

**ОЩУТИМЫЕ в МОЛДОВЕ в 2013 г. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ: 11 августа с $K_p=11.8$,
6 октября с $K_p=14.1$, 15 октября с $K_p=12.3$ (Румыния–Молдова)**

Н.Я. Степаненко, Н.А. Симонова, В.Ю. Карданец

*Лаборатория сейсмологии Института геологии и сейсмологии АН Молдовы,
г. Кишинёв, Республика Молдова, kis-seismo@mail.ru, seismolab@rambler.ru*

Аннотация. В статье приведены инструментальные и макросейсмические данные о землетрясениях Карпатского региона в 2013 г., ощущавшихся на территории Республики Молдова. Три землетрясения с промежуточной глубиной очага произошли в зоне Вранча: 11 августа с $h=93$ км, $K_p=11.8$; 6 октября с $h=140$ км, $K_p=14.1$; 15 октября с $h=144$ км, $K_p=12.3$. Кроме того, в 2013 г. был зафиксирован рой мелких землетрясений вблизи г. Галаца (Румыния) и г. Джурджулешты (Молдова). Рой возник 23 сентября, толчки регистрировались в течение двух месяцев. Произошло более 370 сейсмических событий, из которых три имели $K_p \geq 11$ (29 и 30 сентября, 4 октября с $K_p=11.2$, 10.9, 10.6). Интенсивность сотрясений в эпицентре достигала 5 баллов. Для землетрясений 29, 30 сентября и 4 октября получены региональные решения механизма очага из каталога А.О. Мострюкова и В.А. Петрова (ГО «Борок» ИФЗ РАН).

Событие 11 августа 2013 г. с $K_p=11.8$, произошедшее на глубине 93 км на северо-восточной окраине очаговой зоны Вранча, ощущалось в эпицентре с интенсивностью $I=4$ балла. В Кишинёве слабые толчки почувствовали лишь отдельные люди ($I=2$ балла). Два самых крупных землетрясения 2013 г. произошли 6 октября в $01^{\text{h}}37^{\text{m}}$ ($K_p=14.2$, $m_b=5.3$, $I_0=6$) и 15 октября в $19^{\text{h}}33^{\text{m}}$ ($K_p=12.3$, $m_b=4.8$), в центральной части фокальной зоны Вранча. Между этими событиями отмечено еще три землетрясения с $ML=3-3.5$. Однако наиболее обширные макросейсмические проявления возникли от главного толчка – 6 октября, вызвавшего сотрясения на территории четырех государств – в Румынии, на севере Болгарии, на юго-западе Украины и в Молдове. Причина столь значительного распространения колебаний кроется в большой глубине очага, равной 140 км. Но по этой же причине интенсивность макросейсмического воздействия не превысила 5 баллов в Румынии и 4–5 баллов в Молдове и на Украине. Как результат дается карта распределения интенсивности землетрясения 6 октября, построенная на основе обработки данных в 104 населенных пунктах. Представлены различные решения механизмов очага промежуточных землетрясений 2013 года.

Последовательное проявление роя коровых землетрясений и целого ряда землетрясений промежуточной глубины подтверждает единство тектонических процессов в Карпатском регионе. Накопленные сейсмические напряжения предварительно реализовались в виде коровых толчков, затем произошла мощная разрядка в области Вранча, которая прервала серию событий, приуроченных к разломам Сфынтул-Георге и Печеняга-Камена.

Ключевые слова: параметры землетрясения, макросейсмические данные, интенсивность сотрясений, карта изосейст, механизм очага.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.38

Для цитирования: Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Карданец В.Ю. Ощутимые в Молдове в 2013 г. землетрясения: 11 августа с $K_p=11.8$, 6 октября с $K_p=14.1$, 15 октября с $K_p=12.3$ (Румыния–Молдова) // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 435–444. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.38

Землетрясения, которые проявляются макросейсмически на территории Молдовы, происходят обычно за ее пределами, в Румынии. Основную сейсмическую опасность для Молдовы представляют сильные землетрясения в районе № 2 региона «Карпаты» – области Вранча, в изгибе Карпат, с промежуточными глубинами очагов $h=81-150$ км (рис. 1, из обзора [1]). В 2013 г. было три таких землетрясения (11 августа с $h=93$ км, $K_p=11.8$; 6 октября с $h=140$ км, $K_p=14.1$; 15 октября с $h=144$ км, $K_p=12.3$) [2], ощутимых до 5 баллов [3].

Кроме того, в 2013 г. в том же районе № 2, на крайнем его юго-западе и на крайнем юге Молдовы одновременно, произошло достаточно редкое явление – рой мелких землетрясений, вблизи г. Галаца в Румынии и г. Джурджулешты в Молдове (рис. 1). Рой возник 23 сентября, толчки регистрировались в течение двух месяцев [1]. Произошло более 370 сейсмических событий, из которых три имели $K_p \geq 11$. Они произошли 29 и 30 сентября, 4 октября с $K_p=11.2$, 10.9, 10.6 соответственно [2] и в эпицентре были ощутимы до 5 баллов [3].

Эти две группы землетрясений хорошо видны на сводной карте эпицентров (рис. 1) из обзорной региональной статьи [1].

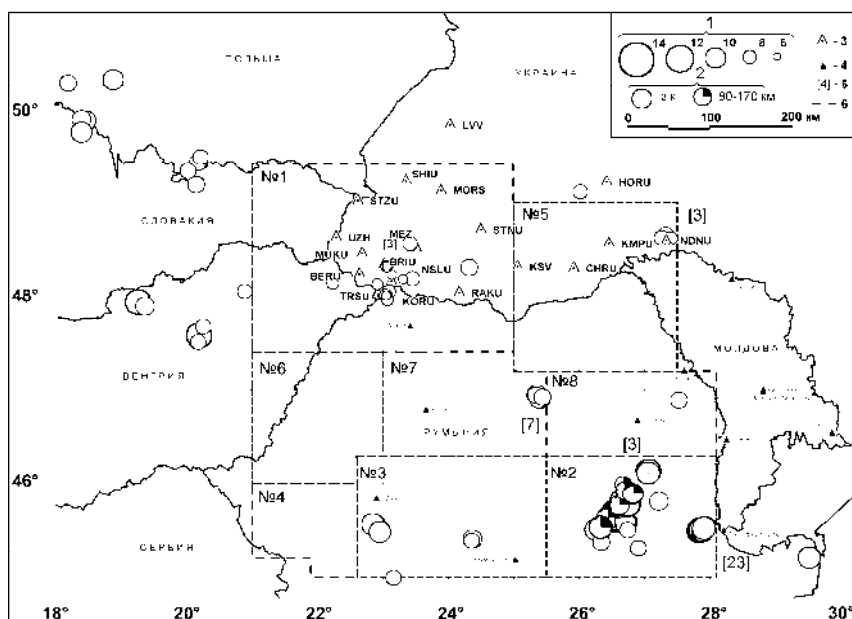


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Карпат за 2013 г. из [1]

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

Основные сведения о координатах и величине названных выше шести толчков даны в табл. 1 из регионального каталога Карпат [2].

Таблица 1. Основные параметры шести ощутимых в Молдове землетрясений с $K_p \geq 10.6$ за 2013 г. из [2]

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Гипоцентр			K_p/n	Магнитуда	
			φ°, N	λ°, E	h , км		M_d/n [2]	M_{SM}/n [4]
1	11.08	13 31 08.6	45.83	26.67	93	11.8/10	3.8/12	4.3/4
2	29.09	18 10 49.9	45.54	27.84	5	11.2/10	3.8/16	3.7
3	30.09	05 01 56.7	45.52	27.83	5	10.9/6	3.7/9	3.8
4	04.10	14 29 26.2	45.56	27.91	5	10.6/6	3.7/12	2.8
5	06.10	01 37 20.3	45.68	26.61	140	14.1/9	5.1/24	5.4/4
6	15.10	19 33 11.8	45.65	26.55	144	12.3/10	4.5/24	4.5/4

Для всех шести землетрясений в Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН получены механизмы очагов по знакам первых вступлений P -волн, каталог которых [5] был любезно предоставлен авторами А.О. Мострюковым и В.А. Петровым. В табл. 2 приведены решения механизмов очагов исследуемых землетрясений, полученные в ГО «Борок», а также различными мировыми агентствами. Диаграммы, соответствующие решениям механизмов очагов из табл. 2, рассмотрены ниже.

Таблица 2. Механизмы очагов ощутимых землетрясений Молдовы в 2013 г.

Агент- ство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	$h_{\text{мех}}$, км	M_{SM} [4]	M_w [6]	K_p [2]	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ис- точ- ник
							T		N		P		$NP1$			$NP2$			
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
ГО «Борок»	11 08	13 31 09	93	3.9		11.8	58	322	27	165	10	69	127	44	44	3	60	124	[5]
ГО «Борок»	29 09	18 10 50	14	3.9		11.2	50	257	4	352	40	85	209	6	128	351	85	86	[5]
ГО «Борок»	30 09	05 01 57	11	4.1		10.9	35	23	3	291	55	196	290	80	-92	129	10	-70	[5]
ГО «Борок»	04 10	14 29 26	10	3.7		10.6	34	301	3	33	56	126	213	79	-86	20	11	-102	[5]

Агент-ство	Дата, д м	t_0 , ч мин с	$h_{\text{мех}}$, км	MSM [4]	M_w [6]	K_p [2]	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источ-ник
							T		N		P		NP1			NP2			
							PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
GCMT	06 10	01 37 20	130	5.3	5.3	14.1	84	169	3	46	5	316	42	40	85	229	50	94	[6]
MED_RCMT			128				83	153	1	51	7	321	50	38	88	233	52	92	[7]
NEIC			127				84	123	1	226	6	316	48	39	92	225	51	88	[6]
ГО «Борок»			133				75	229	14	28	5	119	16	52	71	225	42	112	[5]
GFZ			116				84	97	5	45	4	326	61	41	97	232	49	84	[8]
ISC			133				89	39	1	227	0	137	48	45	92	226	45	88	[6]
INGV	132	83	145	1	50	7	320	50	38	89	231	52	91	[9]					
MED_RCMT	15 10	19 33 12	141	4.8	4.7	12.3	69	52	17	195	12	289	39	36	119	185	59	70	[7]
ГО «Борок»			141				56	155	10	50	32	313	232	78	100	10	16	49	[5]

Макросейсмические проявления рассмотрим отдельно для мелких и глубоких землетрясений.

Очаги мелких землетрясений в виде роя группировались между разломами Сфынтул-Георге и Печеняга-Камена (рис. 2). Область роя эпицентров, включающих названные наиболее сильные толчки, показана на тектонической карте, построенной на основе [10]. Рой возник в зоне, где ранее уже происходили подобные сейсмические события: 13 марта 1908 г. [11], 11 сентября 1980 г. [12, 13], 19 июля 1987 г. [14].



Рис. 2. Положение роя эпицентров землетрясений 2013 г. вблизи г. Галаца на тектонической карте

В 2013 г. наиболее интенсивные сотрясения отмечены в районе коммун Слобозия, Конаки, сел Извоареле, Негре и Шела [15]. В эпицентральной зоне вода в колодцах стала мутной и пахла серой. Во время толчков слышен был звук, подобный раскатам грома. Появились разломы и трещины в земной коре и стенах зданий. Жители спешно выселялись из поврежденных зданий в другие районы, опасаясь новых толчков.

Интенсивность колебаний достигла максимума в 5 баллов по шкале Меркалли [16, 17] в селе Извоареле от максимального ($K_p=11.2$) толчка роя, произошедшего 29 сентября в $18^{\text{h}}10^{\text{m}}$ с координатами 45.54°N , 24.84°E , на глубине $h=5$ км. Согласно [3], в других населенных пунктах трех государств интенсивность сотрясений была ниже, а именно: в Румынии, в пунктах Галац, Фокшаны, Брэила и Шела– 3.5–4 балла. На юго-западе Молдовы, в Джурджулештах и Кагуле, сотрясения были с $I_i=3$ балла [3] уже по шкале MSK-64 [18]. На Украине жители Измаила также почувствовали колебания интенсивностью в 2–3 балла [19].

Два других толчка, 30 сентября и 4 октября, имеющие меньшие ($K_p=10.9$ и 10.6) классы (табл. 1), ощущались в тех же пунктах с такой же или меньшей интенсивностью: первое с $I_i=3.5$ –4 балла в Галаце, Фокшанах, Брэиле, Шеле, Слобозии, Конаки; 3 балла – в Джурджулештах и Кагуле; 2–3 балла в Измаиле [2].

Для землетрясений 29, 30 сентября и 4 октября получены региональные решения механизма очага из каталога А.О. Мострюкова и В.А. Петрова ГО «Борок» ИФЗ РАН (табл. 2, рис. 3). Для построения механизмов было использовано 65, 50 и 22 знака вступления P -волн соответственно.

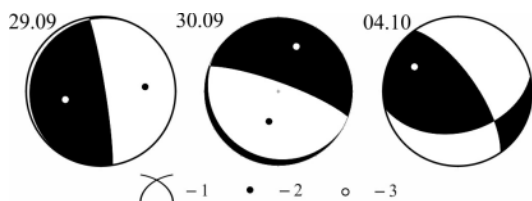


Рис. 3. Диаграммы механизмов очагов трех сильных ($K_p>10.5$) землетрясений роя района г. Галац

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

Как видим, в исследуемых трех очагах роя нет единого типа подвижки: в первом – взброс по близвертикальной плоскости близмеридионального простирания по плоскости $NP1$ и пологий

надвиг по $NP2$; во втором – сброс по близвертикальной плоскости близширотного простиранья по плоскости $NP1$ и пологий поддвиг по $NP2$; в третьем – сброс по вертикальной плоскости диагонального простиранья по плоскости $NP1$ и пологий поддвиг по $NP2$.

Среди глубоких землетрясений первым в табл. 1 является событие 11 августа 2013 г. с $K_p=11.8$, произошедшее на глубине 93 км на северо-восточной окраине очаговой зоны Вранча (рис. 1). Оно ощущалось в Румынии, в городах Бырлад, Бакэу, Васлуй, с интенсивностью $I=4$ балла. В Бухаресте и Яссах колебания были трехбалльными. В Кишинёве слабые толчки почувствовали отдельные люди, проживающие в районе железнодорожного вокзала и аэропорта с $I=2$ балла [3].

Построение механизма очага землетрясения 11 августа выполнено на сетке Вульфа в проекции на нижнюю полусферу на основе 102 знаков вступлений P -волн с использованием данных мировой сейсмической сети (рис. 4). Как видим, простиранье нодальной плоскости $NP1$ – с северо-запада на юго-восток ($STK_1=127^\circ$), вторая плоскость – близмеридиональная ($STK_1=3^\circ$). Ось сжатия близгоризонтальна. Подвижка в очаге надвиговая с ($DP=44^\circ$) – юго-западный борт разрыва надвигается на северо-восточный.

11.08

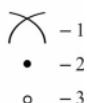
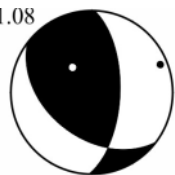


Рис. 4 Диаграмма механизма очага землетрясения 11 августа 2013 г.
1 – нодальные линии; 2, 3 – оси главных напряжений растяжения и сжатия соответственно; зачернена область волн сжатия.

После роя коровых землетрясений Предкарпатья в области Вранча произошла серия промежуточных землетрясений. Два самых крупных землетрясения 2013 г. произошли 6 октября в 01^h37^m ($K_p=14.2$, $m_b=5.3$, $I_0=6$) и 15 октября в 19^h33^m ($K_p=12.3$, $m_b=4.8$) в центральной части фокальной зоны Вранча [1, 3]. Между этими событиями отмечено еще три землетрясения с $ML=3-3.5$ [9, 15]

Однако наиболее обширные макросейсмические проявления возникли от главного толчка – 6 октября, вызвавшего сотрясения на территории четырех государств – в **Румынии**, на севере **Болгарии**, на юго-западе **Украины** и в **Молдове**. Причина столь значительного распространения колебаний кроется в большой глубине очага, равной 140 км (табл. 1). Но по этой же причине интенсивность макросейсмического воздействия не превысила 5 баллов в Румынии (табл. 3) и 4–5 баллов в Молдове (табл. 4) и в Украине (табл. 5).

Таблица 3. Сведения о макросейсмических проявлениях землетрясения 6 октября 2013 г. на территории Румынии и Болгарии

№	Пункт	Уезд/ Область	φ° , N	λ° , E	Δ , км	AZM°	№	Пункт	Уезд/ Область	φ° , N	λ° , E	Δ , км	AZM°
	5 баллов						17	Синая	Прахова	45.35	25.55	87	245
1	Роман	Нямц	46.93	26.93	141	12	18	Кымпина	Прахова	45.12	25.74	90	226
2	Миовень	Аржеш	44.95	24.93	151	238	19	Плоешть	Прахова	44.94	26.03	93	207
3	Рошиорь-де-Веде	Телеорман	44.05	26.08	186	192	20	Бакэу	Бакэу	46.57	26.91	101	15
	4 балла						21	Бырлад	Васлуй	46.23	27.67	105	55
4	Ковасна	Ковасна	45.84	26.17	34	299	22	Урзичень	Яломица	44.71	26.66	109	176
5	Фокшаны	Вранча	45.70	27.18	48	88	23	Пучоасэ	Дымбовица	45.07	25.43	112	232
6	Тыргу-Секуеск	Ковасна	46.00	26.13	48	316	24	Галац	Галац	45.44	28.05	119	103
7	Мэрэшешть	Вранча	45.87	27.23	56	67	25	Брэила	Брэила	45.27	27.96	119	113
8	Бузэу	Бузэу	45.15	26.82	63	161	26	Тырговиште	Дымбовица	44.92	25.46	121	226
9	Текуч	Галац	45.83	27.42	65	79	27	Мойнешть	Бакэу	46.78	26.80	122	9
10	Онешть	Бакэу	46.25	26.79	65	16	28	Мэчин	Тулча	45.25	28.14	129	107
11	Аджуд	Вранча	46.10	27.18	66	46	29	Буфтя	Илфов	44.57	25.95	133	201
12	Брашов	Брашов	45.65	25.60	75	267	30	Цэндэрей	Яломица	44.65	27.64	135	38
13	Мизил	Прахова	45.00	26.44	77	187	31	Волунтарь	Илфов	44.49	26.19	136	192
14	Болдешть-Скэень	Прахова	45.03	26.03	84	209	32	Пятра-Нямц	Нямц	46.93	26.37	138	354
15	Кодля	Брашов	45.70	25.46	85	271	33	Васлуй	Васлуй	46.64	27.73	139	40
16	Рышнов	Брашов	45.59	25.46	86	263	34	Слобозия	Яломица	44.57	27.38	140	152
							35	Пантелеймон	Илфов	44.45	26.23	140	191
							36	Бухарест	Бухарест	44.45	26.10	142	195
							37	Гэешть	Дымбовица	44.72	25.32	145	222
							38	Питешть	Аржеш	44.86	24.87	161	236

№	Пункт	Уезд/ Область	φ°, N	λ°, E	Δ , км	AZM°	№	Пункт	Уезд/ Область	φ°, N	λ°, E	Δ , км	AZM°
39	Топлица	Хыргита	46.93	25.35	166	326	55	Кэлэраш	Кэлэраш	44.20	27.33	176	160
40	Олтеница	Кэлэраш	44.09	26.64	178	178	56	Силистра	Силистра	44.11	27.27	184	162
41	Яссы	Яссы	47.16	27.59	181	25	57	Джурджу	Джурджу	43.90	25.97	204	193
42	Рымнику- Вылча	Вылча	45.11	24.37	182	250	58	Русе	Русе	43.84	25.96	211	193
43	Тулча	Тулча	45.17	28.81	185	107	59	Дрэгэшань	Вылча	44.67	24.27	212	230
44	Чернавода	Констанца	44.34	28.04	190	142	60	Аюд	Алба	46.31	23.72	230	288
45	Сучава	Сучава	47.65	26.26	219	354	61	Каракал	Олт	44.11	24.35	247	226
46	Слатина	Олт	44.43	24.37	221	232	62	Свиштов	Велико- Тырново	43.62	25.35	249	203
47	Констанца	Констанца	44.18	28.64	234	135	63	Турну- Мэгуреле	Телеорман	43.75	24.87	253	212
48	Крайова	Долж	44.32	23.81	264	236	64	Мангалия	Констанца	43.83	28.57	260	142
		<u>3 балла</u>											
49	Сфынту- Георге	Ковасна	45.86	25.78	63	288			<u>2 балла</u>				
50	Комэнешть	Бакэу	46.42	26.45	81	354	65	Добрич	Добрич	43.57	27.83	256	156
51	Зэрнешть	Брашов	45.57	25.34	96	262	66	Шумен	Шумен	43.27	26.94	270	123
52	Георгень	Хыргита	46.72	25.60	136	328	67	Горна- Оряховица	Велико- Тырново	43.12	25.69	293	194
53	Китила	Илфов	44.51	25.98	139	199	68	Варна	Варна	43.21	27.91	295	158
54	Тыргу- Фрумос	Яссы	47.21	27.01	172	11	69	Видин	Видин	43.99	22.87	346	238

Примечание. Здесь и в других таблицах пунктов-баллов Δ – эпицентральное расстояние от соответствующего инструментального эпицентра ($\varphi=45.68^\circ N$, $\lambda=26.61^\circ E$).

Для описания макросейсмического эффекта землетрясения 6 октября использовался материал, собранный непосредственно по Республике Молдове, а также с помощью сети Internet – в Румынии, Украине и Болгарии.

По данным румынского Института физики Земли [9], в эпицентре интенсивность сотрясений достигала 5 баллов по шкале Меркалли ММ. Землетрясение ощущалось в центральной, восточной и южной части Румынии. В трех пунктах: Роман, Рошиорь-де-Веде, Миовень – отмечены 5-балльные колебания. Во многих населенных пунктах Румынии отмечена интенсивность 4 балла: Бухарест, Бакэу, Бырлад, Брэила, Буэу, Констанца, Брашов, Яссы и др. В Болгарии землетрясение ощущалось на северо-востоке страны интенсивностью 2–3 балла (табл. 3).

В табл. 3 приведены наименования пунктов-баллов с координатами для Румынии (62 пункта) из каталога [9] и для Болгарии (7 пунктов) из каталога [20]. Указан уезд, в котором находится данный населенный пункт для Румынии, и область для пунктов Болгарии, а также эпицентральное расстояние в км и азимут в градусах [21].

В Молдове землетрясение произошло в 04^h37^m по местному времени, когда жители страны спали. На сейсмическую станцию «Кишинёв» поступило множество телефонных звонков от взволнованных жителей города. Землетрясение почувствовали многие на разных этажах зданий. Люди проснулись от сильных толчков, ощутили колебания. Слышался звон посуды, скрип мебели. В старом одноэтажном доме скрипела крыша. Качались люстры. На верхних этажах многие испугались, вышли на улицу. Беспokoились кошки. Во время землетрясения слышали гул. Сработала сигнализация машин.

Для анализа макросейсмической информации кроме телефонных сообщений на сейсмическую станцию «Кишинёв», использовались макросейсмические данные по республике, которые были получены анкетным способом от постоянных корреспондентов. Кроме того, были использованы данные из социальных сетей.

В табл. 4 представлены результаты обработки имеющейся макросейсмической информации в 25 населенных пунктах Молдовы по шкале MSK-64.

Как видно из табл. 4, максимальная интенсивность на территории Республики Молдовы составила 4–5 баллов. Колебания с $I_f=4$ балла отмечены по всей Центральной и Южной Молдове. В левобережной части страны интенсивность сотрясений достигала 3–4 баллов. В половине населенных пунктов жители слышали подземный гул.

В Одесской области интенсивность колебаний при землетрясении 6 октября достигала 2–3 баллов в Измаильском, Болградском и Килийском районах. В табл. 5 представлены результаты обработки макросейсмической информации в десяти населенных пунктах Украины.

Таблица 4. Сведения о макросейсмических проявлениях землетрясения 6 октября 2013 г. на территории Республики Молдовы

№	Пункт	Район	φ°, N	λ°, E	Δ , км	AZM°	№	Пункт	Район	φ°, N	λ°, E	Δ , км	AZM°
	<u>4–5 баллов</u>						14	Сахарна	Резинский	47.69	28.97	286	39
1	Джурджу-лешты	Кагульский	45.48	28.20	129	99		<u>3–4 балла</u>					
2	Кагул	Кагульский	45.90	28.20	129	79	15	Вадул-луй-Водэ	Кишиневский	47.09	29.08	248	50
3	Леово	Леовский	46.48	28.26	156	56	16	Бельцы	Бельцкий	47.76	27.92	252	51
4	Дезгинжа	Гагаузия	46.42	28.62	179	76	17	Старые Дубоссары	Криулянский	47.13	29.20	258	61
5	Чадыр-Лунга	Гагаузия	46.06	28.83	181	63	18	Бендеры	Приднестровье	46.82	29.46	259	24
	<u>4 балла</u>						19	Дубоссары	Приднестровье	47.27	29.16	265	48
6	Твардица	Тараклийский	46.15	28.97	197	72	20	Тирасполь	Приднестровье	46.85	29.62	267	61
7	Малье	Яловенский	46.90	28.80	218	49	21	Новая Сахарна	Резинский	47.67	28.96	286	39
8	Милешты						22	Резина	Резинский	47.74	28.96	293	38
9	Кишинёв	Кишинёвский	47.02	28.84	226	51		<u>3 балла</u>					
10	Каушаны	Каушанский	46.64	29.42	245	64	23	Калинешты	Фалештский	47.57	27.48	217	19
11	Корнешты	Унгенский	47.36	28.00	247	51	24	Сороки	Сорокский	48.16	28.30	292	38
12	Балабанешты	Криулянский	47.07	29.13	249	26	25	Рыбница	Приднестровье	47.76	29.02	296	26
13	Оргеев	Оргеевский	47.38	28.83	255	42							
	<u>4 балла</u>												
	Штефан-Водэ	Штефан-Водский	46.52	29.66	257	67							

Таблица 5. Данные о макросейсмических проявлениях землетрясения 6 октября 2013 г. на территории Украины

№	Пункт	Область	φ°, N	λ°, E	Δ , км	AZM°	№	Пункт	Область	φ°, N	λ°, E	Δ , км	AZM°
	<u>4–5 баллов</u>						6	Арциз	Одесская	45.98	29.43	224	81
1	Рени	Одесская	45.46	28.29	137	100		<u>3 балла</u>					
	<u>4 балла</u>						7	Могилев-Подольский	Винницкая	48.45	27.81	321	17
2	Болград	Одесская	45.68	28.62	160	90	8	Одесса	Одесская	46.46	30.72	331	74
3	Измаил	Одесская	45.35	28.83	180	101	9	Южноукраинск	Николаевская	47.82	31.17	423	54
	<u>3–4 балла</u>							<u>2–3 балла</u>					
4	Старая Некрасовка	Одесская	45.34	28.92	188	101	10	Николаев	Николаевская	46.98	31.99	440	69
5	Новая Сарата	Одесская	47.50	27.79	222	26							

Построенная на основе собранных макросейсмических сведений из табл. 3–5 обобщенная карта распределения интенсивности сотрясений в населенных пунктах Украины, Молдовы, Румынии и Болгарии при землетрясении 6 октября 2013 г. представлена на рис. 5.

Механизм очага землетрясения 6 октября 2013 г. определен в ГО «Борок» по знакам первых вступлений продольных сейсмических волн (табл. 2). Имеются также решения различных международных агентств: MED_RCMТ, GСMT, IGS, NEIC, GFZ, INGV (табл. 2, рис. 6), которые определили механизм по тензору момента центра. Все решения сходны между собой.

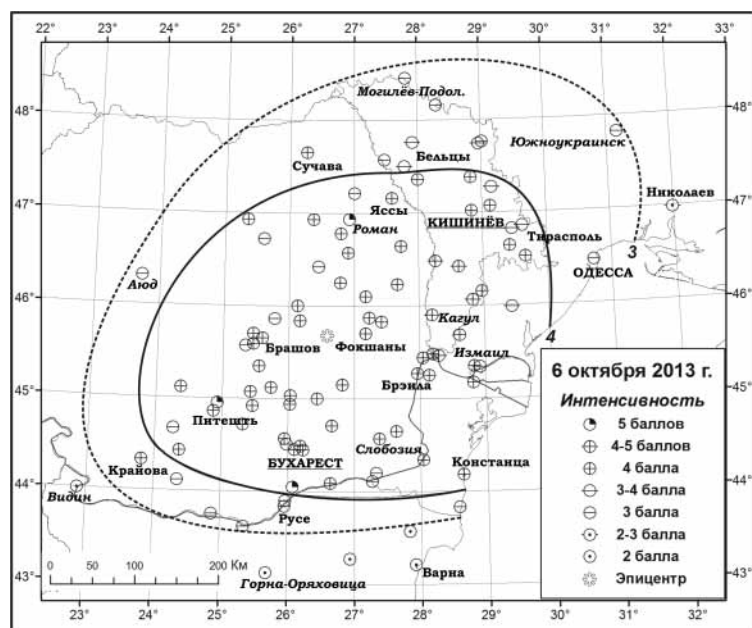


Рис. 5. Карта изосейст землетрясения 6 октября 2013 г.

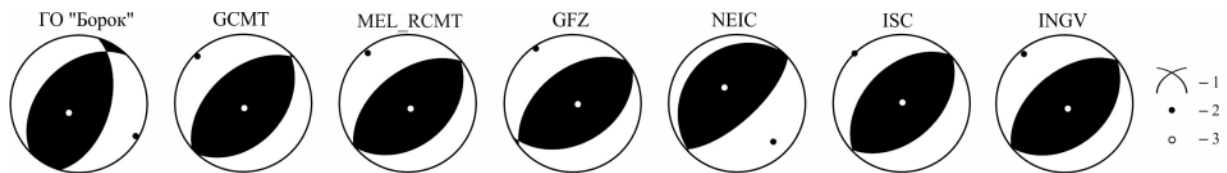


Рис. 6. Диаграммы механизма очага землетрясения 6 октября 2013 г. по данным разных агентств (расшифровка кодов агентств дана в обозначениях к настоящему ежегоднику)

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

Землетрясение произошло 6 октября под действием сил близгоризонтального сжатия и близвертикального растяжения. Горизонтальные составляющие сжимающих напряжений нормальны к Карпатской дуге в районе ее изгиба. Линия пересечения плоскости, в которой располагаются оси P и T , с земной поверхностью служит касательной к горной дуге. Тип подвижки по обеим плоскостям типа взброс, с небольшой сдвиговой компонентой. Северо-западный борт разрыва надвигается на юго-восточный. Такой характер механизма является типичным для промежуточных вранчских очагов.

Землетрясение 15 октября с координатами $\varphi=45.65$ N, $\lambda=26.55$ E и глубиной очага $h=144$ км очень близко по своим параметрам к толчку 6 октября (табл. 1). Величина энергетической ступени между ними равна $\Delta K_a=14.1-12.8=1.3$, всего лишь чуть больше одного порядка.

Землетрясение ощущалось на территории Румынии с максимальной интенсивностью $I_i=4$ балла в гг. Бырладе, Питешти, Виделе. В каталоге [22] было отмечено еще 12 пунктов, включая Бухарест, с интенсивностью колебаний $I=3$ балла (табл. 6). В Молдове в г. Кагуле было опрошено 74 человека, ощутили – 21, в состоянии покоя. Никто не просыпался. Почувствовали легкое сотрясение на первом и выше этажах, никто не испугался. Слышалось легкое дребезжание стекол (два случая), ощутили дрожание мебели (2–3 балла) [2].

Таблица 6. Данные о макросейсмических проявлениях землетрясения 15 октября 2013 г. на территории Румынии

№	Пункт	Уезд	φ°, N	λ°, E	$\Delta, км$	AZM	№	Пункт	Уезд	φ°, N	λ°, E	$\Delta, км$	AZM
4 балла							9	Китила	Илфов	44.52	25.97	132	99
1	Бырлад	Васлуй	46.23	27.67	110	53	10	Бухарест	Бухарест	44.45	26.10	136	194
2	Питешть	Аржеш	44.86	24.87	155	237	11	Слобозия	Яломица	44.57	27.38	137	150
3	Виделе	Телеорман	44.26	25.53	172	207	12	Миовень	Аржеш	44.95	24.93	146	239
3 балла							13	Рымнику-Вылча	Вылча	45.11	24.37	178	251
4	Фокшаны	Вранча	45.70	27.18	52	82	14	Яссы	Яссы	47.16	27.59	188	26
5	Бузэу	Бузэу	45.15	26.82	59	157	15	Джурджу	Джурджу	43.90	25.97	198	193
6	Плоешть	Прахова	44.94	26.03	87	206	16	Крайова	Долж	44.32	23.81	258	236
7	Брзила	Брзила	45.27	27.96	119	110	2–3 балла						
8	Галац	Галац	45.44	28.05	121	100	17	Кагул	Кагульский	45.90	28.20		

Решение механизма очага в ГО «Борок» получено на основе 114 знаков вступления P -волн при 19 несогласующихся знаках. Имеется также решение агентства MEL_RCMT в каталоге ISC по методу ТМЦ (табл. 2, рис. 7).

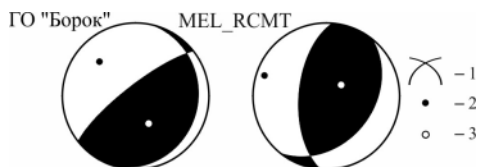


Рис. 7. Диаграммы механизма очага землетрясения 15 октября 2013 г.

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

Решения механизма очага, полученные двумя методами, хорошо согласуются между собой (рис. 7). Характер механизма землетрясения 15 октября близок к таковому для события 6 октября. Ось сжатия P отклонена от горизонтали на $12-32^\circ$, ось растяжения T на $56-69^\circ$. Крутая плоскость разрыва ($DP=78^\circ$) имеет диагональное простирание ($STK=232^\circ$). Подвижка взбросовая. Северо-западный борт разрыва надвигается на юго-восточный.

Последовательное проявление роя коровых землетрясений и целого ряда землетрясений промежуточной глубины подтверждает единство тектонических процессов в Карпатском регионе. Накопленные сейсмические напряжения предварительно реализовались в виде коровых толчков, затем произошла мощная разрядка в области Вранча, которая прервала серию событий, приуроченных к разломам Сфынтул-Георге и Печеняга-Камена.

Л и т е р а т у р а

1. **Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Чуба М.В., Келеман И.Н., Стецькив А.Т., Степаненко Н.Я., Илиеш И.И., Алексеев И.В., Симонова Н.А.** Карпаты // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 32–43. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.02
2. **Чуба М.В. (отв. сост.), Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Прокопишин В.И., Стецькив А.Т., Нищименко И.М., Добротвир Х.В., Вербицкая О.Я., Давыдык О.Д., Герасименюк Г.А., Стасюк М.И., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В. (сост.)**. Каталог землетрясений Карпат за 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
3. **Степаненко Н.Я. (отв. сост.), Лукаш Н.А., Михайлова Р.С. (сост.)**. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений в населенных пунктах Карпат в 2013 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
4. **Алексеев И.В., Симонова Н.А. (отв. сост.)**. Дополнение к каталогу карпатских землетрясений по данным Молдовы за 2013 год // Землетрясения Северной Евразии. Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – Приложение на CD_ROM.
5. **Мострюков А.О., Петров В.А.** Каталог механизмов очагов землетрясений за 2012–2015 гг. – Фонды ГО «Борок» ИФЗ РАН.
6. **International Seismological Centre**, Thatcham, Berkshire, United Kingdom, 2015 [Сайт]. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
7. **MED_RED Швейцарской сейсмологической службы** – URL: <http://seismo.ethz.ch/en/home/>
8. **GFZ German Research Centre for Geosciences (2019). Potsdam, Germany.** – URL: <http://geofon.gfz-potsdam.de>
9. **National Institute of Research and Development for Earth's Physics. (2019).** Catalog ROMPLUS actualizat – URL: <http://www.infp.ro/romplus/>
10. **Ioneco С., Radulean M.** Raport zona Galati. – URL: <http://www.infp.ro/noutati/raport-cutremure-galati-oct-2013>
11. **Костюк О.П., Москаленко Т.П. (отв. сост.), Евсеев С.В., Роман А.А., Сагалова Е.А., Шебалин Н.В.** Карпаты // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 36–54.
12. **Radu С., Oncescu M.C.** The crustal earthquake of September 11, 1980 from Braila-Galati region. // Revue roum. de geol., geoph., geogr. Geophysique, 1988. – N 32. – P. 19–27.
13. **Костюк О.П., Руденская И.М., Москаленко Т.П., Подымова И.С.** Сейсмичность Карпат в 1980 г. // Сейсм. бюлл. Зап. терр. зоны ЕССН СССР (Крым–Карпаты, 1980 г.). – Киев, Наукова думка: 1984. – С. 79–86.
14. **Polonic G., Zugrăvescu D., Negoită V.** The present-day stress field pattern in the Eastern Carpathian bend area. // Rev. Roum. Geophysique. – 2005. – N 49. – P. 3–30.
15. **Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю., Симонова Н.А.** Особенности сейсмического процесса в Карпатском регионе в 2013 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2013 год. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2014. – С. 30–35.
16. **Гир Дж., Шах Х.** Модифицированная шкала Меркалли // Зыбкая твердь. – М.: Мир, 1988. – С. 105–108.
17. **The Modified Mercalli Intensity Scale.** Earthquake Topics // USGS [Web Site]. – URL: <https://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php>
18. **Медведев С.В.** Международная шкала сейсмической интенсивности // Сейсмическое районирование СССР – М.: Наука, 1968. – С. 151–162.

19. Сейсмологический вестник «Любимого Измаила» (№34). URL: <http://izmail-forever.my1.ru/news/cejsmologicheskij-vestnik-ljubimogo-izmaila-34-v-galace-12-zemletrjasenij-za-3-dnja-mestnye-zhiteli-gotovy-pokinut-zhilishha/2013-10-04-6929>
20. The European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC-CSEM), Earthquake information, Latest data contributions.– URL: <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>
21. Сильное землетрясение в Румынии 6 октября 2013 г. – URL: <https://ru.earthquake-report.com/2013/10/06/strong-earthquake-romania-on-october-6-2013/>
22. Raport cutremur, 15 okt. 2013, zona Vrancea. – URL: <http://www.infp.ro/noutati/raport-cutremur-vrancea-15-okt-2013>

METADATA IN ENGLISH

SENSIBLE EARTHQUAKES 2013 in MOLDOVA: August 11 with $K_p=11.8$, October 6 with $K_p=14.1$, October 15 with $K_p=12.3$ (Romania–Moldova)

N.Y. Stepanenco, N.A. Simonova, V.Y. Cardanets

*Laboratory of Seismology, Institute of Geology and Seismology, Academy of Sciences of Moldova,
Chisinau, kis-seismo@mail.ru, seismolab@rambler.ru*

Abstract. The article presents instrumental and macroseismic data on earthquakes of the Carpathian region in 2013, felt on the territory of the Republic of Moldova. Three earthquakes, with an intermediate focal depth, occurred in the Vrancea zone: August 11 with $h=93$ km, $K_p=11.8$; October 6 with $h=140$ km, $K_p=14.1$; October 15 with $h=144$ km, $K_p=12.3$. Also in 2013 a swarm of small earthquakes was recorded, near Galati (Romania) and Gurgulesti (Moldova). The swarm arose September 23, its shocks were recorded for two months. More than 370 seismic events happened, of which three had $K_p \div 11$ (September 29, 30 and October 4 with $K_p=11.2, 10.9, 10.6$). The intensity of shaking reached 5. For earthquakes September 29, 30 and October 4 regional solutions for the focal mechanism from the Mostryukov and Petrov catalog (GO "Borok" IPE RAS) were received.

The event of August 11, 2013 with $K_p=11.8$, occurred at a depth of 93 km on the northeastern margin of the focal zone of Vrancea, felt at the epicenter with intensity $I=4$. In Chisinau, only some people felt weak shocks ($I=2$). The two largest earthquakes of 2013 occurred on October 6 at 01^h 37^m ($K_p=14.2, m_b=5.3, I_0=6$) and on October 15 at 19^h 33^m ($K_p=12.3, m_b=4.8$), in the central part of the focal zone Vrancea. Between these events, three more earthquakes were noted with $ML=3-3.5$. However, the most extensive macroseismic manifestations arose from the main shock – October 6, which caused shaking in the territory of four states – in Romania, in the north of Bulgaria, in the south-west of Ukraine and in Moldova. The reason for such a significant spread of tremors lies in a large focal depth of 140 km. But for the same reason, the intensity of the macroseismic impact did not exceed $I=5$ in Romania and $I=4-5$ in Moldova and Ukraine. As a result, a map of the intensity distribution of the October 6 earthquake is given, built on the basis of data processing in 104 locations. Various solutions for the focal mechanisms of intermediate earthquakes in 2013 are presented.

The consistent manifestation of a swarm of crustal earthquakes and a number of earthquakes of intermediate depth confirms the unity of tectonic processes in the Carpathian region. The accumulated seismic stresses were preliminarily realized in the form of crustal shocks, then powerful discharge occurred in the Vrancea region, which interrupted a series of events associated with Sfintul-Gheorghe and Peceneaga–Camena faults.

Keywords: earthquake parameters, macroseismic data, intensity of shaking, isoseismal map, focal mechanism.

DOI: 10.35540/1818-6254.2019.22.38

For citation: Stepanenko, N.Ia., Simonova, N.A., & Kardanets, V.Iu. (2019). Earthquake sensible in Moldova on October 6, 2013 with $K_p=14.1, M_w=5.3, I_0=6$ (Romania-Moldova). *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22 (2013), 435–444. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.38

R e f e r e n c e s

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

- 2 Chuba, M.V., Keleman, I.N., Garandzha, I.A., Pronishin, R.C., Verbitskii, Iu.T., Prokopishin, V.I., Stets'kiv, A.T., Nishchimenko, I.M., Dobrotvir, G.A., Verbitskaia, O.Ia., Davydiak, O.D., Gerasimeniuk, G.A., Stasiuk, M.I., Simonova, N.A., Burlutskaia, A.M., & Evdokimova, O.V. (2019). Catalog of the earthquakes of the Carpathians for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
3. Stepanenko, N.Ia., Lukash, N.A., Mikhailova, R.S. (2019). Macro seismic effect of sensible earthquakes in populated areas of the Carpathians in 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
- 4 Alekseev, I.V., Simonova, N.A. (2019). Addition to the catalog of the Carpathian earthquakes according to Moldova for 2013. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), Appendix on CD. (In Russ.).
5. Mostryukov, A.O., & Petrov, V.A. *Catalog of earthquake foci mechanisms for 2012–2015*. Funds of “Borok” collection of the Institute of Physics of the Russian Academy of Sciences.
6. International Seismological Centre. (2019). On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
7. Swiss Seismological Service (2019). Retrieved from <http://seismo.ethz.ch/en/home/>
8. GFZ German Research Centre for Geosciences (2019). Potsdam, Germany. Retrieved from <http://geofon.gfz-potsdam.de>
9. National Institute of Research and Development for Earth’s Physics. (2019). Catalog ROMPLUS actualizat. Retrieved from <http://www.infp.ro/romplus/>
10. Ionecso, C., Radulean, M. (2019). Raport zona Galati. Retrieved from <http://www.infp.ro/noutati/raport-cutremure-galati-oct-2013> (In Moldova).
11. Kostiuk, O.P., Moskalenko, T.P., Evseev, S.V., Roman, A.A., Sagalova, E.A., & Shebalin, N.V. (1977). [Carpathians]. In *Novyi katalog sil'nykh zemletriasenii na territorii SSSR s drevneishikh vremen do 1975 g.* [New Catalog of Strong Earthquakes in the Territory of the USSR from Ancient Times to 1975.] (pp. 36–54) Moscow: Nauka Publ. (In Russ.).
12. Radu, C., & Oncescu, M.C. (1988). The crustal earthquake of September 11, 1980 from Braila-Galati region. *Rev Roum Geol Geophys Geogr Geophysique*, 32, 19–27.
13. Kostiuk, O.P., Rudenskaia, I.M., Moskalenko, T.P., & Podymova, I.S. (1984). [Seismicity of the Carpathians in 1980]. In *Seismicheskii biulleten' Zapadnoi territorii zony ESSN SSSR (Krym-Karpaty, 1980 g.)*. [Seismic bulletin of the Western territorial zone of the Unified Service for Seismic Observation of the USSR] (pp. 79–86). Kiev: “Naukova dumka” Publ. (In Russ.).
14. Polonic, G., Zugrăvescu, D., & Negoită, V. (2005). The present-day stress field pattern in the Eastern Carpathian bend area. *Rev. Roum. Géophysique*, 49, 3–30.
15. Stepanenko, N.Ia., Cardanets, V.Iu., & Simonova, N.A. (2014). [Features of the seismic process in the Carpathian region in 2013]. In *Seismologicheskii biulleten' Ukrainy za 2013 god.* [Ukraine seismological bulletin for 2013] (pp. 30–35). Sevastopol': “EKOSI-Gidrofizika” Publ. (In Russ.)
16. Gere J., Shah H. [Mercalli modified scale]. In *Zybkaia tverd'* [Terra non firma] (pp. 105–108). Moscow. “Mir” Publ. (In Russ.).
17. The Modified Mercalli Intensity Scale. Earthquake Topics (2019). USGS. Retrieved from <https://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php>
18. Medvedev, S.V. (1968). [International seismic intensity scale]. In *Seismicheskoe raionirovanie SSSR* [Seismic zoning of the USSR] (pp. 151–162). Moscow: “Nauka” Publ. (In Russ.).
19. Seismological bulletin of the “Liubimogo Izmaila” (№ 34). (2019). Retrieved from http://izmail-forever.my1.ru/news/cejsmologicheskij_vestnik_ljubimogo_izmaila_34v_galace_12_zemletrjasenij_za_3_dnja_mestnye_zhiteli_gotovy_pokinut_zhilishha/2013-10-04-6929 (In Russ.).
20. The European-Mediterranean Seismological Centre (2019). Earthquake information. Latest data contributions Retrieved from <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>
21. The strong earthquake in Romania October 6, 2013. (2019). Retrieved from <https://ru.earthquake-report.com/2013/10/06/strong-earthquake-romania-on-october-6-2013/> (In Russ.).
22. Raport cutremur, 15 okt. 2013, zona Vrancea. (2019). Retrieved from <http://www.infp.ro/noutati/raport-cutremur-vrancea-15-okt-2013> (In Moldova).