDZU — Мдж). Станцію «Бережани», яка знаходиться в 50 км на південний захід від м. Тернопіль, було відкрито у серпні 2021 р., станцію «Меджибіж», розташовану в 30 км на схід від м. Хмельницький, — у жовтні 2021 р. На всіх сейсмічних станціях інструментальні спостереження проводилися з використанням цифрової апаратури, створеної у Відділі сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики НАН України. Основні параметри апаратури, яка фіксувала події, наведено в табл. 1.

На всіх сейсмічних станціях події фіксували за трьома компонентами: N—S , E—W , Z ; обробку спостережень здійснювали згідно з інструкцією [Інструкція..., 1982]. Для отримання динамічних характеристик використовували амплітудно-частотні характеристики каналів у форматі PAZ GSE1.

Методика обробки і визначення параметрів землетрусів. При обробці та інтерпретації цифрових записів застосовують декілька частотних фільтрів, а також корекцію на амплітудно-частотну передавальну характеристику приладів. Це дає

змогу фіксувати досить слабкі землетруси. Завдяки цифровому зображенню записів їх зберігають безпосередньо в базі даних.

При обробці та інтерпретації цифрових записів для більш надійного виділення нечітких або зашумлених сейсмічних фаз застосовується лінійний фільтр Баттерворта ($0,5\text{ Гц}$ — 15 Гц). Вибір параметрів фільтра залежить від якості (співвідношення сигнал-шум) і спектральної характеристики сигналу, що досліджується.

Для розрахунку енергетичних характеристик сейсмічних подій спектр сигналу коригують на амплітудно-частотну характеристику приладу, а також зводять сигнал до одиниць руху ґрунту (мкм, мкм/с). Для цього використовують розраховані для кожного сейсмічного каналу амплітудно-частотну характеристику і чутливість на відгук (з розмірністю швидкості, мкм/с).

Для визначення основних параметрів (часу виникнення, координат і глибин розміщення вогнищ, нев'язки визначень і динамічних характеристик землетрусів Карпатського регіону) використовували додатково дані сейсмічних служб Молдови, Румунії, Словаччини, Польщі та Угорщини [The European-Mediterranean Seismological Centre, 2025; Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences, 2025; National Institute for Earth Physics, 2025; HUN-REN EPSS Kövesligethy Radó Seismological Observatory, 2025; Geophysical Institute, Seismology Division, Slovak Academy of Sciences, 2025].

При комплексній обробці землетрусів на станціях визначали енергетичні параметри зареєстрованих сейсмічних подій:

– енергетичний клас K_r за шкалою Т.Г. Раутіан [Раутіан, 1964];

– локальну магнітуду ML за Ріхтером [Ріхтер, 1961] — за максимальною амплітудою запису на вертикальній складовій $A_{z\text{ max}}$ згідно з формулою:

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

– магнітуду MSH — за амплітудою поперечної хвилі A_S на епіцентральної відстані за формулою [Інструкція ..., 1982]:

$$MSH = \lg A_S + 1,32 \lg(\Delta, \text{км}),$$

до якої для проміжних землетрусів зони Вранча з $h \geq 70$ км вноситься поправка (+0,8);
– магнітуду MD за тривалістю запису D з використанням формули Маламуда [Маламуд, 1974]:

$$MD = 2,67 \lg(D, \text{хв}) + 1,65$$

з подальшим перерахунком у клас KD (вва-

жаючи, що $KD = K_p$) за рівнянням Раутіан [Раутіан, 1960]:

$$KD = 1,8MD + 4,0.$$

Всю територію Карпатського регіону поділено на вісім сейсмоактивних районів, межі і номери яких показано на карті епіцентрів землетрусів (рис. 1).

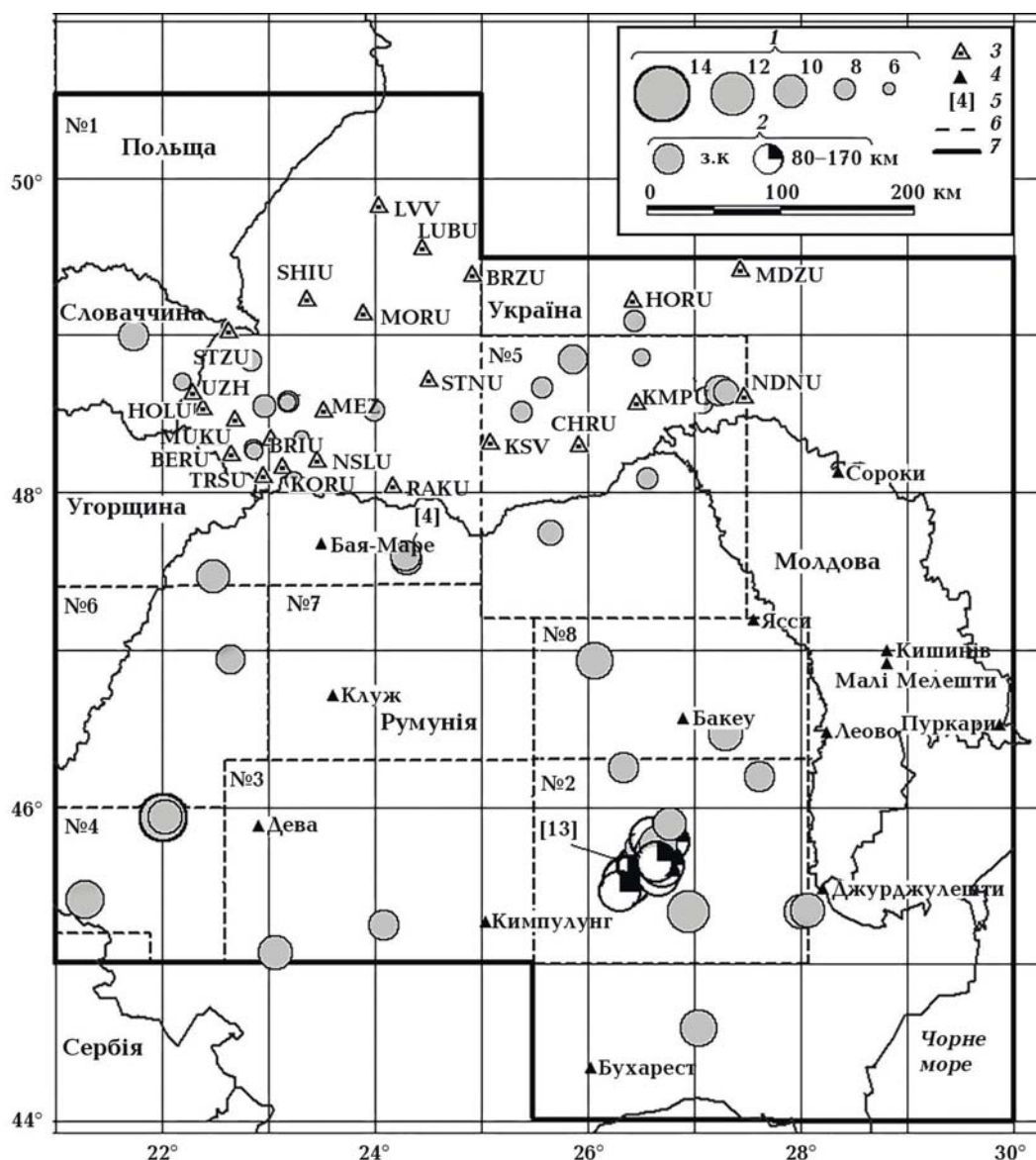


Рис. 1. Карта епіцентрів землетрусів Карпат за 2024 р.: 1 — енергетичний клас; 2 — глибина вогнища, км; 3 — сейсмічна станція; 4 — зарубіжні сейсмічні станції; 5 — кількість землетрусів з однаковими епіцентрами; 6 — межі сейсмоактивних районів (1 — Північно-Західний, 2 — Вранча, 3 — Південні Карпати, 4 — Банат, 5 — Буковина, 6 — Крішана, 7 — Трансильванія, 8 — Бакеу); 7 — межа регіону.

Fig. 1. Map of the epicenters of the Carpathian earthquakes for 2024: 1 — energy class; 2 — focal depth, km; 3 — seismic station; 4 — foreign seismic stations; 5 — number of earthquakes with the same epicenters; 6 — boundaries of seismically active areas: (1 — North-Western, 2 — Vrancea, 3 — Southern Carpathians, 4 — Banat, 5 — Bukovina, 6 — Krishana, 7 — Transylvania, 8 — Bacău); 7 — the border of the region.

Основні параметри землетрусів визначали за допомогою програми НУРО [Herrmann, 1979]. Важливими даними є: дата землетрусу; географічні координати сейсмічних станцій; час вступу (виникнення) сейсмічних хвиль P і S на цих станціях. Для розрахунку використовуються відповідні годографи, задані в табличній формі. Програма виконує розрахунок координат, визначає час виникнення землетрусу і оцінює точність результату як середнє квадратичне відхилення за координатами епіцентру і часом у вогнищі землетрусу. Для урахування особливості поширення сейсмічних хвиль у Карпатському регіоні з метою визначення основних параметрів землетрусів Північно-Західного району (№ 1) було застосовано регіональний Карпатський годограф [Кутас и др., 1999, 2004], а для подій зони Вранча (№ 2) і районів № 3—№ 8 — годограф Джеффріса—Буллена [Jeffreys, Bullen, 1940].

Усього в 2024 році сейсмічними станці-

ями Карпатського регіону України зареєстровано 55 землетрусів енергетичного класу $K_p=5,5\div 12,4$. Для всіх подій визначено основні параметри. На карті (рис. 1) зображено епіцентри землетрусів, зафіксованих у сейсмоактивних районах Карпатського регіону. Результати обробки сейсмічних подій наведено в Додатку 1 на сайті журналу (Каталог землетрусів Карпат за 2024 рік (табл. 3) і Детальні дані землетрусів Карпат за 2024 р. (табл. 4)).

Відомості про розподіл землетрусів по районах, за енергетичними класами і величиною сейсмічної енергії, що виділилася, наведено в табл. 2.

Сумарна сейсмічна енергія, що виділилась у Карпатському регіоні в 2024 р. становила $\Sigma E=4,09\cdot 10^{12}$ Дж, що дещо нижче від рівня 2023 р. — $9,06\cdot 10^{13}$ Дж [Пронишин та ін., 2024]. Найбільше сейсмічної енергії виділилося у районі Вранча (№ 2) — $2,97\cdot 10^{12}$ Дж, і в районі Банат (№ 4) — $1,02\cdot 10^{12}$ Дж. У 2024 р. сейсмічна енергія,

Т а б л и ц я 2. Розподіл землетрусів за енергетичними класами та сумарна сейсмічна енергія по районах за 2024 р.

Номер району	Район	K_p								Кількість землетрусів	ΣE , Дж
		5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Північно-Західний									16	$1,53\cdot 10^{10}$
	Прикарпаття	—	—	—	1	—	—	—	—	1	$7,94\cdot 10^8$
	Закарпаття	1	3	2	1	—	—	—	—	7	$6,07\cdot 10^7$
	Словаччина	—	1	—	—	1	—	—	—	2	$6,31\cdot 10^9$
	Мармарош	—	1	—	2	2	1	—	—	6	$8,16\cdot 10^9$
2	Вранча									19	$2,97\cdot 10^{12}$
	гори Вранча	—	—	—	3	5	5	2	1	16	$2,96\cdot 10^{12}$
	Мунтенія	—	—	—	1	1	1	—	—	3	$1,07\cdot 10^{10}$
3	Південні Карпати	—	—	—	—	1	1	—	—	2	$2,05\cdot 10^{10}$
4	Банат	—	—	—	—	1	1	—	1	3	$1,02\cdot 10^{12}$
5	Буковина									10	$1,72\cdot 10^9$
	Поділля	—	2	1	1	2	—	—	—	6	$1,25\cdot 10^9$
	Покуття	—	—	1	1	—	—	—	—	2	$7,14\cdot 10^7$
	Румунія	—	1	—	—	1	—	—	—	2	$4,01\cdot 10^8$
6	Румунія, Крішана	—	—	—	—	1	—	—	—	1	$1,58\cdot 10^9$
7	Трансільванія	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0
8	Район Бакеу	—	—	—	—	1	1	—	—	2	$2,82\cdot 10^{10}$
	Поза межами районів	—	—	1	—	—	1	—	—	2	$3,16\cdot 10^{10}$
	Усього:	1	8	5	10	16	11	2	2	55	$4,09\cdot 10^{12}$

що виділилась у районі Вранча, є на порядок вищою від рівня 2023 р. — $6,41 \cdot 10^{11}$ Дж [Пронишин та ін., 2024]. У районі Банат після певного затишшя активізувалася сейсмічна активність.

У Північно-Західному районі відбулося 16 землетрусів, що на три події менше, ніж 2023 р. Сумарна енергія, яка виділилась, становила $1,53 \cdot 10^{10}$ Дж, що на три порядки нижче від рівня минулого року ($5,02 \cdot 10^{13}$ Дж).

У 2024 р. більш активним, ніж минулого року, був район Буковини — відбулось 10 землетрусів з $K_p=5,7 \div 8,9$. Сумарна сейсмічна енергія, що виділилась у цьому районі, становила $1,72 \cdot 10^9$ Дж, тобто на порядок вище рівня 2023 р. — $1,05 \cdot 10^8$ Дж.

У районі № 6 (Крішана) в Румунії зафіксовано лише один землетрус. У районі Бакеу відбулось, як і минулого року, тільки два землетруси. У районі № 7 землетрусів не зафіксовано.

Характер проявів сейсмічних процесів у регіоні протягом року по місяцях показано у вигляді діаграм (рис. 2, 3). Найбільше землетрусів у регіоні зафіксовано в травні (11), а найменше — у грудні (1). Максимум виділеної сейсмічної енергії припав на вересень ($2,54 \cdot 10^{12}$ Дж), а мінімум — на грудень ($2,51 \cdot 10^8$ Дж).

Район № 1 (Північно-Західний). У цьому сейсмоактивному районі зареєстровано 16 землетрусів енергетичного класу $K_p=5,5 \div 9,8$ із сумарною сейсмічною енергією

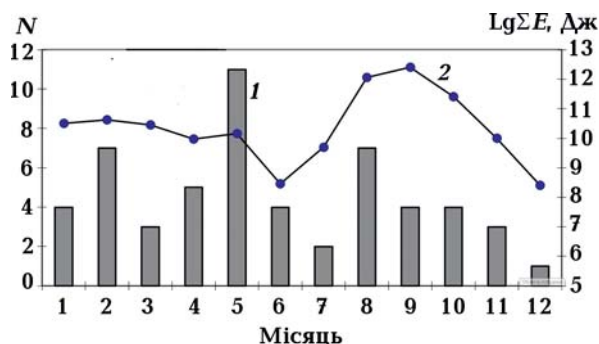


Рис. 2. Розподіл кількості землетрусів (1) і логарифма виділеної енергії (2) в регіоні по місяцях за 2024 р.

Fig. 2. Distribution of the number of earthquakes (1) and the logarithm of the released energy (2) in the region by month for the year 2024.

єю $\Sigma E=1,53 \cdot 10^{10}$ Дж. Був активний протягом року. Найбільше подій (п'ять) зафіксовано в травні. У березні, вересні, жовтні, листопаді та грудні не зафіксовано жодного землетрусу (рис. 3).

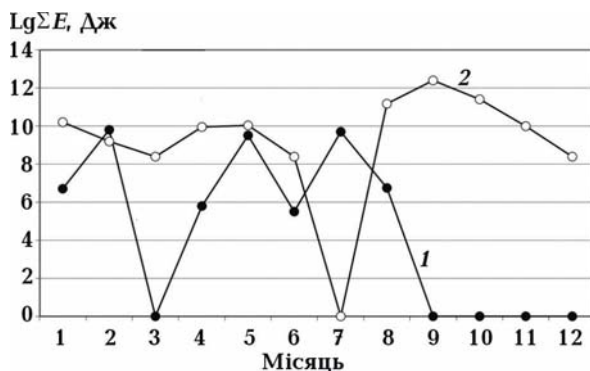


Рис. 3. Розподіл логарифма виділеної енергії по місяцях за 2024 р. в Північно-Західному районі (1) і в районі Вранча (2).

Fig. 3. Distribution of the logarithm of the released energy by month for 2024 in the North-West district (1) and in the Vrancea district (2).

Прикарпаття представлено, як і минулого року, однією подією з $K_p=8,9$, сейсмічна енергія якої становила $7,94 \cdot 10^8$ Дж. Землетрус зафіксовано 6 лютого в районі с. Осмолода Івано-Франківської області з магнітудою $MSH=1,2$ і глибиною $h=2$ км.

На Закарпатті спостерігалось відносно сейсмічне затишшя (рис. 4). Тут відбулось лише сім землетрусів енергетичного класу $K_p=5,5 \div 7,3$. Їхня сумарна сейсмічна енергія становила $6,07 \cdot 10^7$ Дж, це на три порядки нижче, ніж минулого року ($5,39 \cdot 10^{10}$ Дж) [Пронишин та ін., 2024]. Вогнища землетрусів розміщуються на глибинах 0,9—7 км.

Епіцентри землетрусів знаходяться у межах раніше виділених сейсмоактивних зон уздовж Вигорлат-Гутинської гряди (Вулканічного гірського масиву Вигорлат) і пов'язані із Закарпатським і Припаннянським глибинними розломами. Всі цього-річні землетруси цього району зафіксовано вздовж Вулканічного хребта зі сторони Закарпатської низовини. По два землетруси зареєстровано в районі с. Верхні Ремети (4 серпня з $K_p=6,2$ і $6,3$) і в районі г. Стій

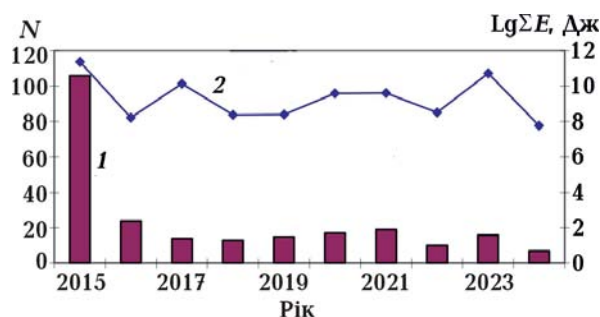


Рис. 4. Розподіл кількості землетрусів (1) і логарифма виділеної енергії (2) в Закарпатті за 2015—2024 р.

Fig. 4. Distribution of the number of earthquakes (1) and the logarithm of the released energy (2) in the Transcarpathian region in 2015—2024.

(31 липня з $K_p=7,0$ і 1 серпня з $K_p=6,3$); по одному — в районі с. Сваляви (23 червня з $K_p=7,6$), с. Люта (31 січня з $K_p=6,7$) і с. Довге (23 червня з $K_p=5,5$).

Словаччина зазнала два землетруси енергетичного класу $K_p=9,8$ і $5,8$ із сумарною енергією $6,31 \cdot 10^9$ Дж, яка на чотири порядки нижча, ніж минулого року ($5,01 \cdot 10^{13}$ Дж) [Пронишин та ін., 2024]. Перший землетрус з $K_p=9,8$, $MSH=2,6$ і глибиною вогнища $h=12,9$ км відбувся 22 лютого о 12 год 54 хв у районі с. Гировці, що знаходиться в 14 км на північний захід від м. Гуменне та на 8 км південніше землетрусу 9.10.2023 р. з $K_p=13,7$ і відчувався в епіцентрі з інтенсивністю 3 бали за шкалою MSK-64 [Медведев и др., 1964]. Другий землетрус відбувся 23 квітня о 22 год 27 хв у районі с. Комаровці, в 20 км на схід від м. Михайлівці. Його магнітуда $MSH=0,9$, енергетичний клас $K_p=5,8$, а глибина вогнища $h=3,3$ км. Землетруси зафіксовано в межах гірського масиву Вигорлат.

Цьогоріч Мармароський масив (північна частина Румунії) був сейсмічно активним. Тут зареєстровано шість подій (п'ять у травні і одну в липні) енергетичного класу $K_p=6,2 \div 9,7$ і магнітудою $MSH=0,9 \div 2,6$. Їхня сумарна сейсмічна енергія становила $8,16 \cdot 10^9$ Дж. Вогнища землетрусів зосереджені в земній корі на глибині 2,0—7,1 км. Всі землетруси зареєстровано в тектонічній зоні Мармароського кристалічного масиву.

Район № 2 (Вранча). Гірський масив Вранча — це зона давньої вулканічної діяльності, яка розміщується на ділянці стикування Південних і Східних Карпат. Землетруси зони Вранча мають свій вплив на всю територію України. Район Вранча був сейсмоактивним протягом року. Мережею сейсмічних станцій Карпатського регіону України тут було зареєстровано 19 землетрусів з $K_p=8,4 \div 12,4$, сумарна сейсмічна енергія яких становила $2,97 \cdot 10^{12}$ Дж, що на порядок вище, ніж минулого року ($6,41 \cdot 10^{11}$ Дж) [Пронишин та ін., 2024]. По три землетруси зафіксовано у травні та серпні; по два — у лютому, квітні, вересні та жовтні; по одному — у січні, березні, червні, листопаді та грудні. У липні тут не відбулося жодного землетрусу (див. рис. 3). 13 вогнищ землетрусів зосереджені на глибині 79—151 км і 6 землетрусів — у земній корі гірського масиву Вранча на глибині 4—22 км.

Гори Вранча — зареєстровано 16 землетрусів енергетичного класу $K_p=8,4 \div 12,4$. Їхня сумарна енергія становила $2,96 \times 10^{12}$ Дж. Епіцентри землетрусів зорієнтовані вздовж лінії з північного сходу на південний захід. Найбільш сильну і відчутну подію зафіксовано 16 вересня о 14 год 40 хв з енергетичним класом $K_p=12,4$ і магнітудою $MSH=4,7$ на глибині $h=133$ км. Інтенсивність в епіцентрі дорівнювала $I=5$ балів за шкалою MSK-64. Землетрус відчували мешканці територій Румунії, Молдови (міста Кишинів, Тирасполь, Хінчести), на півдні України (міста Одеса, Ізмаїл, Південне) з інтенсивністю $I=4$ бали, а також у Миколаївській області (м. Вознесенськ) з інтенсивністю $I=2$ бали. Ще одне сильне коливання земної кори зареєстровано 1 серпня о 12 год 08 хв з енергетичним класом $K_p=11,1$ і магнітудою $MSH=3,9$ на глибині $h=129$ км з інтенсивністю в епіцентрі $I=3$ бали. Його відчували мешканці Румунії та Молдови (міста Кишинів, Тирасполь) з інтенсивністю $I=2$ бали. При визначенні координат вогнищ цих землетрусів було враховано дані сейсмічних станцій Румунії, Словаччини, Угорщини, Польщі, Болгарії, Молдови.

Протягом року в цій зоні зафіксовано ще чотири доволі сильні коливання земної кори — 15 січня, 6 серпня, 8 жовтня, 24 листопада з енергетичним класом $K_p=10,0\div 11,45$ і магнітудою $MSH=3,1\div 3,6$.

Район Мунтенія (східна і південна частини Румунії між річками Дунай та Олт і Карпатами) представлений трьома землетрусами. Енергія, що виділилась, становила $1,07\cdot 10^{10}$ Дж. Одну подію зареєстровано в районі плато Бирлат 8 лютого о 4 год 26 хв з енергетичним класом $K_p=8,5$ і магнітудою $MSH=2,1$ на глибині $h=4,4$ км. Два інші корові землетруси зареєстровано в Нижньодунайській низовині (район м. Галац) 6 квітня та 29 вересня з енергетичним класом $K_p=9,9$ і $9,4$ відповідно.

Район № 3 (Південні Карпати) знаходиться між перевалом Передял і ущелиною Залізні Ворота. Передостанні роки тут фіксували по одному або по два землетруси, а в деякі роки не було жодного. Минулого року район Південних Карпат був надзвичайно сейсмоактивним. Тоді тут відбулося 29 землетрусів, їхня сумарна сейсмічна енергія становила $3,73\cdot 10^{13}$ Дж. Цьогоріч зафіксовано лише два корових землетруси (26 травня о 9 год 12 хв у районі гірського масиву Лотру з $K_p=8,7$ на глибині $h=7,7$ км; 7 вересня о 6 год 06 хв з $K_p=10,3$ на глибині $h=5,0$ км у районі г. Вилкан (у групі гір Ретезат-Годяну)). Саме цей район був активним протягом 2023 р. Сумарна сейсмічна енергія цих землетрусів становила $2,05\cdot 10^{10}$ Дж.

Район № 4 (Банат) розміщується між річками Дунаєм, Тисою і Південними Карпатами. Останні 12 років тут спостерігалось сейсмічне затишшя, а в цьому році зафіксовано три доволі сильні землетруси (13 січня, 10 серпня і 04 вересня) з енергетичним класом $K_p=9,4\div 12,0$. Їхня сумарна енергія становила $1,02\cdot 10^{12}$ Дж. Епіцентри подій знаходились у земній корі на глибині 2—5 км.

Район № 5 (Буковина) знаходиться в зоні підвищеного сейсмічного ризику, яка охоплює все Буковинське Прикарпаття, Хотинську височину, Сучавське плато та Північномолдовське плато. У 2024 р. тут

зареєстровано 10 землетрусів енергетичного класу $K_p=5,7\div 8,9$ із сумарною сейсмічною енергією $1,72\cdot 10^9$ Дж, що на порядок вище минулого року ($1,05\cdot 10^8$ Дж) [Пронишин та ін., 2024]. Вогнища землетрусів розміщуються в земній корі на глибині 1,0—15 км. Район був сейсмоактивним протягом року.

Поділля — зареєстровано шість землетрусів із сумарною енергією $1,25\cdot 10^9$ Дж. Одну подію зареєстровано в районі м. Чортків 18 лютого о 09 год 07 хв з енергетичним класом $K_p=8,9$ на глибині 4,3 км. У 2021 р. у цьому ж районі 23 вересня о 03 год 17 хв відбувся доволі сильний землетрус на глибині 5,1 км з $K_p=11,7$ та інтенсивністю в епіцентрі більш як п'ять балів, який відчувався на відстані до 250 км. Землетрус відбувся поблизу перетину Тербовлянського і Тетерівського розломів. Ще п'ять подій було зафіксовано у Хмельницькій області з енергетичним класом $K_p=5,7\div 8,6$ і магнітудою $MSH=0,7\div 2,5$. Один з цих землетрусів відбувся в районі с. Куражин 23 жовтня о 15 год 08 хв з $K_p=8,6$ на глибині 4,3 км, його відчували у с. Ломачинці на відстані 13 км від епіцентру. Мешканці села звернули увагу на коливання легких предметів, немов поряд проїхала легка вантажівка.

Покуття — цьогоріч тут зареєстровано два землетруси із сумарною енергією $7,14\cdot 10^7$ Дж. Обидві події відбулися в Івано-Франківській області. Першу з них зафіксовано в районі с. Рожневі Поля 19 квітня о 23 год 26 хв з $K_p=7,6$ на глибині 3 км, другу — в районі с. Серафінці 13 травня о 22 год 29 хв з $K_p=7,5$ на глибині 1 км.

Румунія — зареєстровано всього дві події із сумарною енергією $4,01\cdot 10^8$ Дж. Одну подію зафіксовано 26 травня о 04 год 11 хв з $KD=6,4$ на глибині 1,3 км, іншу — 16 листопада о 23 год 57 хв у районі м. Серет з $K_p=8,6$ і $MSH=2,0$ на глибині 15 км (Південна Буковина). Обидва вогнища розташовані в межах території Сучавського плато.

Район № 6 (Крішана. Румунія) займає частину території західної Румунії і частину південно-східної Угорщини. Після

минулорічної сейсмічної активності в цьому районі знову зменшилась кількість землетрусів — зафіксовано лише один землетрус 25 лютого о 6 год 13 хв з енергетичним класом $K_p=9,2$, сейсмічна енергія якого становила $1,58 \cdot 10^9$ Дж. Вогнище землетрусу, яке розміщується в земній корі на глибині $h=6,0$ км, зафіксовано в межах гірського масиву Біхор. Його зареєстрували сім сейсмічних станцій Карпатської сейсмологічної мережі.

Район № 7 (Трансільванія. Румунія) вважається слабоактивним. Як і минулого року тут не зафіксовано жодного землетрусу.

Район № 8 (Бакеу) розміщується у східній частині Румунії. Цьогоріч тут спостерігається низька сейсмічна активність. Було зареєстровано лише дві події енергетичного класу $K_p=9,5$ і $10,4$ з сумарною сейсмічною енергією $2,82 \cdot 10^{10}$ Дж, що на два порядки вище минулого року. Перший землетрус зафіксовано 10 березня о 20 год 42 хв з $K_p=9,5$ і магнітудою $MSH=2,8$ на глибині 12,5 км у межах плато Бирлад, другий — 18 березня о 6 год 36 хв з $K_p=10,4$ і $MSH=3,2$ на глибині 15,5 км поблизу гір Таркеу.

Поза зоною. У поточному році дві події зафіксовано поза зоною, тобто вони не потрапили в жодний із восьми сейсмоактивних районів, але тяжіють до Карпатського регіону. Один слабкий землетрус зареєстровано 17 січня о 22 год 45 хв з енергетичним класом $K_p=6,9$ і магнітудою $MSH=1,3$ на глибині 2,0 км у межах Подільської височини неподалік м. Городок Хмельницької області. Інший, сильніший, — 5 лютого о 21 год 50 хв з $K_p=10,5$ і магнітудою $MSH=2,3$ на глибині 16 км. Вогнище землетрусу зафіксовано в Румунії, у межах

західної частини Нижньодунайської низовини.

Висновки. Мережею сейсмічних станцій Карпатського регіону в 2024 р. зареєстровано 55 землетрусів у діапазоні енергетичного рівня $K_p=5,5 \div 12,4$. Сумарна сейсмічна енергія, яка виділилась, становила $4,08 \cdot 10^{12}$ Дж, що нижче рівня минулого року — $9,06 \cdot 10^{13}$ Дж. Цьогоріч підвищену сейсмічну активність, порівняно з попереднім роком, спостерігали на Буковині. Тут зафіксовано 10 подій з сумарною сейсмічною енергією $1,72 \cdot 10^9$ Дж. На Передкарпатті, як і минулого року, відбувся лише один землетрус з $K_p=8,9$. На Закарпатті сейсмічна активність зменшилась порівняно з минулим роком. Цьогоріч тут зафіксовано тільки сім землетрусів з $K_p=5,5 \div 7,3$. У районі Мармарош спостерігали підвищену сейсмічну активність. Тут зафіксовано шість подій з енергетичним класом $K_p=6,2 \div 9,7$. На території Словаччини зареєстровано два землетруси з $K_p=9,8$ і $5,8$, а їхня сумарна енергія на чотири порядки нижча, ніж у 2023 р. У районі Вранча, як і в 2023 р., зафіксовано 19 подій, сумарна сейсмічна енергія яких на порядок вища, ніж у 2023 р. — $2,97 \cdot 10^{12}$ Дж. У 2024 р. після кількарічного сейсмічного затишшя активізувався район Банат. Тут зареєстровано три землетруси з енергетичним класом $K_p=9,4 \div 12,0$ і сумарною енергією $1,02 \cdot 10^{12}$ Дж. Низька сейсмічна активність спостерігалась у районі Крішана, де відбувся лише один землетрус з $K_p=9,2$. У районі Трансільванії не було зареєстровано жодної сейсмічної події. Крім того, поза зонами сейсмоактивних районів, але в межах Карпатського регіону, зареєстровано два землетруси — на території Хмельницької області з $K_p=6,9$ та на півдні Румунії з $K_p=10,5$.

Список літератури

Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. Москва: Наука, 1982, 273 с.

Кутас В.В., Руденская И.М., Калитова И.А. Карпатский годограф Р- и S-волн и неоднород-

ности литосферы. *Геофиз. журн.* 1999. Т. 21. № 3. С. 45—54.

Кутас В.В., Пронишин Р.С., Руденская И.М. Использование макросейсмических данных при расчете закарпатского годографа Р- и S-волн. В сб.: *Сейсмологический бюлле-*

- ть України за 2002 год. Симферополь: ІГ НАНУ, КЭС, 2004, С. 119—126.
- Маламуд А.С. Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений. В кн.: *Магниту́да и энергетическая классификация землетрясений*. Т. II. Москва: Изд-во АН СССР, 1974, С. 180—194.
- Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. *Шкала сейсмической интенсивности MSK-64*. Москва: МГК АН СССР, 1965, 11 с.
- Пронишин Р.С., Купльовський Б.Є., Прокопишин В.І., Стецьків О.Т., Ніщіменко І.М., Келеман І.М., Герасименюк Г.А., Батюк А.Я. Сейсмічність Карпат у 2023 році. *Геофіз. журн.* 2024. Т. 46. № 5. С. 82—92. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i5.309221>.
- Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений. В сб.: *Методы детального изучения сейсмичности*. Москва: Изд-во АН СССР, 1960, С. 75—114.
- Раутиан Т.Г. Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км. В сб.: *Экспериментальная сейсмика*. Москва: Изд-во АН СССР, 1964, С. 88—93.
- Рихтер Ч. Инструментальная шкала для магнитуд землетрясений. В кн.: *Слабые землетрясения*. Москва: Иностранлит, 1961, С. 13—44.
- Herrmann, R.B. (1979). FASTHYPO — a hypocenter location program. *Earthquake Notes*, 50(2), 25—37. <https://doi.org/10.1785/gssrl.50.2.25>.
- Jeffreys, H., & Bullen, R. (1940). *Seismological Tables*. London: British Association for the Advancement of Science, Burlington House, 84 p.
- The European-Mediterranean Seismological Centre. (2025). Retrieved from https://www.emsc-csem.org/Earthquake_information/.
- Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences. (2025). Retrieved from <https://www.igf.edu.pl/en/science/departments/departments-of-seismology/plsn/>.
- National Institute for Earth Physics. (2025). Retrieved from <https://www.infp.ro/>.
- HUN-REN EPSS Kövesligethy Radó Seismological Observatory. (2025). Retrieved from <http://www.seismology.hu/index.php/en>.
- Geophysical Institute, Seismology Division, Slovak Academy of Sciences. (2025). Retrieved from <https://www.seismology.sk/>.

The seismicity of the Carpathians in 2024

**R.S. Pronyshyn, B.E. Kuplovskyi, V.I. Prokopyshyn,
O.T. Stetskiv, I.M. Nischimenko, I.M. Keleman,
H.A. Herasymenyuk, A.Ya. Batiuk, 2025**

Department of Seismicity of the Carpathian Region, S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

According to the observations at the seismic stations of the Carpathian region of Ukraine in 2024, the main parameters of 55 earthquakes in the range of energy classes $K_R=5.5\div12.4$ were obtained. The parameters of seismometric equipment at active seismic stations are given. A catalog of earthquakes, their distribution by regions and energy classes, a map of epicenters, graphs of seismic energy release, and the number of earthquakes in the region by month are presented. A brief description of the seismicity of certain seismically active areas of the Carpathian region is given. The total energy allocated to the region was $\Sigma E=4.09\cdot10^{12}$ J, which is an order of magnitude lower than last year's $\Sigma E=9.06\cdot10^{13}$ J. This year, increased seismic activity was observed in three seismically active areas. Thus, 16 earthquakes of energy class $K_R=5.5\div9.8$ were recorded in the North-Western region. Their total seismic energy was $\Sigma E=1.53\cdot10^{10}$ J. In this area, the strongest earthquake occurred on February 22 at 12^h54^m on the territory of Slovakia, near the town of Humenné, with $K_R=9.8$ at a depth of $h=12.9$ km and epicenter intensity of $I_0=3$ points. In the Vrancea region, as in the previous year, 19 events with magnitudes of 8.4—12.4 were registered, with

the total seismic energy of $\Sigma E = 2.97 \cdot 10^{12}$ J, which is higher than last year's $\Sigma E = 6.41 \cdot 10^{11}$ J. This year, there has been an increase in seismic activity in Bukovina compared to 2023. 10 earthquakes of an energy class of $K_R = 5.7 \div 8.9$ and a total seismic energy of $\Sigma E = 1.72 \cdot 10^9$ J were registered here. The earthquake foci were located in the crust at depths of $h = 1.0 \div 15.0$ km. In the Southern Carpathians, there was a decrease in activity compared to 2023. In total, 2 earthquakes with $K_R = 8.7$ and 10.3 were registered here at depths of 5 and 7.7 km with a total seismic energy of $\Sigma E = 2.05 \cdot 10^{10}$ J. A decrease in activity is also observed in the Crişan region. Only one event with $K_R = 9.2$ was registered here. This year, the Banat region has become more active. During the year, 3 earthquakes of $K_R = 9.4 \div 12.0$ were registered here, with the total seismic energy of $\Sigma E = 1.02 \cdot 10^{12}$ J. In the Bacău region in 2024, only two earthquakes with $K_R = 9.5$ and 10.4 were registered, and none were registered in the Transylvania region. Two more earthquakes were registered in the region, but outside the seismic areas. The regional Carpathian hodograph was used to determine the main parameters of earthquakes in Transcarpathia, and the Jeffreys-Bullen hodograph was used for earthquakes in the Vrancea zone and other six districts.

Key words: earthquake, epicenter, origin, seismicity, seismic activity, seismic energy, energy class, magnitude, earthquake intensity, seismic station, seismically active area, Carpathian region, deep fault.

References

- The instruction about the order of making and processing observations of the USSR.* (1982). Moscow: Nauka, 273 p. (in Russian).
- Kutas, V.V., Rudenskaya, I.M., & Kalitova, I.A. (1999). Carpathian locus of *P*- and *S*-waves and inhomogeneity of the lithosphere. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 21(3), 45—54 (in Russian).
- Kutas, V.V., Pronishin, R.S. & Rudenskaya, I.M. (2004). Thuse of macroseismic data in the calculation of the Transcarpathian locus of *P* and *S*-waves. In *Seismological Bulletin of Ukraine for 2002* (pp. 119—126). Simferopol: IG NASU, KES (in Russian). Malamud, A.S. (1974). The use of the duration of vibrations for energy classification of earthquakes. In *Magnitude and energy classification of earthquakes* (Vol. 2, pp. 180—194). Moscow: Publ. House of the USSR Academy of Sciences (in Russian).
- Medvedev, S.V., Shponhojer, V., & Karnik, V. (1965). *The scale MSK-64 seismic intensity*. Moscow: IGC AS USSR, 11 p. (in Russian).
- Pronyshyn, R.S., Kuplovskiy, B.E., Prokopyshyn, V.I., Stetskiv, O.T., Nischimenko, I.M., Keleman, I.M., Gerasymenyuk, G.A., & Batiuk, A.Ya. (2024). Seismicity of the Carpathians in 2023. *Geofizichnyi Zhurnal*, 46(5), 82—92. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i5.309221> (in Ukrainian).
- Rautian, T.G. (1960). The energy of earthquakes. In *Methods of detailed study of seismicity* (pp. 75—114). Moscow: Publ. House of the USSR Academy of Sciences, (in Russian).
- Rautian, T.G. (1964). On the determination of energy of earthquakes at distances up to 3000 km. In *Experimental seismicity* (pp. 88—93). Moscow: Publ. House of the USSR Academy of Sciences (in Russian).
- Richter, Ch. (1961). Instrumental scale for earthquake magnitudes. In *Weak earthquakes* (pp. 13—44). Moscow: Inostrlit (in Russian).
- Herrmann, R.B. (1979). FASTHYPO — a hypocenter location program. *Earthquake Notes*, 50(2), 25—37. <https://doi.org/10.1785/gssrl.50.2.25>.
- Jeffreys, H., & Bullen, R. (1940). *Seismological Tables*. London: British Association for the Advancement of Science, Burlington House, 84 p.
- The European-Mediterranean Seismological Centre. (2025). Retrieved from https://www.emsc-csem.org/Earthquake_information/.
- Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences. (2025). Retrieved from <https://www.igf.edu.pl/en/science/departments/department-of-seismology/plsn/>.
- National Institute for Earth Physics. (2025). Retrieved from <https://www.infp.ro/>.
- HUN-REN EPSS Kövesligethy Radó Seismological Observatory. (2025). Retrieved from <http://www.seismology.hu/index.php/en>.
- Geophysical Institute, Seismology Division, Slovak Academy of Sciences. (2025). Retrieved from <https://www.seismology.sk/>.