

## ANALIZA SEISMICITĂȚII ZONEI VRANCEA PENTRU ANII 2014-2023 ȘI MANIFESTAREA SA ASUPRA TERITORIULUI REPUBLICII MOLDOVA

Nilă STEPANENCO, PhD, Institute of Geology and Seismology of MSU,

ORCID: 0009-0001-2406-6325, [nila.stepanenco@gmail.com](mailto:nila.stepanenco@gmail.com)

Vladlen CARDANET, Institute of Geology and Seismology of MSU,

ORCID: 0009-0001-9151-7966, [vladlen.cardanet@gmail.com](mailto:vladlen.cardanet@gmail.com)

Cornel VELNITA, Institute of Geology and Seismology of MSU,

ORCID: 0009-0006-8100-1372, [cornel.velnita81@gmail.com](mailto:cornel.velnita81@gmail.com)

---

**Rezumat:** *Principalul pericol seismic al regiunii Carpatice este cauzat de acțiunea regulată a focarelor de adâncime intermediară din regiunea Vrancea. Articolul examinează principalele caracteristici ale seismicității zonei focale pentru perioada de zece ani 2014-2023, inclusiv 20 de cutremure de pământ din regiunea Vrancea, ale căror fluctuații au fost resimțite pe teritoriul Republicii Moldova, acordându-se o atenție specială celor mai puternice cutremure. Datele privind Republica Moldova au fost colectate pentru 7 cutremure, iar pe baza acestora au fost construite hărți izoseismice. Intensitatea cutremurelor a fost determinată pe scara MSK-64. Cel mai sever impact macroseismic se înregistrează în partea de sud-vest a țării, care, conform hărții de zonare seismică, aparține zonei de 8 grade. Analiza caracteristicilor procesului seismic din regiunea carpatică a arătat că valoarea magnitudinilor observate ale cutremurelor intermediare nu a depășit valoarea  $M=5,7$ , iar intensitatea maximă în epicentru  $I=6$ . Pe teritoriul Republicii Moldova, intensitatea nu a depășit  $I=4-5$ . În perioada 2014-2016, s-a observat o intensificare a procesului seismic. Studiul mecanismului sursei cutremurelor din regiunea Vrancea arată că această zonă este influențată de forțele de compresiune sub-orizantală și de întindere sub-verticală. Mișcările de împingere predomină în focare. Compresia este îndreptată transversal la direcția structurilor tectonice. Magnitudinea cutremurelor crustale din zona Râmnicu-Sărat a fost cea mai mare în perioada observațiilor instrumentale. Studiul impactului cutremurelor crustale și subcorticale va contribui la elaborarea hărții normative de zonare seismică a Moldovei.*

**Cuvinte-cheie:** *cutremur, macroseism, mecanism focal, hartă izoseismică, regiunea Carpatică.*

---

## ANALYSIS OF THE SEISMICITY OF THE VRANCEA AREA FOR 2014-2023 AND ITS MANIFESTATION ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF MOLDOVA

---

**Abstract:** *The main seismic hazard of the Carpathian region is due to the regular action of intermediate depth foci in the Vrancea region. The article examines the main features of the seismicity of the focal area for the ten-year period from 2014 to 2023, including 20 earthquakes in the Vrancea region, fluctuations from which were felt on the territory of the Republic of Moldova, special attention is paid to the strongest earthquakes. Data on the republic were collected for seven earthquakes, and isoseismal maps were built on their basis. The intensity of the earthquakes was determined on the scale of MSK-64. The most severe macroseismic impact is in the southwestern part of the country, which, according to the seismic zoning map, belongs to the 8-grade zone. An analysis of the features of the seismic process in the Carpathian region showed that the value of the observed magnitudes of intermediate earthquakes did not exceed the value  $M = 5.7$ , and the maximum intensity in the epicenter  $I = 6$ . In the territory of the Republic of Moldova, the intensity did not exceed  $I = 4-5$ . In 2014-2016, an intensification of the seismic process was observed. The study of the mechanism of the earthquake source in the Vrancea region shows that this zone is influenced by the forces of sub-horizontal compression and sub-vertical stretching. Thrust movements prevail in the foci. Compression is directed across the strike of tectonic structures. The magnitude of the crustal earthquakes in the Ramnicul-Sarat area was the largest during the period of instrumental observations. The study of the impact of crustal and subcortical earthquakes will contribute to the elaboration of the normative map of seismic zoning of Moldova.*

*Key words: earthquake, macroseismics, focal mechanism, isoseismal map, Carpathian region.*

**Keywords:** *earthquake, macroseismics, focal mechanism, isoseismal map, Carpathian region*

---

### INTRODUCERE

Teritoriul Republicii Moldova este parte integrantă a regiunii seismotectonice Carpatine. Particularitatea principală și de pericolozitate a seismicității regiunii carpatine o constituie seismicitatea sa sub-crustală în zona Vrancea. Epicentrele focarelor vrâncene sunt concentrate în limitele unei zone restrânse, mai mică de

un grad geografic, și sunt situate la joncțiunea formațiunilor cutate ale Carpaților Orientali și Meridionali cu curbura Precarpatică.



Fig. 1. Poziționarea geografică a zonei seismice Vrancea.

Din analiza observațiilor desfășurată pe mai mulți ani, deducem că principalul pericol seismic pentru teritoriului Republicii Moldova se datorează acțiunii regulate a focarelor de adâncime intermediară din zona Vrancea. Distanța până la granița Republicii Moldova este de 120-130 km. Distanța până la Chișinău - 210-240 km (fig. 1).

Vom lua drept repere principale, particularitățile seismicității în zona de focar, pentru perioada anilor 2014-2023, acordând o atenție deosebită celor mai puternice cutremure.

În Tabelul 1 sunt reprezentați principalii parametri a douăzeci de cutremure din regiunea Vrancea, oscilațiile cărora s-au resimțit pe teritoriul Republicii Moldova pe perioada anilor 2014-2023. Pentru Chișinău, intensitatea tremurelor este indicată în grade.

*Tab. 1. Cutremurele resimțite pe teritoriul Republicii Moldova pentru anii 2014-2023*

N	Data și anul producerii cutremurului	Coordonatele focarului			Magnitudine $M_b$	Intensitatea în Chișinău $I$
		Lat. N	Long. E	Adâncime km		
1	29.03.2014	45.63	26.44	136	4.4	3
2	10.10.2014	45.64	26.51	108	4.5	3-4
3	22.11.2014	45.86	27.15	35	5.5	4
4	24.01.2015	45.74	26.54	89	4.3	2
5	16.03.2015	45.70	26.43	121	4.3	2-3
6	29.03.2015	45.67	26.46	144	4.3	2-3
7	23.09.2016	45.77	26.56	95	5.1	4-5
8	27.12.2016	45.75	26.60	100	4.8	4
9	8.02.2017	45.51	26.25	126	4.7	3
10	14.03.2018	45.66	26.51	140	4.5	2
11	25.04.2018	45.60	26.36	151	4.5	2
12	28.10.2018	45.62	26.36	151	5.6	3-4
13	3.09.2019	45.50	26.28	117	4.5	3
14	31.01.2020	45.76	26.70	124	4.8	3-4
15	11.03.2020	45.53	26.39	120	4.3	2
16	24.04.2020	45.88	27.48	22	4.8	3
17	2.06.2020	45.62	26.55	107	4.3	2
18	26.05.2021	45.53	26.52	131	4.3	2
19	3.11.2022	45.49	26.52	149	5.1	3
20	4.12.2023	45.99	26.79	132	4.8	3-4

Tabelul 2 și Figura 2 prezintă distribuția logaritmului energiei eliberate din cutremurele simțite din regiunea Vrancea. Figura 3 prezintă distribuția numărului total de cutremure înregistrate pe an.

*Tab. 2. Distribuția logaritmică pe ani a energiei eliberate în urma cutremurelor resimțite din zona Vrancea.*

Anul	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Lg. E	13.91	12.22	13.29	12.46	14.80	12.10	12.97	13.18

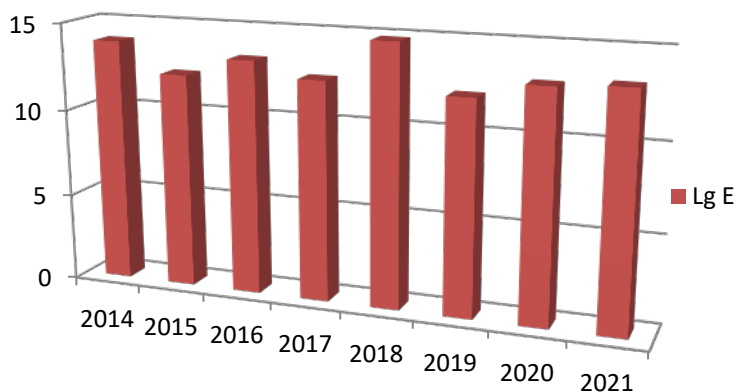


Fig. 2. Distribuția logaritmică pe ani a energiei eliberate în urma cutremurelor resimțite din zona Vrancea

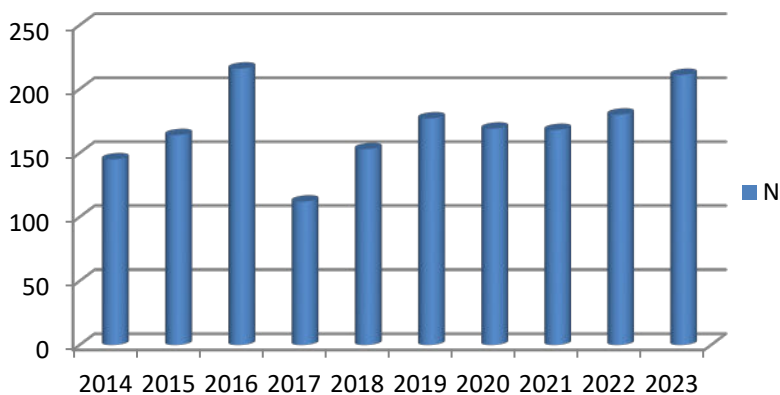


Fig. 3. Distribuția pe ani a numărului total de cutremure înregistrate [1]

Pentru șapte cutremure s-au colectat date seismice pe întreg teritoriul republicii, fiind întocmite pe baza acestora hărți macroseismice. Intensitatea cutremurelor a fost determinată în baza scării MSK-64. Celui mai puternic impact macroseismic fiind supusă partea de sud-vest a țării, care, conform hărții de zonare seismică, aparține zonei de 8

grade. Pe parcursul studiului perioadei de 10 ani, intensitatea oscilațiilor în sudul Moldovei nu a depășit 4-5 grade.

Pe figurile 4-10 sunt prezentate hărțile macroseismice ale celor mai semnificative cutremure resimțite pe teritoriul Republicii Moldova pentru anii 2014-2023. Datele au fost preluate din baza de date a Centrului Național de Monitorizare Seismică a Institutului de Geologie și Seismologie al Republicii Moldova [1]. Datele pentru România sunt preluate din Buletinul Institutului Național de Cercetare Dezvoltare pentru Fizica Pământului din București [2].

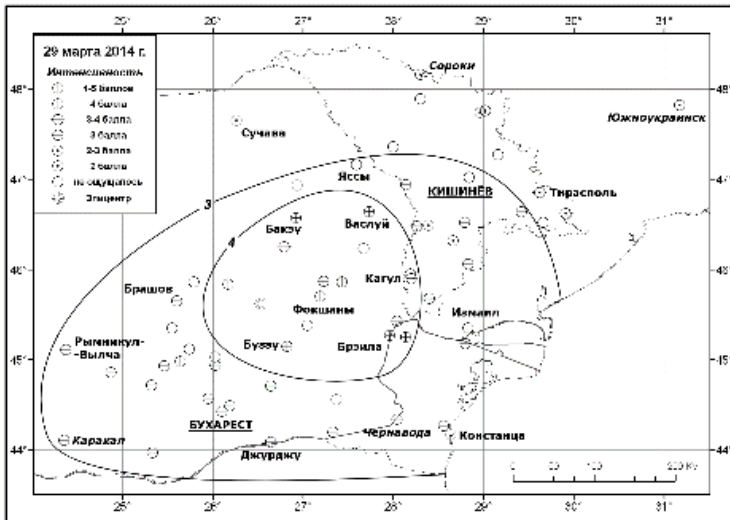


Fig. 4. Harta macroseismică a cutremurului din 29 martie 2014 [7]

Cutremurul din 29 martie cu magnitudinea de  $M_b = 4,4$  a fost resimțit în România cu o intensitate de 4 grade în orașele Buzău, Bacău, Constanța, Tecuci, Bârlad, Vaslui, Focșani. La Chișinău – a fost de 3 grade intensitate (fig. 4).

Cutremurul din 10 septembrie 2014, deși, inferior după caracteristicile sale energetice față de cele mai puternice cutremure din zona Vrancea, este semnificativ mai mare ca magnitudine decât nivelul de fon seismic (fig. 5).

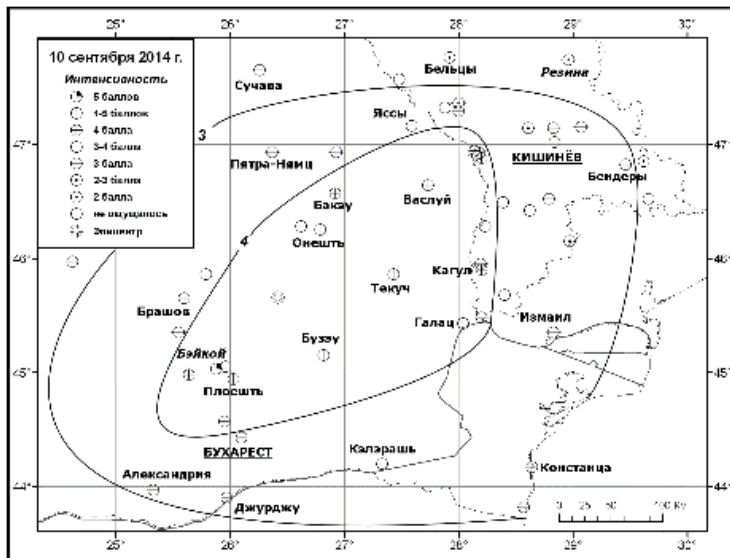


Fig. 5. Harta macroseismică a cutremurului din 10 septembrie 2014 [7]

Cel mai semnificativ eveniment crustal pe perioada de observare instrumentală a fost cutremurul din 22 noiembrie 2014 cu o magnitudine de  $M = 5,7$  și o adâncime în focar de 40 km. Rețeaua de stații seismice din România a înregistrat 75 de replici seismice (afterșocuri) în 72 de ore, cu cea mai mare magnitudine  $M = 3,1$  în intervalul de adâncime de 16-47 km. Cutremurele din această zonă au continuat până pe 19 ianuarie 2015. Cel mai mare a fost afte șocul din 7 decembrie cu  $M = 4,5$ . Focarele sunt asociate cu activizarea faliei Peceneaga-Camena, orientată în direcția sud-est - nord-vest, la contactul dintre platforma Moesică și cea Scitică.

Oscilațiile cu o intensitate de 6–2 grade au acoperit partea de sud-est a teritoriului României. Răspândirea oscilațiilor în partea de nord-vest este împiedicată de Arcul Carpatic. La București au fost oscilații de 4-5 grade intensitate. O valoare de intensitate similară a fost înregistrată în apropierea granițelor Moldovei și sud-vestul Ucrainei. Intensitatea epicentrală a ajuns la 6 grade intensitate. O izolinie de 5 grade are o

formă ovală, alungită în paralel cu falia Peceneaga-Camena; oscilațiile de 4 grade acoperă partea de sud-vest a teritoriului Moldovei și regiunea Odesa a Ucrainei. În nord-estul epicentrului, izolinia de  $I_i = 3$  grade este trasată de-a lungul arcului Odesa-Vinița-Cernăuți. În sud - de-a lungul liniei Burgas-Sliven-Plevna (fig. 6).

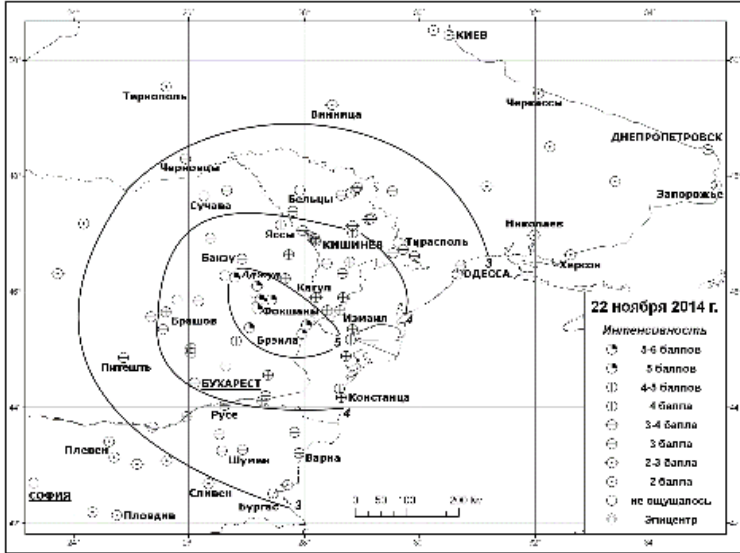


Fig. 6. Harta macroseismică a cutremurului din 22 noiembrie 2014 [7]

În anul 2015, intensitatea evenimentelor seismice vrâncene din Moldova nu a depășit trei grade.

În anul 2016, dintre cele mai puternice cutremure din ultimii 12 ani (după evenimentul din 27 octombrie 2004) din zona Vrancea cu o magnitudine de  $M_b = 5,1$  și o adâncime în focar de 95 km s-a produs pe 23 septembrie 2016.

A fost cel mai pronunțat ca manifestare în părțile de est și de sud ale României, resimțit în mod semnificativ în nordul Bulgariei, Moldovei și sud-vestul Ucrainei, dar și în Serbia și Macedonia. Ecourile cutremurului au ajuns în sud până la Istanbul, în vest la Tirana, în nord la Gomel și în estul epicentrului la Mariupol. Intensitatea maximă de 6 grade pe scara Mercalli a fost înregistrată la Buzău. La București oscilația a fost de 4



grade intensitate. Demn de remarcat este faptul că efectul macroseismic a fost îndreptat la nord-est de epicentru, de-a lungul liniei Bârlad-Iași-Chișinău.

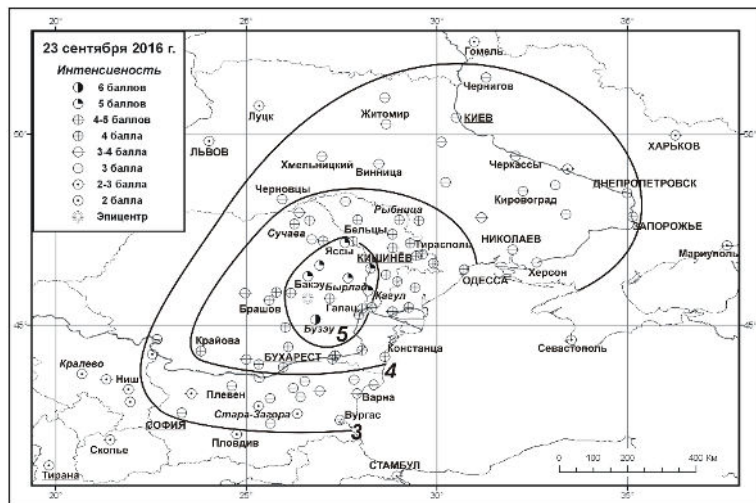


Fig. 7. Harta macroseismică a cutremurului din 23 septembrie 2016 [4]

Izolonia de  $I = 5$  grade acoperă teritoriul sud-estic al României și sud-vestul Moldovei. Linia intensității de 4 grade trece de-a lungul liniei Constanța-București-Craiova în sud. Întregul teritoriu al Moldovei și sud-vestul Ucrainei a intrat în zona de 4 grade. La vest de epicentru, așa cum este tipic pentru liniile izoseiste a cutremurelor intermediare, există o limitare a nivelului de intensitate de către arcul montan Carpat. În sud-vest pe post de limită servesc Munții Stara Planina. Se observă o slabă atenuare a intensității în direcția nord-est. Figura 7 prezintă o hartă macroseismică a evenimentului din 23 septembrie 2016.

Cutremurul din 27 decembrie 2016 cu  $M_b = 4,8$  și o adâncime în focar de 100 km a fost cel mai pronunțat ca manifestare în părțile de est și de sud ale României și sa evidențiat semnificativ și în nordul Bulgariei, Moldovei și sud-vestul Ucrainei. Sa resimțit în Serbia. În România, intensitatea maximă de 5 grade s-a înregistrat în satul Vânători (județul

Vrancea). La Focșani, Buzău, Galați, Ploiești, tremurul a ajuns la 4–5 grade. În Bulgaria, cel mai tare cutremurul sa resimțit la Silistra (4 grade).

În direcția nord-est sa observat o creștere a efectului macroseismic spre Odesa. Oscilațiile au ajuns în est la Mariupol și în nord la Kiev. În direcția sud-vest, oscilațiile au cuprins întreaga Bulgaria și cea mai mare parte a Serbiei. În nord-vest, cutremurul a fost resimțit la Ujhorod, Ucraina. În Republica Moldova, intensitatea a variat de la 4–5 grade în sud-vest, și la 3 grade în nordul țării (fig. 8).

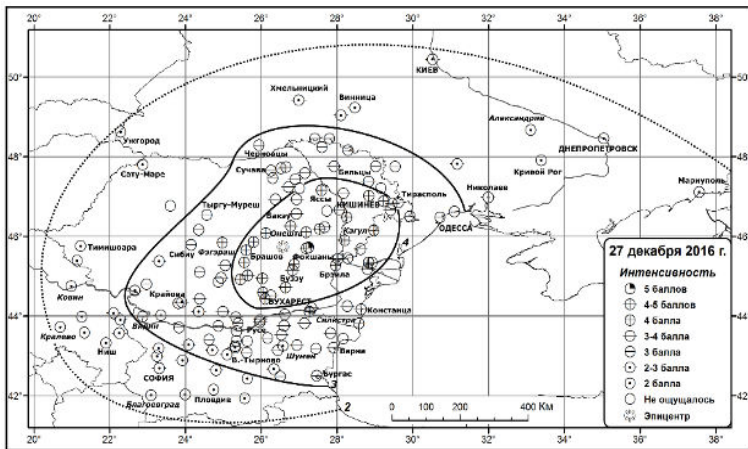


Fig. 8. Harta macrosismică a cutremurului din 27 decembrie 2016 [5]

Nivelul activității seismice în 2017 a fost de fon. Cele mai puternice evenimente seismice au fost pe 8 februarie, 19 mai și 8 august, care s-au resimțit în Moldova cu o intensitate de până la 4 grade.

Nivelul activității seismice în 2018 a fost de fon. Cele mai puternice evenimente au fost pe 14 martie și 25 aprilie și 28 octombrie, care s-au resimțit în Moldova cu o intensitate de până la 3-4 grade.

Cutremurul din 28 octombrie 2018 cu  $m_b=5,6$  și și adâncimea în focar  $h_{fp}=151$  km, s-a produs în județele de est și de sud ale României, și a fost observat și în nordul Bulgariei, Moldovei și sud-vestul Ucrainei (fig. 9). După datele Institutul Național pentru Fizica Pământului din România în epicentru intensitatea a ajuns la  $I_0=5$  grade. Cutremurul a fost resimțit

pe teritoriul României în multe orașe: Bârlad, București, Buzău, Constanța, Galați, Iași etc.

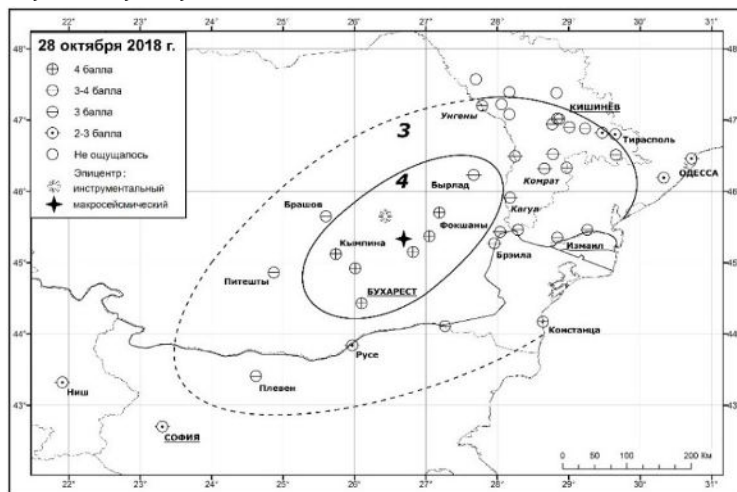
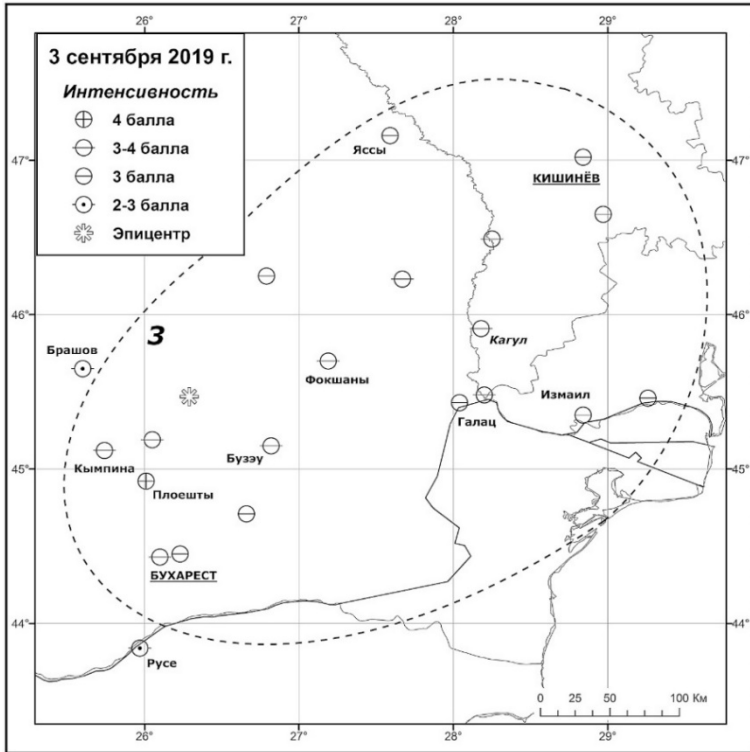


Fig. 9 Harta macroseismică a cutremurului din 28 octombrie 2018 [6]

Pe teritoriul României se evidențiază compact o zonă de 4 grade, care, însă, este asimetrică față de epicentrul instrumental. Hotarul zonei de 3 grade poate fi trasată cu încredere de-a lungul teritoriului Moldovei și a regiunii Odesa în Ucraina. Tremure au fost înregistrate în Bulgaria până la Sofia și în Serbia (or. Niș).

Cea mai puternică cutremur din 2019 înregistrat de la cutremurul din 3 septembrie cu o magnitudine de  $m_b=4,5$  și o adâncime de  $h_{pp}=117$  km, a cărui focar se limitează la marginea de sud-vest a zonei focale Vrancea. Tremurele de la el au fost înregistrate în județele de est și de sud ale României (în 13 localități), în raioanele din centru și sud ale Republicii Moldova (în Cahul de 3-4 grade pe scara MSK-64, în Chișinău a fost înregistrate 3 grade), precum și în Ucraina (or. Izmail).



*Fig. 10 Harta macroseismică a cutremurului din 3 septembrie 2019 [6]*

Pe baza evidențierilor macroseismice manifestate ale cutremurului din 3 septembrie 2019, se poate distinge convențional o zonă în 3 grade (Fig. 10). Date exacte nu există privind limita de resimțire, în particular în sud-estul României. Spre nord-est, oscilațiile au fost resimțite până la Chișinău, spre sud-vest – până la Ruse (Bulgaria).

Comparație a hărților de distribuție a intensității tremurului pentru cutremure crustale și subcrustale.

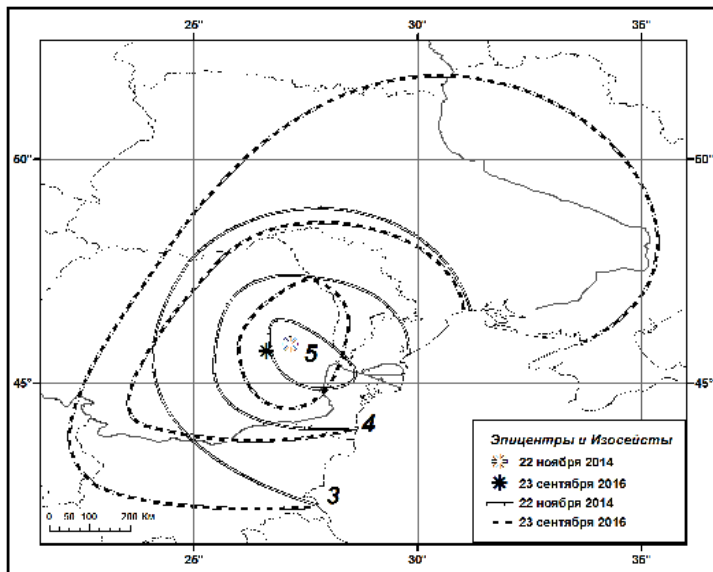


Fig. 11. Compararea hărților macroseismice a cutremurelor din 22 noiembrie 2014 și 23 septembrie 2016 [3]

Figura 11 prezintă o hartă macroseismică sumară pentru două cutremure: crustale (22.11.2014) și cu adâncimea intermediară (23.09.2016). Se poate observa din figură o diferență notabilă în zonele teritoriilor cuprinse de oscilații de intensitate slabă  $I = 3$  grade pe scara MSK-64. În cazul unui eveniment seismic crustal, hotarul de resimțire a cutremurului ajunge până la Bugul de Sud. Pentru un eveniment seismic intermediar, hotarul ajunge la granița Rusiei și Belarusului. Totodată, în sud-est de epicentru până la litoralul Mării Negre, precum și în nord-vest, liniile izoseiste practic coincid. Acest lucru se datorează atenuării rapide a intensității din cauza numeroaselor falieri a structurilor tectonice a Dobrogei și munților Carpați.

În figura 12 de se vede dependența intensității de distanța epicentrală în direcția nord-est față de epicentru (azimutul către Chișinău) pentru două tipuri de cutremure cu magnitudini focale apropiate. Localizarea la adâncime a focarelor predispune acoperirea a unei zone mari de teritoriu cu tremure.

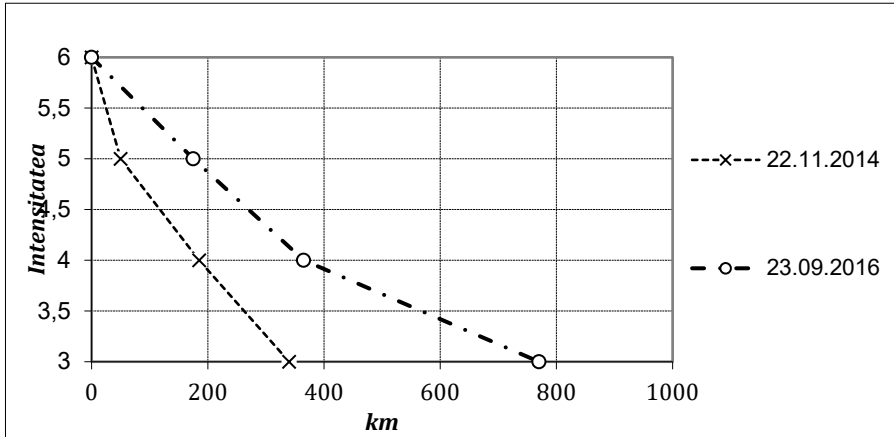


Fig. 12 Graficul descreșterii intensității în direcția Chișinăului a cutremurului din 22 noiembrie 2014 și 23 septembrie 2016 [3]

În perioada observațiilor instrumentale magnitudinea cutremurelor crustale din regiunea Râmnicul-Sărat a fost cea mai mare. Studiul caracteristicilor impactului cutremurelor crustale și sub-crustale va contribui la detalizarea hărții normative de zonare seismică a Moldovei.

## CONCLUZII

- Analiza caracteristicilor procesului seismic din regiunea Carpatină a arătat că nivelul de seismicitate din regiunea Vrancea în perioada anilor 2014-2023 a fost de fon. Mărimile observate a magnitudinilor cutremurelor intermediare nu a depășit  $M=5,7$ , iar intensitatea maximă în epicentru a fost de intensitate  $I_0=6$ . Pe teritoriul Republicii Moldova, intensitatea nu a depășit 4-5 grade după scara MSK-64. În perioada anilor 2014-2016 s-a observat activizarea procesului seismic. În perioada anilor 2017-2023 nivelul de activitate seismică nu a depășit valorile de fon.
- Studiul mecanismului focal al cutremurelor intermediare din zona Vrancea arată, că această zonă este influențată de forțele

de compresiune aproape orizontală și extensiune aproape verticală. În focare predomină mișcările tectonice de convergență. Compresiunea este direcționată perpendicular față de structurile tectonice.

- În perioada observațiilor instrumentale magnitudinea cutremurelor crustale din regiunea Râmnicul-Sărat a fost cea mai mare.
- Studiul caracteristicilor impactului cutremurelor crustale și sub-crustale va contribui la detalizarea hărții normative de zonare seismică a Moldovei.

### BIBLIOGRAFIE

[1] Baza de date a Centrului Național de Monitorizare Seismică a Republicii Moldova din cadrul IGS.

[2] Institutul Național pentru Fizica Pământului C.P. MG-2, București – Magurele, România. <http://www.infp.ro/arhiva-in-timp-real/cauta-evenimente>.

[3] КАРДАНЕЦ В.Ю. Особенности макросейсмического проявления карпатских землетрясений в зависимости от механизма и глубины очага. Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei. N2, 2016. P. 106-112.

[4] СТЕПАНЕНКО Н.Я., КАРДАНЕЦ В.Ю. Карпатское землетрясение 23 сентября 2016 года. Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei. N2, 2016. P. 97-105.

[5] СТЕПАНЕНКО Н.Я., КАРДАНЕЦ В.Ю. Карпатское землетрясение 27 декабря 2016 года. Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei. N2, 2017. P. 18-26.

[6] СТЕПАНЕНКО Н.Я., КАРДАНЕЦ В.Ю. Ощутимые в Молдове землетрясения 2018-2019 гг. (Румыния-Молдова). Землетрясения Северной Евразии. 2022. Вып. 26 – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. – С. 257-264. – DOI: 10.35540/1818-6254.2023.26.0. EDN: JMTAUS

[7] СТЕПАНЕНКО, Н.Я., СИМОНОВА, Н.А., КАРДАНЕЦ, В.Ю. Ощутимые в Молдове землетрясения 2014 г.: 29 марта с  $Kp=12.5$ ,  $Mw=4.7$ , 10 сентября с  $Kp=12.4$ ,  $Mw=4.5$ , 22 ноября с  $Kp=14.3$ ,  $Mw=5.8$  (Румыния-Молдова). Землетрясения Северной Евразии. 2020, вып. 23, с. 288-297. ISSN 1818-6254. <http://www.gsras.ru/zse/zse-23.html>