

### III. СИЛЬНЫЕ и ОЩУТИМЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

УДК 550.348 (477.8)

#### **ОЩУТИМЫЕ в МОЛДОВЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2018–2019 гг. (РУМЫНИЯ–МОЛДОВА)**

**Н.Я. Степаненко, В.Ю. Карданец**

*Институт геологии и сейсмологии Республики Молдова, г. Кишинёв, seismolab@rambler.ru*

**Аннотация.** Все ощущавшиеся в 2018–2019 гг. на территории Молдовы землетрясения произошли за ее пределами, в области Вранча (Румыния), и имели промежуточные глубины в диапазоне  $h_{pP}=117–151$  км. В 2018 г. населением Молдовы ощущались три землетрясения: 14 марта, 25 апреля и 28 октября. В статье наиболее детально рассматривается самое сильное из них событие 28 октября. Землетрясение 14 марта с  $m_b=4.5$  и  $h_{pP}=140$  км ощущалось в восточных и южных уездах Румынии (в семи населенных пунктах), в Молдове землетрясение отмечено в Кагуле интенсивностью 3 балла и в Кишинёве – 2 балла MSK-64. Эпицентр находился в изгибе гор Вранча. Землетрясение 25 апреля с  $m_b=4.5$  и  $h_{pP}=151$  км ощущалось в восточных и южных уездах Румынии (в восьми населенных пунктах). Отмечено в центральных и южных районах Республики Молдова (два пункта). Землетрясение 28 октября 2018 г. с  $m_b=5.6$  и  $h_{pP}=151$  км сильнее всего проявилось в восточной и южной частях Румынии, но ощущалось также на севере Болгарии, в Молдове и на юго-западе Украины. В 2019 г. населением Молдовы ощущалось землетрясение 3 сентября с  $m_b=4.5$  и  $h_{pP}=117$  км. Оно отмечено в восточных и южных уездах Румынии (в шести населенных пунктах), а также в центральных и южных районах Республики Молдова: в Кагуле 3–4 балла, в Кишинёве 3 балла. Приведенные в статье механизмы очагов указывают на то, что все рассмотренные землетрясения произошли под действием преобладающего близгоризонтального сжатия и промежуточного растяжения.

**Ключевые слова:** интенсивность землетрясения, макросейсмические данные, механизм очага, регион Вранча.

**Для цитирования:** Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Ощутимые в Молдове землетрясения 2018–2019 гг. (Румыния–Молдова) // Землетрясения Северной Евразии. – 2023. – Вып. 26 (2018–2019 гг.). – С. 264–272. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.23> EDN: JXVМAM

**Введение.** В 2018–2019 гг. все ощущавшиеся населением Республики Молдова землетрясения произошли за ее пределами, в области Вранча (Румыния). Их эпицентры приурочены к области «промежуточных» землетрясений с глубинами более 70 км. Глубины залегания очагов рассматриваемых в статье ощутимых землетрясений варьируют от 117 до 151 км. Сведения об их ощутимости в Молдове и соседних странах описаны как в данной статье, так и в специальных Приложениях [Прил. 3, 4, 6, 7].

**Землетрясение 14 марта 2018 г.** с  $m_b=4.5$  и  $h_{pP}=140$  км проявилось в восточных и южных уездах Румынии и в Республике Молдова. С интенсивностью 3 балла ощущалось в Кагуле и Леово, в Кишинёве – 2 балла MSK-64 [Прил. 7].

**Основные параметры** землетрясения 14 марта по инструментальным данным разных сейсмологических центров приведены в табл. 1.

**Таблица 1.** Основные параметры землетрясения 14 марта 2018 г. с  $K_p=11.2$ ,  $m_b=4.5$ ,  $h_{pP}=140$  км по данным различных агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр					Магнитуда/ число станций	Источ- ник
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	$\delta(\varphi, \lambda)$ , км	$h$ , км	$\delta h$ , км		
КОМСП (=SIGU)	10 24 48.70	–	45.71	26.57	0.5	143	0.6	$K_p=11.2/11$ , $Md=4.2/17$	[Прил. 3]
MOLD	10 24 49.4	–	45.67	26.58	–	137	–	$ML=4.6$	[Прил. 4]
MOS	10 24 48	0.87	45.71	26.56	–	140	–	$m_b=4.5/18$	[1]
ISC	10 24 49.32	0.38	45.66	26.51	–	140	3.5	$m_b=4.5/60$	[1]
MED RCMT	10 24 48	0.20	45.74	26.69	–	132	3.4	$M_w=4.5/26$	[1]

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр					Магнитуда/ число станций	Источ- ник
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$\delta(\varphi, \lambda), км$	$h, км$	$\delta h, км$		
BUC	10 24 49.43	0.19	45.68	26.59	–	137	1.7	$ML=4.6/81$	[1]
NEIC	10 24 49.41	1.59	45.69	26.59	–	142	–	$m_b=4.5/50$	[1]

Примечание. Код SIGU, присвоенный Институту геофизики им. Субботина НАН Украины в ISC, соответствует региональному коду КОМСП (Карпатская опытно-методическая сейсмологическая партия отдела сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины); MOLD – Центр мониторинга землетрясений Института геологии и сейсмологии, Кишинёв, Республика Молдова. MOS – Геофизическая служба Российской академии наук, г. Обнинск, Россия; ISC – International Seismological Centre. Thatsham, Bercshire, United Kingdom. BUC – National Institute for Earth Physics, Bucharest-Magurele, Romania. NEIC, USGS – National Earthquake Information Center, Geological Survey, Denver, USA. MED\_RCMT MedNet Regional Centroid – Moment Tensors, Roma, Italy.

Видно, что представленные в таблице координаты эпицентра землетрясения совпадают по широте и долготе в пределах  $0.2^\circ$ . Глубина очага варьирует в интервале 120–143 км, среднее значение глубины составляет 136 км. Идентичны оценки магнитуды  $m_b=4.5$  по данным MOS, ISC и NEIC, которая совпадает с моментной магнитудой  $M_w=4.5$  по MED RCMT.

**Механизм очага** землетрясения 14 марта определен рядом сейсмологических агентств (табл. 2, рис 1). Региональное решение (MOLD в табл. 2) получено методом первых вступлений  $P$ -волн по 124 знакам, из них 59 знаков сжатия и 65 – разрежения [Прил. 6]. Не согласующихся с данным решением знаков – 17. Нодальная плоскость ориентирована на юго-восток ( $STK=140^\circ$ ) или субширотно ( $STK=272^\circ$ ), тип движения по обеим возможным плоскостям – взброс с компонентами сдвига. Второй вариант решения механизма очага (MP) получен А.О. Мострюковым и В.А. Петровым в Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН [2] с использованием данных мировой сейсмической сети [1] и любезно предоставлен авторам статьи. Построение выполнено на сетке Вульфа в проекции на нижнюю полусферу на основе 158 знаков вступлений  $P$ -волн, из них не согласующихся – 48. Кроме того, в табл. 2 и на рис 1 приведены решения по методу тензора сейсмического момента (далее – ТСМ) по данным агентств MED RCMT [3], GFZ [4] и BUC [5]. Полученные решения хорошо согласуются между собой.

Таблица 2. Параметры механизма очага землетрясения 14 марта 2018 г. с  $m_b=4.5$

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источ- ник
	$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$			
	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$	
MOLD	62	114	27	296	2	207	140	52	126	272	50	54	[Прил. 6]
MP	62	98	25	304	11	209	140	60	119	271	41	49	[2]
MED RCMT	53	138	20	276	16	12	130	34	129	266	64	67	[3]
GFZ	55	133	30	276	17	17	143	38	144	263	69	58	[4]
BUC	60	140			10	14	136	33	135	266	67	65	[5]

Примечание. GFZ – Helmgoltz Centre Potsdam, German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany.

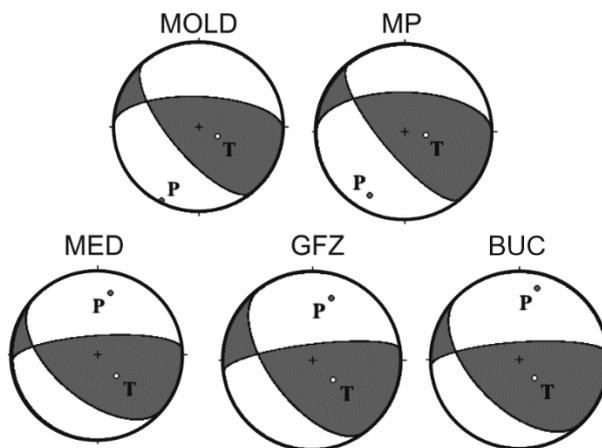


Рис. 1. Диаграммы механизма очага землетрясения 14 марта 2018 г. в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

**Землетрясение 25 апреля 2018 г.** с  $m_b=4.5$ ,  $h_{pP}=151$  км проявилось в восточных и южных уездах Румынии и в Республике Молдова. С интенсивностью 3 балла ощущалось в Кагуле, в Кишинёве – 2 балла MSK-64.

**Основные параметры** землетрясения 25 апреля по инструментальным данным разных сейсмологических центров приведены в табл. 3.

**Таблица 3.** Основные параметры землетрясения 25 апреля 2018 г. с  $K_p=12$ ,  $m_b=4.5$ ,  $h_{pP}=151$  км по данным различных агентств

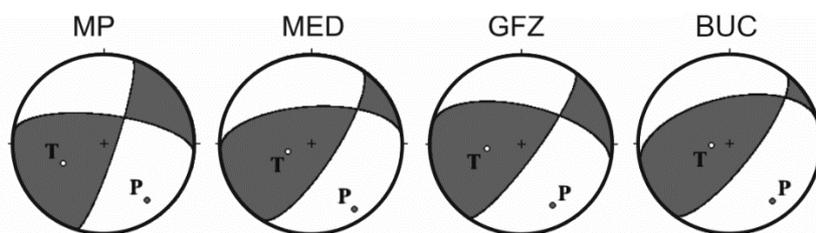
Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр					Магнитуда / число станций	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	$\delta(\varphi, \lambda)$ , км	$h$ , км	$\delta h$ , км		
КОМСП (=SIGU)	17 15 48.00	–	45.63	26.44	0.7	154	–	$K_p=12.0/17$ , $Md=4.4/24$	[Прил. 3]
MOLD	17 15 48.9	–	45.60	26.43	–	148	–	$ML=4.5$	[Прил. 4]
MOS	17 15 47.70	0.99	45.66	26.41	–	154	–	$m_b=4.6/20$	[1]
ISC	17 15 48.55	0.37	45.60	26.36	–	151	3.42	$m_b=4.5/68$	[1]
MED RCMT	17 15 48.00	0.30	45.64	26.58	–	150	3.4	$Mw=4.5/24$	[1]
BUC	17 15 48.98	0.16	45.61	26.43	–	148	1.4	$Mwr=4.7/18$	[1]
NEIC	17 15 48.57	2.12	45.63	26.34	–	149	5.7	$m_b=4.6/39$	[1]

Видно, что представленные в таблице координаты эпицентра землетрясения совпадают по широте и долготе в пределах  $0.2^\circ$ . Глубина очага варьирует в интервале 148–154 км, среднее значение глубины составляет 151 км. Значения магнитуды  $m_b=4.5$ –4.6 по данным MOS, ISC и NEIC.

**Механизм очага** землетрясения 25 апреля определен рядом сейсмологических агентств (табл. 4, рис. 2). Вариант решения механизма очага (MP) получен в Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН [2] на основе 160 знаков вступлений  $P$ -волн, из них не согласующихся – 46. Кроме того, в табл. 4 и на рис. 2 приведены решения по данным агентств ISC [1] и MED RCMT [3], а также GFZ [4] и BUC [5]. Нодальная плоскость ориентирована близширотно ( $STK=256$  – 283) или на северо-восток ( $STK=18$  – 38), тип подвижки – взбросо-сдвиг. Отметим, что механизмы очагов землетрясений 14 марта и 25 апреля 2018 г. подобны.

**Таблица 4.** Параметры механизма очага землетрясения 25 апреля 2018 г.

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ис-точ-ник
	$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$			
	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$	
MP	37	244	50	36	14	143	277	54	161	18	75	38	[2]
MED RCMT	60	251	29	52	8	147	266	45	134	33	60	56	[3]
GFZ	49	263	36	51	16	153	283	43	150	36	70	51	[4]
BUC	68	266	–	–	13	143	256	36	122	38	60	69	[5]



**Рис. 2.** Диаграммы механизма очага землетрясения 25 апреля 2018 г. в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

**Землетрясение 28 октября 2018 г.** с  $m_b=5.6$  и  $h_{pP}=151$  км проявилось в восточных и южных уездах Румынии, а также отмечалось на севере Болгарии, в Молдове и на юго-западе Украины [Прил. 7].

**Основные параметры** землетрясения 28 октября по инструментальным данным разных сейсмологических центров приведены в табл. 5.

**Таблица 5.** Основные параметры землетрясения 28 октября 2018 г. с  $K_p=13.6$ ,  $m_b=5.6$ ,  $h_{rp}=151$  км по данным различных агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр					Магнитуда/ число станций	Источник
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$\delta(\varphi, \lambda), км$	$h, км$	$\delta h, км$		
КОМСП (=SIGU)	00 38 10.40	–	45.65	26.43	0.6	158	–	$K_p=13.6$ , $Md=5.0/25$	[Прил. 3]
MOLD	00 38 10.8	0.17	45.60	26.40	–	150	–	$ML=5.8$	[Прил. 4]
MOS	00 38 10.20	0.87	45.65	26.36	–	153	–	$m_b=5.5/66$ , $M_s=4.5/5$	[1]
ISC	00 38 11.07	0.19	45.62	26.36	–	151	1.5	$m_b=5.6/267$	[1]
MED RCMT	00 38 10.00	0.10	45.63	26.45	–	151	1.0	$M_w=5.5/73$	[1]
BUC	00 38 11.39	0.18	45.61	26.41	–	148	1.6	$ML=5.8/67$	[1]
SOF	00 38 10.90	0.45	45.60	26.30	–	150	4.0	$Md=5.6/13$	[1]
NEIC	00 38 11.50	–	45.65	26.36	–	140	–	$m_b=5.5/213$	[1]
GCMТ	00 38 11.60	0.10	45.59	26.45	–	149	0.7	$M_w=5.6/162$	[1]
GFZ	00 38 11.45	–	45.70	26.33	–	135	–	$M_w=5.5$	[4]

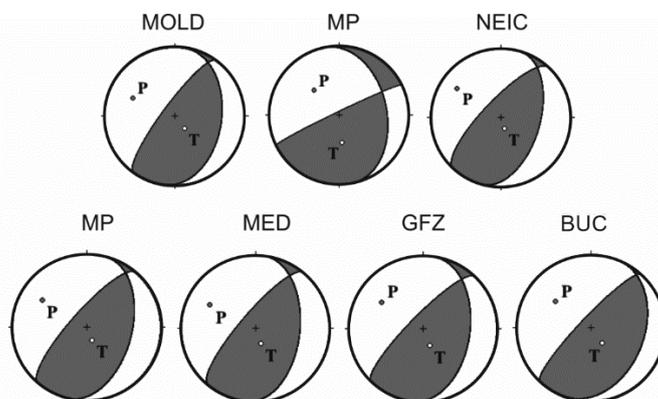
Примечание. GCMТ – The Global CMT Project, Lamont Donetty Earth Observatory, Columbia University, USA; SOF – National Institute of Geophysics, Geology and Geography, Bulgaria.

Согласно таблице, координаты эпицентра землетрясения, определенные разными агентствами, совпадают по широте и долоте в пределах  $0.2^\circ$ . Глубина очага варьирует в интервале 135–158 км, среднее значение глубины составляет 148 км. Рассмотрим величину землетрясения. Значение магнитуды  $m_b$  колеблется в пределах  $m_b=5.5–5.6$  по данным MOS, ISC и NEIC, так же, как моментной магнитуды –  $M_w=5.5–5.6$  по MED RCMT, GCMТ. Оценка локальной магнитуды в каталоге Молдовы ( $ml=5.8$ ) превышает эти значения.

**Механизм очага** землетрясения 28 октября определен рядом сейсмологических агентств (табл. 6, рис 3). Региональное решение (MOLD в табл. 6) получено по 147 знакам первых вступлений  $P$ -волн, из них 54 – сжатия и 93 – разрежения [Прил. 6]. Не согласующихся с данным решением знаков – 13. Нодальная плоскость ориентирована либо на юго-запад ( $STK=216^\circ$ ), либо близмеридионально ( $STK=8^\circ$ ). В очаге произошел взброс по  $NP1$  или надвиг по  $NP2$ , причем в подвиге по обеим возможным плоскостям присутствовали значительные сдвиговые компоненты. Подобные решения получены и другими агентствами.

**Таблица 6.** Параметры механизма очага землетрясения 28 октября 2018 г.

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источ- ник
	$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$			
	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$	
MOLD	64	140	10	34	24	294	216	70	100	8	22	62	[Прил. 6]
MP	47	174	20	62	36	316	244	84	110	349	21	16	[2]
NEIC	71	160	11	37	16	304	223	61	102	16	31	69	[1]
MED RCMT	68	153	10	36	20	302	221	65	102	15	27	66	[3]
GCMТ	65	160	14	33	20	298	220	66	105	6	28	59	[1]
GFZ	63	157	14	38	23	303	224	69	105	8	25	54	[4]
BUC	61	143	–	–	28	308	223	73	97	21	18	69	[5]



**Рис. 3.** Диаграммы механизма очага землетрясения 28 октября 2018 г. в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

**Макросейсмические данные.** Для описания макросейсмического эффекта землетрясения 28 октября использовался материал, собранный непосредственно по Молдове, а также по Румынии и Украине с помощью сети Internet. По данным румынского Института физики Земли, в эпицентре интенсивность достигала  $I_0=5$  баллов по модифицированной шкале Меркалли (ММ) [6]. Землетрясение ощущалось в Румынии во многих городах: Бырлад, Бухарест, Бузэу, Констанца, Галац, Яссы и др. [5]. В табл. 7 представлены значения интенсивности сотрясений от землетрясения 28 октября в населенных пунктах Молдовы и Украины в баллах MSK-64, указаны страна и название населенного пункта, его координаты, эпицентральное расстояние от инструментального эпицентра ( $\Delta$ , км) и азимут на эпицентр (AZM).

**Таблица 7.** Макросейсмические данные по землетрясению 28 октября 2018 г.

№	Пункт	Страна	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	$\Delta$ , км	AZM
<b>4 балла</b>						
1	Рымнику-Сэрат	Румыния	45.37	27.05	60	118
2	Фокшаны	Румыния	45.70	27.19	61	82
3	Бузэу	Румыния	45.15	26.82	63	145
4	Кымпина	Румыния	45.12	25.74	74	221
5	Плоешты	Румыния	44.92	26.01	81	200
6	Бухарест	Румыния	44.43	26.10	136	188
<b>3–4 балла</b>						
7	Бырлад	Румыния	46.23	27.67	122	53
8	Брэила	Румыния	45.27	27.96	131	107
9	Галац	Румыния	45.43	28.04	132	99
10	Кагул	Молдова	45.91	28.18	146	77
11	Леово	Молдова	46.49	28.25	173	56
12	Комрат	Молдова	46.32	28.66	196	66
13	Чимишлия	Молдова	46.52	28.78	212	61
14	Кишинёв	Молдова	47.02	28.84	244	50
<b>3 балла</b>						
15	Брашов	Румыния	45.65	25.60	59	274
16	Питешты	Румыния	44.86	24.87	146	234
17	Рени	Украина	45.46	28.29	176	57
18	Силистра	Болгария	44.11	27.27	182	157
19	Унгены	Молдова	47.20	27.79	207	32
20	Измаил	Украина	45.35	28.84	208	60
21	Бессарабка	Молдова	46.33	28.97	217	68
22	Яловены	Молдова	46.94	28.77	236	51
23	Констанца	Румыния	44.17	28.64	241	131
24	Килия	Украина	45.46	29.26	242	66
25	Ставчены	Молдова	47.01	28.87	247	50
26	Цынцарены	Молдова	46.90	29.01	248	54
27	Новые Анены	Молдова	46.88	29.23	262	57
28	Штефан-Водэ	Молдова	46.51	29.66	275	66
29	Плевен	Болгария	43.41	24.62	281	210
<b>2–3 балла</b>						
30	Русе	Болгария	43.84	25.97	186	188
31	Бендеры	Молдова	46.82	29.47	273	60
32	Тирасполь	Приднестровье	46.80	29.65	285	61
33	Белгород-Днестровский	Украина	46.19	30.33	313	77
34	Одесса	Украина	46.46	30.72	369	70
35	София	Болгария	42.70	23.31	402	218
36	Ниш	Сербия	43.32	21.91	435	236
<b>Не ощущалось</b>						
37	Ниспорены	Молдова	47.08	28.17	213	40
38	Баланешты	Молдова	47.22	28.06	220	36
39	Корнова	Молдова	47.39	28.17	240	34
40	Фалешты	Молдова	47.57	27.70	240	24
41	Оргеев	Молдова	47.38	28.83	272	43

На рис. 4 приведена карта изосейст землетрясения 28 октября 2018 года. Компактно выделяется 4-балльная зона на территории Румынии, которая, однако, ассиметрична относительно инструментального эпицентра. Границу 3-балльной зоны можно уверенно провести по территории Молдовы и Одесской области Украины. Сотрясения были отмечены в Болгарии вплоть до Софии и в Сербии (Ниш).

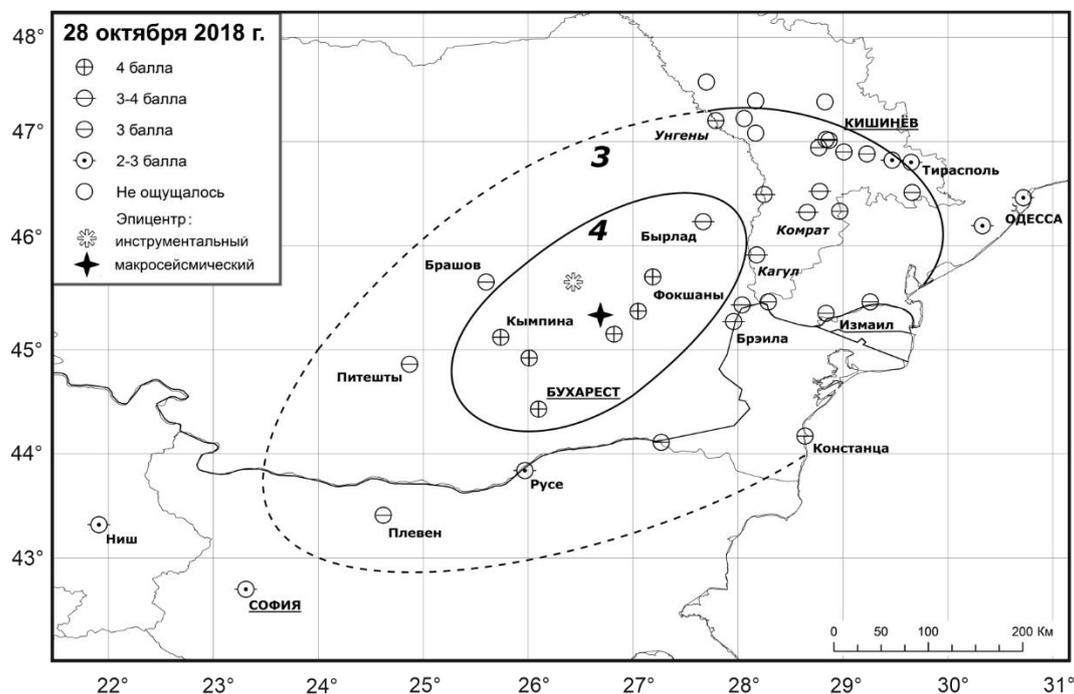


Рис. 4. Карта изосейст землетрясения 28 октября 2018 г.

Макросейсмический эпицентр ( $\varphi=45.4^\circ$ ,  $\lambda=26.7^\circ$ ), находится юго-восточнее инструментального. Следует отметить, что северо-западная граница 4-балльной зоны проведена неуверенно, лишь на основе сведений о 3-балльных сотрясениях в п. Брашов, поэтому в табл. 7 эпицентральные расстояния отсчитаны от инструментального эпицентра (ред.).

**Землетрясение 3 сентября 2019 г.** Наиболее сильные сотрясения в 2019 г. зафиксированы от землетрясения 3 сентября с магнитудой  $m_b=4.5$  и глубиной  $h_p=117$  км, очаг которого приурочен к юго-западной окраине фокальной зоны Вранча. Сотрясения от него отмечены в восточных и южных уездах Румынии (в 13 населенных пунктах), в центральных и южных районах Республики Молдова (в Кагуле 3–4 балла, в Кишинёве 3 балла), а также в Украине (Измаил) [Прил. 7].

**Основные параметры** землетрясения 3 сентября 2019 г. по инструментальным данным разных сейсмологических центров приведены в табл. 8.

Таблица 8. Основные параметры землетрясения 3 сентября 2019 г. с  $K_p=11.4$ ,  $m_b=4.5$ ,  $h_p=117$  км по данным различных агентств

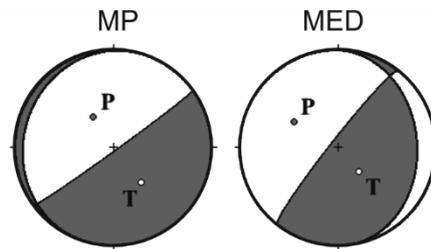
Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр					Магнитуда/ число станций	Источ- ник
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	$\delta(\varphi, \lambda)$ , км	$h$ , км	$\delta h$ , км		
КОМСП (=SIGU)	11 52 52.40	0.1	45.50	26.33	0.7	128	0.8	$K_p=11.4/16$ , $M_d=4.1/23$ , $M_{SH}=4.1/16$	[Прил. 3]
MOLD	11 52 53.3	–	45.47	26.29	–	117	–	$M_L=4.5$	[Прил. 4]
MOS	11 52 51.80	0.86	45.52	26.29	–	125	–	$m_b=4.6/23$	[1]
ISC	11 52 52.15	0.41	45.50	26.28	–	117	3.91	$m_b=4.5/78$	[1]
MED RCMT	11 52 51.00	0.30	45.53	26.44	–	122	5.6	$M_w=4.4/24$	[1]
BUC	11 52 53.15	0.15	45.48	26.30	–	119	1.5	$M_L=4.6/90$	[1]
NEIC	11 52 52.39	1.74	45.51	26.22	–	113	6.9	$m_b=4.6/79$	[1]

Согласно таблице, координаты эпицентра землетрясения, определенные разными агентствами, совпадают по широте и долготе в пределах  $0.2^\circ$ . Глубина очага варьирует в интервале 117–128 км, среднее значение глубины составляет 120 км.

**Механизм очага землетрясения** 3 сентября по данным МР определен в Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН [2] на основе 141 знака вступлений  $P$ -волн, из них не согласующихся – 28. В табл. 9 и на рис. 5 приведены решения как МР, так и MED RCMT [3]. По данным обоих агентств одна из нодальных плоскостей близгоризонтальна, а другая, юго-западного/северо-восточного простирания, близвертикальна. Механизм очага по данным МР нетипичен для промежуточных очагов, т.к. носит сбросовый характер. Решение MED RCMT, в котором подвижка является взбросом ( $NP1$ ) или надвигом ( $NP2$ ), соответствует тектоническим особенностям и типу деформирования региона и представляется более правильным.

**Таблица 9.** Параметры механизма очага землетрясения 3 сентября 2019 г.

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ис-точ-ник
	$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$			
	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$	
МР	41	141	3	233	49	327	196	5	-127	54	86	-86	[2]
MED RCMT	54	138	8	36	35	301	218	81	98	356	12	49	[3]



**Рис. 5.** Диаграммы механизма очага землетрясения 3 сентября 2019 г. в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

**Макросейсмические данные.** Для описания макросейсмического эффекта землетрясений использовался материал, собранный непосредственно по Молдове, а также в Румынии и Украине – с помощью сети Internet.

По данным румынского Института физики Земли в эпицентре интенсивность достигала  $I_0=4$  балла по модифицированной шкале Меркалли (ММ) [6]. Землетрясение ощущалось в Румынии во многих городах: Бухарест, Бузэу, Плоешты, Галац, Яссы и др. [5].

В табл. 10 и на рис. 6 представлены значения интенсивности сотрясений землетрясения 3 сентября в населенных пунктах Румынии, Молдовы и Украины в баллах MSK-64. Указаны страна и название населенного пункта, его координаты, эпицентральное расстояние от инструментального эпицентра ( $\Delta$ , км) и азимут на эпицентр.

**Таблица 10.** Макросейсмические данные по землетрясению 3 сентября 2019 г.

№	Пункт	Страна	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	$\Delta$ , км	$AZM$
<b>4 балла</b>						
1	Плоешты	Румыния	44.92	26.01	71	204
<b>3–4 балла</b>						
2	Вэлень-де-Мунте	Румыния	45.19	26.05	39	208
3	Бузэу	Румыния	45.15	26.82	57	132
4	Кымпина	Румыния	45.12	25.74	60	225
5	Фокшаны	Румыния	45.70	27.19	73	72
6	Бухарест	Румыния	44.43	26.10	122	187
7	Бырлад	Румыния	46.23	27.67	135	52
8	Кагул	Молдова	45.91	28.18	146	77
9	Джурджулешты	Молдова	45.48	28.20	149	90
10	Леово	Молдова	46.49	28.25	173	56
<b>3 балла</b>						
11	Онешть	Румыния	46.25	26.79	92	206
12	Урзичень	Румыния	44.71	26.66	93	161
13	Пантелеймон	Румыния	44.45	26.23	117	182
14	Галац	Румыния	45.43	28.04	137	93
15	Измаил	Украина	45.35	28.84	200	94

№	Пункт	Страна	$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$	$\Delta, км$	AZM
16	Яссы	Румыния	47.16	27.59	210	28
17	Килия	Украина	45.46	29.26	242	66
18	Киркэешть-Ной	Молдова	46.65	28.97	243	57
19	Кишинев	Молдова	47.02	28.84	244	50
<b>2–3 балла</b>						
20	Брашов	Румыния	45.65	25.60	55	288
21	Русе	Болгария	43.84	25.97	186	188

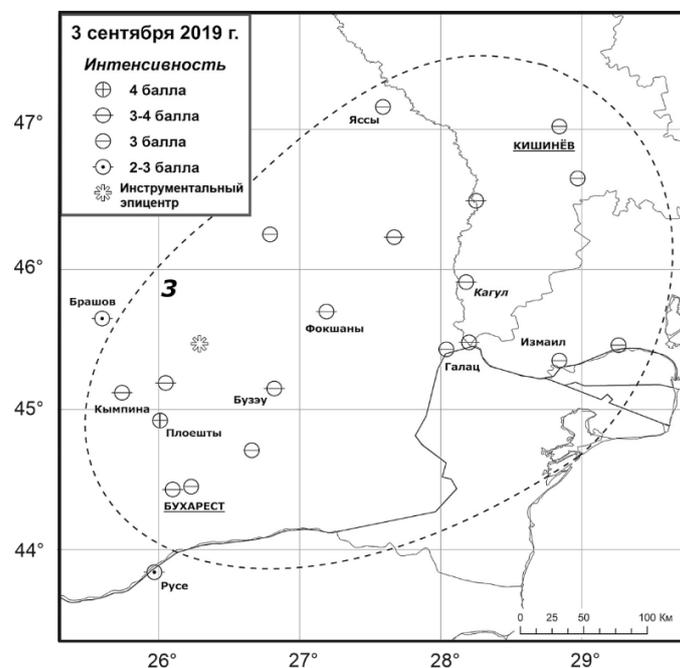


Рис. 6. Карта изосейст землетрясения 3 сентября 2019 г.

По макросейсмическим проявлениям землетрясения 3 сентября 2019 г. условно можно выделить 3-балльную зону (рис. 6). Точных данных о границе осязательности нет, в частности, по юго-восточной Румынии. К северо-востоку колебания были осязательны вплоть до Кишинёва, к юго-западу – до Русе (Болгария).

**Закключение.** Очаги землетрясений, ощущавшихся в 2018–2019 гг. на территории Молдовы, расположены за ее пределами, в области Вранча (Румыния), где происходят землетрясения с промежуточными глубинами. Рассмотренные в статье землетрясения 14 марта, 25 апреля и 28 октября 2018 г. приурочены к интервалу глубин 140–151 км, а землетрясение 3 сентября 2019 г. произошло на глубине  $h=117 км$ . Три из них имели близкие магнитуды  $m_b=4.5–4.6$ , тогда как землетрясение 28 октября 2018 г. было сильнее:  $m_b=5.3–5.6$  по оценкам разных агентств. В эпицентральных областях всех рассмотренных землетрясений, расположенных в Румынии, интенсивность сотрясений не превышала 5 баллов, а на территории Республики Молдова – 4 баллов.

Основной тип механизма очага вранчских землетрясений – надвиг с небольшой сдвиговой компонентой – присутствовал в очагах большинства рассмотренных землетрясений. Определяющими тип подвижки в очаге являются в данном случае горизонтальные напряжения сжатия и вертикальные или промежуточные напряжения растяжения.

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

**Электронное приложение** App01\_Carpathians\_2018–2019 (<http://www.gsras.ru/zse/app-26.html>): 1 – Цифровые сейсмические станции сети региона Карпаты, работавшие в 2018–2019 гг.; 2 – Аналоговая и цифровые сейсмические станции сети Молдовы в 2018–2019 гг.; 3 – Каталог землетрясений Карпат за 2018–2019 гг.; 4 – Дополнение к региональному каталогу землетрясений Карпат по данным Молдовы за 2018–2019 гг.; 5 – Дополнение к каталогу землетрясений Карпат по данным ISC за 2018–2019 гг.; 6 – Каталог механизмов очагов землетрясений Карпат за 2018–2019 гг.; 7 – Макросейсмический эффект осязательных землетрясений в населенных пунктах Карпат в 2018–2019 гг.; 8 – Сведения о пунктах, для которых имеется информация о макросейсмических проявлениях осязательных землетрясений Карпат за 2018–2019 гг.

Работа выполнена в рамках Государственной программы, проект Geoseism с номером регистрации 36/21.10.19 А

### Л и т е р а т у р а

1. International Seismological Centre. (2023). On-line Bulletin. <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/>
2. Мострюков А.О., Петров В.А. Каталог механизмов очагов землетрясений, 1912–2017 гг. – Фонды Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН, 2020.
3. European Mediterranean Seismological Centre. (2023). [Site]. – URL: <https://www.emsc-csem.org/Earthquake>
4. Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany GeoForschungsZentrum. (2023). [Site]. – URL: <http://geofon.gfz-potsdam.de>
5. Institutul National pentru Fizica Pamantului. Catalog ROMPLUS actualizat. (2023). – URL: <http://www.infp.ro/romplus/>
6. The Modified Mercalli Intensity Scale. Earthquake Topics // USGS [Web Site]. – URL: <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/modified-mercalli-intensity-scale>

### *EARTHQUAKES of 2018–2019 FELT in MOLDOVA (Romania – Moldova)*

*N.Ya. Stepanenco, V.Yu. Cardanets*

*Laboratory of Seismology, the Institute of Geology and Seismology, Chisinau, Republic of Moldova, seismolab@rambler.ru*

**Abstract.** All earthquakes felt in 2018–2019 on the territory of Moldova occurred outside its borders, in the Vrancea region (Romania), with intermediate depths in the range  $h_{PP}=117–151$  km. In 2018, the population of Moldova felt three earthquakes: March 14<sup>th</sup>, April 25<sup>th</sup> and October 28<sup>th</sup>. The article describes all of them, but with more details for the strongest of them on October 28<sup>th</sup>. The earthquake of March 14<sup>th</sup> with  $m_b=4.5$  and  $h_{PP}=140$  km was felt in the eastern and southern counties of Romania in seven localities. In Moldova, the earthquake was felt in Cahul with intensity  $I=3$  and in Chisinau with  $I=2$  by MSK-64. The epicenter was in the Vrancea Mountains. The earthquake of April 25<sup>th</sup> with  $m_b=4.5$  and  $h_{PP}=151$  km was felt in eight localities of the eastern and southern counties of Romania. Also it was felt in two localities in the central and southern regions of the Republic of Moldova. The earthquake of October 28<sup>th</sup> with  $m_b=5.6$  and  $h_{PP}=151$  km was most evident in the eastern and southern parts of Romania, but it was also felt in the north of Bulgaria, in Moldova and in the south-west of Ukraine. In 2019, the population of Moldova felt the earthquake on September 3<sup>rd</sup> with  $m_b=4.5$  and  $h_{PP}=117$  km. It was felt in six localities of the eastern and southern counties of Romania, as well as in the central and southern regions of the Republic of Moldova (in Cahul  $I=3–4$ , in Chisinau  $I=3$ ). The focal mechanisms given in the article indicate that all the considered earthquakes occurred under the influence of the prevailing near-horizontal compression and intermediate extension.

**Keywords:** earthquake intensity, macroseismic data, focal mechanism, Vrancea region.

**For citation:** Stepanenco, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2023). [Earthquakes of 2018–2019 felt in Moldova (Romania–Moldova)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 26(2018–2019), 264–272. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2023.26.23> EDN: JXBMAM

The work was carried out within the framework of the State Program, the Geoseism project with registration number 36/21.10.19 А.

### R e f e r e n c e s

1. International Seismological Centre. (2023). On-line Bulletin. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/>
2. Mostryukov, A.O., & Petrov, V.A. (2020). Katalog mekhanizmov ochagov zemletryasenyi, 1912–2016 [Catalog of earthquakes focal mechanisms, 1912–2016]. Funds of the Borok Geophysical Observatory of the IEP RAS. (In Russ.).
3. European-Mediterranean Seismological Centre. (2023). Retrieved from <https://www.emsc-csem.org/Earthquake>
4. Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany GeoForschungsZentrum. (2023). Retrieved from <http://geofon.gfz-potsdam.de>
5. Institutul National pentru Fizica Pamantului. Catalog ROMPLUS actualizat. (2023). Retrieved from <http://www.infp.ro/romplus/>
6. The Modified Mercalli Intensity Scale. Earthquake Topics. USGS. (2023). Retrieved from <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/modified-mercalli-intensity-scale>