

III. СИЛЬНЫЕ и ОЩУТИМЫЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

УДК 550.348 (477.8)

ОЩУТИМЫЕ в МОЛДОВЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2020 года (РУМЫНИЯ–МОЛДОВА)

Н.Я. Степаненко, В.Ю. Карданец

Лаборатория сейсмологии Института геологии и сейсмологии Молдавского ГУ,
seismolab@rambler.ru, kis-seismo@mail.ru

Аннотация. Все ощущавшиеся в 2020 г. на территории Молдовы землетрясения произошли за ее пределами, в Румынии, и имели глубины в диапазоне $h=21\text{--}124$ км. В 2020 г. населением Молдовы ощущались четыре землетрясения: 31 января, 11 марта, 24 апреля и 2 июня. Землетрясение 31 января, с $M_{WGCMT}=4.8$ и $h_{RP}=123$ км ощущалось в 11 населенных пунктах восточных и южных уездов Румынии, в Молдове – в 16 и в шести – на Украине. Эпицентр находился в изгибе гор Вранча. Землетрясение 11 марта 2020 г. с $M_{WMED}=4.1$, $h_{RP}=120$ км слабо ощущалось в нескольких городах Румынии (в трех населенных пунктах), в Молдове землетрясение отмечено в Кагуле и Леово с интенсивностью 3 балла и в Кишинёве – 2 балла. Землетрясение 24 апреля с $M_{WGCMT}=4.7$ и $h=21$ км ощущалось в восточных и южных уездах Румынии в 11 населенных пунктах, а также в 13 пунктах центральных и южных районов Республики Молдова и в двух – на Украине. Землетрясение 2 июня с $m_{ISC}=4.2$ и $h_{RP}=107$ км ощущалось в восточных и южных уездах Румынии (в четырех населенных пунктах) и в центральных и южных районах Республики Молдова (три пункта). Приведенные в статье механизмы очагов указывают на то, что три рассмотренные землетрясения с промежуточной глубиной очага произошли под действием преобладающего близгоризонтального сжатия, а одно коровое событие – под действием преобладающего близгоризонтального растяжения.

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

Для цитирования: Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Ощутимые в Молдове землетрясения 2020 года (Румыния–Молдова) // Землетрясения Северной Евразии. – 2024. – Вып. 27 (2020). – С. 255–264. DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.23> EDN: QFBFSB

Введение. В 2020 г. все ощущавшиеся населением Республики Молдова землетрясения произошли за ее пределами, в области Вранча (Румыния). Эпицентры трех из них приурочены к области «промежуточных» землетрясений с глубинами от 107 до 123 км. Одно коровое событие произошло 24 апреля на глубине 21 км. Сведения об их ощутимости в Молдове и соседних странах описаны как в данной статье, так и в специальном Приложении 6.

Землетрясение 31 января 2020 г. с $K_p=12.5$, $M_{WGCMT}=4.8$ и $h_{RP}=123$ км (Прил. 3) проявилось в Румынии и в Республике Молдова (Прил. 6). Отмечено в восточных и южных уездах Румынии, в городах Бырлад, Брашов, Фокшаны, Галац, Бакэу, Яссы и др., включая Бухарест. В эпицентральной зоне ощущалось с интенсивностью 5 баллов по шкале Меркалли [1]. В Молдове ощущалось в Кагуле, Леово с интенсивностью 3 балла, в Кишинёве – 2 балла по шкале MSK-64 [2].

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

Таблица 1. Основные параметры землетрясения 31 января 2020 г. с $K_p=12.5$, $M_{WGCMT}=4.8$, $h_{RP}=123$ км по данным различных агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр				Магнитуда/число станций	Источник
			φ° , N	λ° , E	h , км	δh , км		
КОМСП (=SIGU)	01 26 47.7	0.10	45.73	26.65	121		$K_p=12.5/10$ $M_d=4.6/24$, $MSH=4.7/10$	Прил.3
MOLD	01 26 47	0.35	45.76	26.39	120		$m_b=4.3$	наст. статья
MOS	01 26 46.2	0.92	45.74	26.73	124		$m_b=4.6/18$	[3]
ISC	01 26 47.5	0.25	45.76	26.70	123.5	2.2	$m_b=4.8/270$, $h_{RP}=123.0\pm 6.1$	[3]
MED RCMT	01 26 50.8	0.30	45.81	26.74	115	6.4	$M_w=4.7/20$	[3]
BUC	01 26 47.9	0.17	45.69	26.69	118	1.6	$ml=5.2/82$	[3]

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр				Магнитуда/число станций	Источник
			φ° , N	λ° , E	h , км	δh , км		
NEIC	01 26 47.7	—	45.74	26.65	111	3.2	$m_b=4.8/377$, $M_{ww}=4.8/15$	[3]
GCMT	01 26 49.0	0.30	45.73	26.58	103	5.8	$M_w=4.8/76$	[3]
GFZ	01 26 47.1	—	45.77	26.87	136	—	$m_b=4.9/94$, $M_w=4.7/83$	[3]

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 – Федеральный исследовательский центр «Геофизическая служба Российской академии наук», г. Обнинск, Россия; ISC – International Seismological Centre, Thatcham, Berkshire, United Kingdom; MED_RCMT – MedNet Regional Centroid Moment Tensors, Roma, Italy; BUC – National Institute for Earth Physics, Bucharest-Magurele, Romania; NEIC, USGS – National Earthquake Information Center, Geological Survey, Denver, USA; GCMT – Global Centroid Moment Tensor (CMT) Catalog Search; GFZ – Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany.

Видно, что представленные в таблице координаты эпицентра землетрясения совпадают по широте и долготе в пределах 0.2° . Глубина очага варьирует в интервале 103–136 км, среднее значение глубины составляет 120 км. Рассмотрим величину землетрясения: значение $m_b=4.6–4.8$ по определениям MOS, ISC и NEIC; моментная магнитуда $M_w=4.7–4.8$ по MED RCMT, GFZ и GCMT [3].

Механизм очага землетрясения 31 января определен рядом сейсмологических агентств (табл. 2, рис. 2). Вариант решения механизма очага выполнен в Институте физики Земли в Бухаресте BUC1 [4] с использованием данных мировой сейсмической сети. Построение выполнено на сетке Вульфа в проекции на нижнюю полусферу на основе 87 знаков вступлений P -волн, из них не согласующихся – 3. Кроме того, в табл. 2 и на рис. 2 приведены решения по методу тензора сейсмического момента (далее – TCM) по данным MED RCMT, GCMT, NEIC [3], GFZ [3] и BUC2 [4].

Таблица 2. Параметры механизма очага землетрясения 31 января 2020 г. с $K_p=12.5$, $M_{wGCMT}=4.8$, $h_{pr}=123$ км по данным различных агентств

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
	T		N		P		$NP1$			$NP2$			
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
BUC1	50	286	24	134	14	46	102	35	46	332	66	116	[4]
MED RCMT	62	289	25	137	12	42	103	40	49	332	61	119	[3]
GCMT	56	309	31	155	12	58	114	43	41	352	64	125	[3]
NEIC	53	314	36	147	6	52	109	50	40	351	61	132	[3]
GFZ	56	283	26	146	20	46	100	34	38	337	70	118	[3]
BUC2	55	301	34	138	9	44	101	47	41	341	62	129	[4]

Примечание. BUC1, BUC2 – решения механизма очага, полученные в [4] по знакам первых вступлений P -волн и по методу тензора сейсмического момента.

Полученные решения хорошо согласуются между собой. Ось сжатия P близгоризонтальна ($PL=6–20^\circ$), азимут оси составляет $42–58^\circ$. Ось растяжения T наклонна ($PL=50–62^\circ$). Возможная нодальная плоскость $NP1$ – наклонная ($DP_1=34–50^\circ$) и имеет восток–юго-восточное простирание ($STK_1=101–114^\circ$).

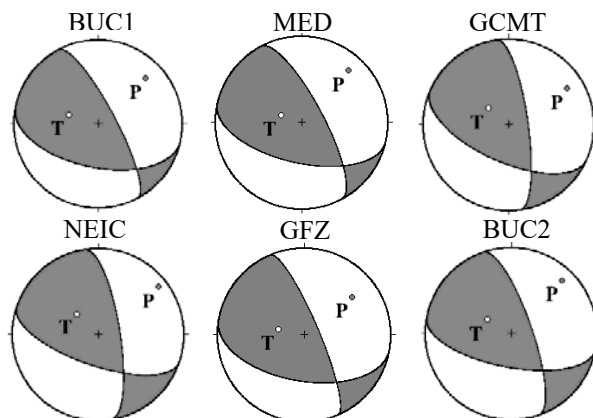


Рис. 1. Диаграммы механизма очага землетрясения 31 января 2020 г. в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

Макросейсмические данные. Землетрясение 31 января ощущалось в восточных и южных уездах Румынии, в городах: Фокшаны, Бырлад, Брашов, Галац, Бакэу, Яссы, Констанца, Бухарест и др. интенсивностью от 3 до 5 баллов по шкале Меркалли [1]. В Молдове ощущалось в южных районах в Кагуле, Леово до 4 баллов, в Кишинёве также 4 балла, в пригородах – 3–4 балла по шкале MSK-64 [2]. В Кишинёве некоторые спящие просыпались, ощущались продолжительные горизонтальные колебания на первых этажах. Был слышен гул, вороны кричали. Получены сообщения от сейсмокорреспондентов из населенных пунктов Кожушна, Сынжерей, Кошница, Шолданешты. Использовались также материалы из доступных источников в сети Интернет по Украине, Болгарии. Эти данные приведены в табл. 3, где представлены значения интенсивности сотрясений от землетрясения 31 января в населенных пунктах Румынии, Молдовы и Украины в баллах MSK-64, указаны страна и название населенного пункта, его координаты, эпицентрального расстояние от макросейсмического эпицентра (Δ , км) и азимут на эпицентр (AZM°). На основе собранных данных построена карта пунктов-баллов и выделена 4-балльная изосейста (рис. 2), которая на северо-западе проведена предположительно (пунктир) из-за недостатка данных. Помимо Румынии и Молдовы, землетрясение ощущалось в украинских городах Одессе, Виннице, Ивано-Франковске и в Русе (Болгария).

Таблица 3. Макросейсмические данные землетрясения 31 января 2020 г.
с $K_P=12.5$, $M_{W_{GCMT}}=4.8$, $h_{rp}=123$ км

№	Пункт	Государство	φ° , N	λ° , E	Δ , км	AZM°
5 баллов						
1	Бузэу	Румыния	45.15	26.82	68	172
4–5 баллов						
2	Фокшаны	Румыния	45.70	27.19	38	100
3	Бакэу	Румыния	46.57	26.92	91	10
4	Бырлад	Румыния	46.23	27.67	91	51
5	Яссы	Румыния	47.16	27.59	172	22
4 балла						
6	Брашов	Румыния	45.65	25.60	86	262
7	Плешты	Румыния	44.94	26.03	105	210
8	Галац	Румыния	45.43	28.02	109	109
9	Брэила	Румыния	45.27	27.96	112	119
10	Кагул	Молдова	45.90	28.20	117	82
11	Джурджулешты	Молдова	45.48	28.21	121	104
12	Рени	Украина	45.46	28.29	128	105
13	Кантемир	Молдова	46.28	28.20	137	66
14	Леово	Молдова	46.47	28.24	143	56
15	Бухарест	Румыния	44.43	26.10	165	199
16	Измаил	Украина	45.35	28.83	172	105
17	Килия	Украина	45.46	29.26	202	99
18	Кишинёв	Молдова	47.01	28.86	213	49
3–4 балла						
19	Кожушна	Молдова	47.10	28.65	211	46
20	Варатик	Молдова	46.80	29.02	212	56
21	Бубуечь	Молдова	46.98	28.94	219	50
22	Русе	Болгария	43.84	25.96	221	196
23	Кошница	Молдова	47.14	29.13	241	51
24	Сынжерей	Молдова	47.63	28.14	235	25
25	Констанца	Румыния	44.17	28.64	233	139
3 балла						
26	Бендеры	Молдова	46.82	29.47	245	61
27	Делакэу	Молдова	47.10	29.30	248	52
28	Тирасполь	Молдова	46.84	29.65	254	62
29	Сукля	Молдова	46.82	29.66	256	62
30	Карагаш	Молдова	46.79	29.68	256	62
31	Шолданешты	Молдова	47.81	28.79	274	32
2–3 балла						
32	Одесса	Украина	46.46	30.72	338	71
33	Ивано-Франковск	Украина	48.92	24.71	381	338
34	Винница	Украина	49.23	28.48	408	18

Примечание. Эпицентральные расстояния Δ , км определены от макросейсмического эпицентра: $\varphi_M=45.76^\circ N$, $\lambda_M=26.70^\circ E$.

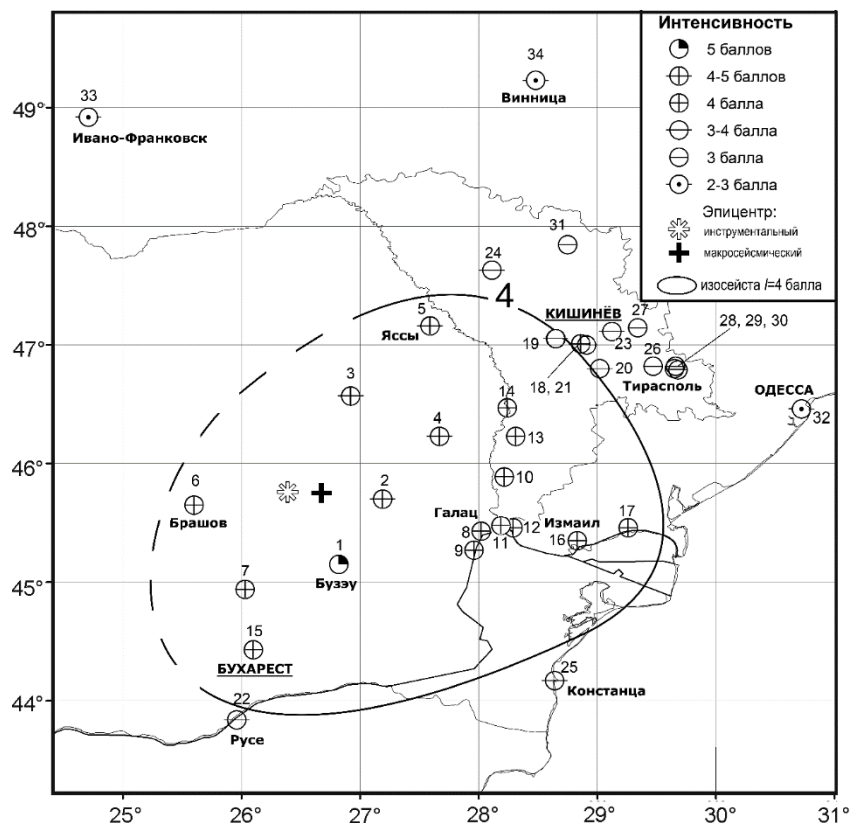


Рис. 2. Карта-схема пунктов-баллов и 4-балльной изосейсты землетрясения 31 января 2020 г.

Землетрясение 11 марта 2020 г. с $K_p=10.6$, $M_{W\text{MED}}=4.1$ и $h_{pP}=120$ км (Прил. 3) проявилось в Румынии и в Республике Молдова (Прил. 6). Отмечено в восточных и южных уездах Румынии с интенсивностью 3 балла по шкале Меркалли, слабо ощущалось в нескольких городах: Бузэу, Фокшаны, Галац и др. В Молдове ощущалось в Кагуле, Леово с интенсивностью 3 балла, в Кишинёве – 2 балла MSK-64.

Основные параметры землетрясения 11 марта по инструментальным данным разных сейсмологических центров приведены в табл. 4.

Таблица 4. Основные параметры землетрясения 11 марта 2020 г. с $K_p=10.6$, $M_{W\text{MED}}=4.1$, $h_{pP}=120$ км по данным различных агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр				Магнитуда	Источник
			φ° , N	λ° , E	h , км	δh , км		
КОМСП (=SIGU)	20 23 37.0	0.20	45.56	26.35	124	1.3	$K_p=10.6/9$, $M_d=4.1/25$ $MSH=3.6/9$	Прил. 3
MOLD	20 23 38.4	—	45.55	26.39	112	—	$M_{MLD}=4.5$	Прил. 4
MOS	20 23 36.2	0.88	45.56	26.39	125	—	$m_b=4.3/13$	[3]
ISC	20 23 37.0	0.43	45.53	26.39	119.9	3.93	$m_b=4.2/38$ $h_{pP}=120.0 \pm 6.3$	[3]
MED RCMT	20 23 42.6	0.80	45.53	26.34	115	9.3	$M_w=4.1/17$	[3]
BUC	20 23 37.6	0.15	45.52	26.33	118	1.5	$m_l=4.4/92$	[4]
NEIC	20 23 36.9	1.11	45.50	26.33	117	5.3	$m_b=4.3/24$	[3]

Механизм очага землетрясения 11 марта определен рядом сейсмологических агентств (табл. 5, рис. 3). Первый вариант решения механизма очага получен А.О. Мострюковым и В.А. Петровым в Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН (ГО БОРОК) [5] с использованием данных мировой сейсмической сети [3] и любезно предоставлен авторам статьи. Построение выполнено на сетке Вульфа в проекции на нижнюю полусферу на основе 131 знаков вступлений P -волн, из них не согласующихся – 31. Кроме того, в табл. 5 и на рис. 3 приведены решения по методу TCM по данным агентств MED RCMT [3] и BUC2 [4].

Полученные решения ГО БОРОК и ВУС хорошо согласуются между собой. Нодальные плоскости $NP1$ направлены близмеридионально ($STK=175-189^\circ$) и наклонены к горизонту под крутым углом ($DP=63-70^\circ$). Решение MED RCMT отличается от двух вышеприведенных, в частности, близширотным простирием нодальных плоскостей.

Таблица 5. Параметры механизма очага землетрясения 11 марта 2020 г. (Прил. 5) с $K_P=10.6$, $M_{W\text{MED}}=4.1$, $h_{pP}=120$ км (Прил. 3)

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
	T		N		P		$NP1$			$NP2$			
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
ГО БОРОК	63	83	10	192	25	287	189	70	80	37	22	117	[5]
MED RCMT	84	64	16	259	0	349	244	47	68	95	47	112	[3]
BUC2	70	110	18	346	17	257	175	63	101	331	29	63	[4]

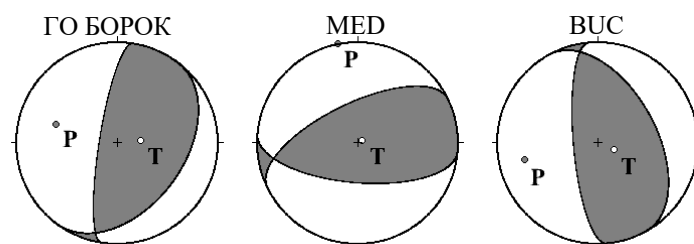


Рис. 3. Диаграммы механизма очага землетрясения 11 марта 2020 г. в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

Землетрясение 24 апреля 2020 г. с $K_P=12.8$, $M_{W\text{GCMT}}=4.7$ и $h=21$ км (Прил. 3) проявилось в Румынии, Болгарии и в Республике Молдова (Прил. 6). Отмечено в восточных и южных уездах Румынии с интенсивностью до 5 баллов по шкале Меркалли. Ощущалось в нескольких городах: Бырлад, Бакэу, Брэила, Констанца, Фокшаны, Галац, Яссы и др. В Молдове ощущалось в Кагуле, Леово – 3 балла, в Кишинёве – 2 балла по шкале MSK-64.

Основные параметры землетрясения 24 апреля по инструментальным данным разных сейсмологических центров приведены в табл. 6. Все решения близки, за исключением MED RCMT.

Таблица 6. Основные параметры землетрясения 24 апреля 2020 г. с $K_P=12.8$, $M_{W\text{MED}}=4.7$, $h=21$ км по данным различных агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр				Магнитуа/число станций	Источник
			φ° , N	λ° , E	h , км	δh , км		
КОМСП (=SIGU)	22 04 18.4	0.10	45.90	27.49	21	0.9	$K_P=12.8/11$, $M_d=4.5/24$ $MSH=4.6/11$	Прил. 3
MOLD	22 04 18.3	—	45.90	27.45	18	—	$M_{MLD}=5.5$	Прил. 4
MOS	22 04 15.3	1.01	45.90	27.53	16	—	$MPSP=4.9/51$	[3]
ISC	22 04 17.33	0.24	45.88	27.48	22	1.6	$M_s=4.1/44$ $m_b=4.8/239$	[3]
MED RCMT	22 04 19.1	0.30	45.91	27.76	26.6	0.8	$M_w=4.7/38$	[3]
BUC	22 04 18.76	0.08	45.89	27.47	23	0.8	$m_l=5.0/85$	[4]
NEIC	22 04 16.3	1.33	45.91	27.49	34	10.0f	$m_b=4.9/320$	[3]
GCMT	22 04 18.8	0.40	45.88	27.47	28	1.1	$M_w=4.7/65$	[3]
GFZ	22 04 18.2	0.13	45.96	27.44	24	—	$M_w=4.6/62$ $m_b=4.8/37$	[3]

Механизм очага землетрясения 24 апреля определен рядом сейсмологических агентств (табл. 7, рис. 4). Вариант решения механизма очага BUC1 [4] выполнен на сетке Вульфа в проекции на нижнюю полусферу на основе 89 знаков вступлений P -волн, из них не согласующихся – 4. Кроме того, в табл. 7 и на рис. 4 приведены решения по методу TCM по данным MED RCMT [3], GCMT [3], GFZ [3] и BUC2 [4].

Решения по методу ТСМ разных агентств подобны. Движение произошло под действием растягивающих напряжений. Во всех случаях одна из нодальных плоскостей близширотного ($STK_2=258-266^\circ$) простирания и наклонена к горизонту под углом ($DP=42-47^\circ$). Плоскость $NP1$ по второму типу решений имеет юго-восточное простирание ($STK=106-123^\circ$) и наклонена к горизонту под углом ($DP=47-53^\circ$). Ось сжатия близвертикальна ($PL=65-79^\circ$), а растяжения – близгоризонтальна. ($PL=1-5^\circ$). В результате по решениям всех агентств, кроме ГО БОРОК, в очаге произошел сброс по близширотной плоскости.

Таблица 7. Параметры механизма очага землетрясения 24 апреля 2020 г. (Прил. 5)
с $K_P=12.8$, $M_{W_{NED}}=4.7$, $h=21$ км

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источ- ник
	<i>T</i>		<i>N</i>		<i>P</i>		<i>NP1</i>			<i>NP2</i>			
	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>PL</i>	<i>AZM</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	<i>STK</i>	<i>DP</i>	<i>SLIP</i>	
ГО БОРОК	21	358	65	213	13	93	137	66	6	45	85	155	[5]
BUC1	8	352	8	78	77	206	70	35	−104	268	56	−80	[4]
MED RCMT	4	192	25	283	65	94	123	53	−59	258	47	−125	[3]
GCMT	4	195	19	286	71	92	121	52	−66	265	44	−118	[3]
GFZ	1	186	6	276	79	88	106	47	−75	266	45	−105	[3]
BUC2	5	188	16	278	74	81	111	52	−71	262	42	−113	[4]

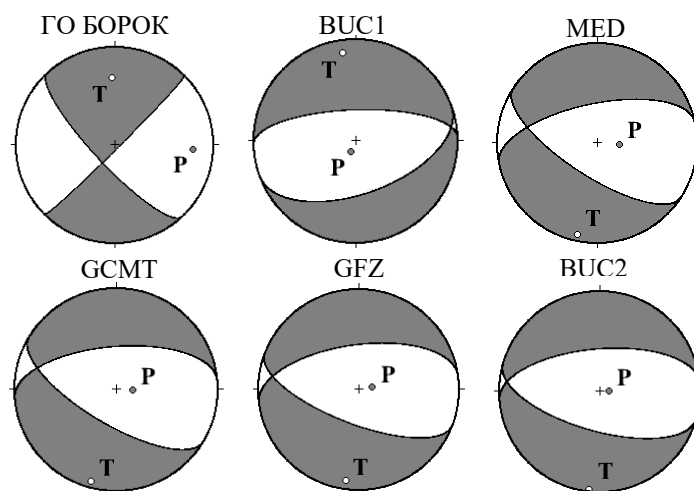


Рис. 4. Диаграммы механизма очага землетрясения 24 апреля 2020 г.
в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

Макросейсмические данные для землетрясения 24 апреля. В Румынии ощущалось сильно в Фокшанах и Онештах (4–5 баллов), слабее в Яссах, Галаце, Ботошанах и Констанце, в Бухаресте очень слабо. В Молдове ощущалось в южных районах – в Кагуле, Леоново до 3–4 баллов, в Кишинёве и пригородах до 3 баллов MSK-64.

В Кагуле были опрошены 56 человек, из них ощутили 52. В состоянии бодрствования находились 14 человек, из спавших проснулись 38. Был слышен гул, чувствовалось два толчка. Дребезжала посуда, трескали стены и потолки. Большинство жителей испугалось. Был слышен лай собак. В Кишинёве был слышен гул, кричали вороны, некоторые спящие просыпались, ощущались продолжительные горизонтальные качания. Получены сообщения от сейсмодиспетчеров из других населенных пунктов Республики Молдова.

Колебания дошли до Приднестровья и Одессы. В Тирасполе некоторые спящие просыпались, шатались шкаф и кровать. В Суклее чувствовалось три толчка по нарастающей. В Белгород-Днестровском на девятом этаже попугай громко кричал, потом последовал толчок.

Все данные суммированы в табл. 8, где представлены значения интенсивности сотрясений от землетрясения 24 апреля в населенных пунктах в баллах MSK-64. На основе собранных данных построена карта пунктов-баллов и проведена 4-балльная изосейста (рис. 5).

Таблица 8. Макросейсмические данные землетрясения 24 апреля 2020 г.

№	Пункт	Государство	φ° , N	λ° , E	Δ , км	AZM
4–5 баллов						
1	Фокшаны	Румыния	45.70	27.19	32	229
2	Онешть	Румыния	46.25	26.77	68	307
4 балла						
3	Бырлад	Румыния	46.23	27.67	39	15
4	Галац	Румыния	45.43	28.02	67	140
5	Брэила	Румыния	45.27	27.96	79	151
6	Бакэу	Румыния	46.57	26.92	86	330
7	Яссы	Румыния	47.16	27.59	140	24
3–4 балла						
8	Кагул	Молдова	45.90	28.20	55	87
9	Леово	Молдова	46.47	28.24	86	42
10	Брашов	Румыния	45.65	25.60	149	261
3 балла						
11	Ципала	Молдова	46.82	28.87	147	45
12	Кишинёв	Молдова	47.01	28.86	162	39
13	Сынджера	Молдова	46.90	28.97	159	45
14	Трушены	Молдова	45.07	28.68	162	34
15	Ставчены	Молдова	47.09	28.87	169	39
16	Крикова	Молдова	47.14	28.85	173	39
17	Будешты	Молдова	47.07	29.00	169	42
18	Вадул-луй-Водэ	Молдова	47.09	29.08	180	42
19	Бендеры	Молдова	46.82	29.47	183	57
20	Тирасполь	Молдова	46.84	29.65	194	58
21	Суклея	Молдова	46.82	29.65	195	57
22	Констанца	Румыния	44.17	28.64	213	154
23	Ботошаны	Румыния	47.73	26.68	213	342
2–3 балла						
24	Бухарест	Румыния	44.43	26.10	196	214
25	Одесса	Украина	46.46	30.72	256	70
26	Белгород-Днестровский	Украина	46.19	30.33	222	80

Примечание. Расстояния определены от инструментального эпицентра MOLD (табл. 6).

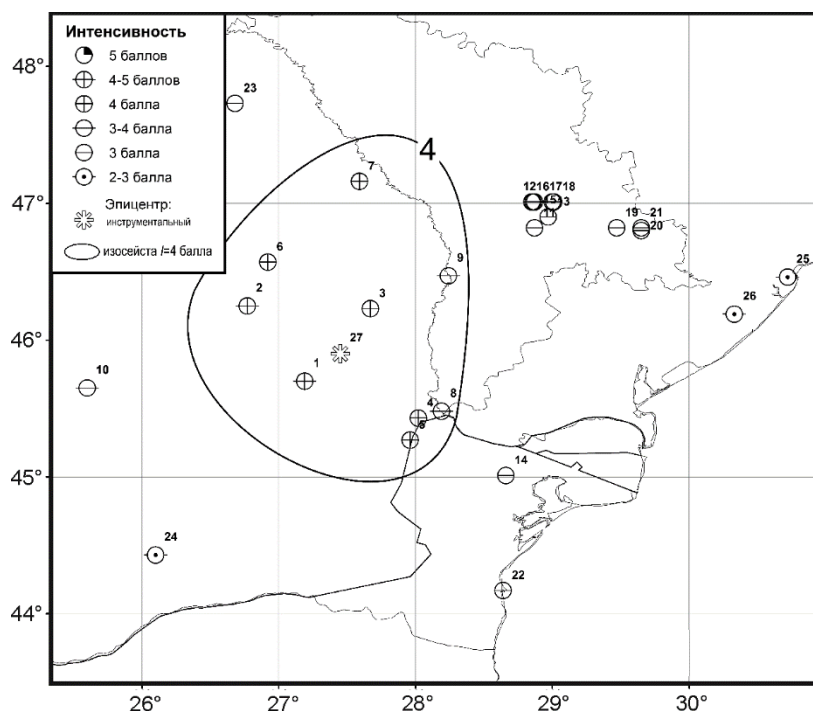


Рис. 5. Карта-схема «пунктов-баллов» и 4-балльной изосейсты землетрясения 24 апреля 2020 г., указан инструментальный эпицентр MOLD (см. табл. 6)

Землетрясение 2 июня 2020 г. с $K_p=12.0$, $m_b=4.2_{ISC}$, $h_{rp}=107$ км (Прил. 3) проявилось в Румынии и в Республике Молдова. В Румынии отмечено в восточных и южных уездах с интенсивностью 3 балла, слабо ощущалось в нескольких городах: Бакэу, Бырлад, Брэила, Яссы и др. В Молдове ощущалось в Кагуле, Леово с интенсивностью 3 балла, в Кишинёве – 2–3 балла MSK-64.

Основные параметры землетрясения 2 июня по инструментальным данным различных сейсмологических центров приведены в табл. 9.

Таблица 9. Основные параметры землетрясения 2 июня 2020 г. с $K_p=12.0$, $m_b=4.2$, $h_{rp}=107$ км по данным различных агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр				Магнитуда/ число станций	Источник
			φ° N	λ° E	h , км	δh , км		
КОМСП (=SIGU)	11 12 55.7	0.10	45.62	26.61	99	–	$K_p=12.0/11$, $M_d=4.0/20$ $MSH=4.3/11$	[Прил. 3]
MOLD	11 12 59.3	–	45.66	26.55	99	–	$M_{MLD}=4.6$	[Прил. 4]
MOS	11 12 56.7	0.83	45.65	26.57	108.0	–	$m_b=4.3/11$	[3]
ISC	11 12 57.4	0.42	45.62	26.55	106.3 107.6	3.8 6.4	$m_b=4.2/34$	[3]
BUC	11 12 58.4	0.17	45.62	26.54	101.3	1.6	$m_l=4.5/75$	[4]
NEIC	11 12 57.9	1.16	45.62	26.57	105.7	3.4	$m_b=4.1/25$	[3]
GFZ	11 12 58.1	0.17	45.70	26.59	98.3	–	$M=4.0/24$, $m_b=4.2/24$	[3]

Механизм очага землетрясения 2 июня определен рядом сейсмологических агентств (табл. 10, рис. 6). Вариант решения механизма очага по первым вступлениям P -волн получен А.О. Мострюковым и В.А. Петровым (ГО БОРОК) в Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН [5]. Построение выполнено на основе 93 знаков вступлений P -волн, из них не согласующихся – 11. Кроме того, в табл. 10 и на рис. 6 приведено решение по данным BUC1 [4] на основе 71 знака. Решения близки между собой. Ось сжатия близгоризонтальна ($PL=9-10^\circ$) и ориентирована в направлении с северо-запада на юго-восток, нодальные плоскости $NP1$ – в направлении с юго-запада на северо-восток ($STK=245-251^\circ$). В очаге по обоим нодальным плоскостям мог произойти взброс или надвиг с незначительными компонентами сдвига.

Таблица 10. Параметры механизма очага землетрясения 2 июня 2020 г. с $K_p=12.0$, $MSH=4.3$, $h_{rp}=107$ км

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
	T		N		P		$NP1$			$NP2$			
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
ГО БОРОК	71	207	16	60	10	327	251	57	109	39	38	63	[5]
BUC1	72	192	16	58	9	324	245	57	107	36	37	66	[4]

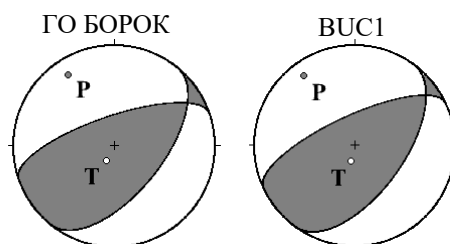


Рис. 6. Диаграммы механизма очага в проекции нижней полусферы землетрясения 2 июня 2020 г. с $K_p=12.0$, $MSH=4.3$, $h_{rp}=107$ км по данным ГО БОРОК и BUC

Закключение. Землетрясения, ощущавшиеся в 2020 г. на территории Молдовы, лоцированы за ее пределами, в области Вранча (Румыния), где происходят землетрясения с нормальными и промежуточными глубинами. Рассмотренные в статье землетрясения приурочены к интервалу глубин 21–123 км. В эпицентральных областях всех рассмотренных землетрясений в Румынии интенсивность сотрясений не превышала 5 баллов, а на территории Республики Молдова – 4 баллов.

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

Для корового землетрясения 24 апреля 2020 г. определяющим типом напряжения являются горизонтальные напряжения растяжения.

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

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., Карданец В.Ю., Тону Н.А., Михайлова Р.С., Бахтиарова Г.М., Лукаш Н.А., Пойгина С.Г.

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

Л и т е р а т у р а

1. The Modified Mercalli Intensity Scale. Earthquake Topics // USGS [Web Site]. – URL: <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/modified-mercalli-intensity-scale>
2. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
3. International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/>
4. Institutul National pentru Fizica Pamantului. Catalog ROMPLUS actualizat. (2024). – URL: <http://www.infp.ro/romplus/>
5. Мострюков А.О., Петров В.А. Каталог механизмов очагов землетрясений, 1912–2020 гг. – Фонды Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН, 2020.

EARTHQUAKES of 2020 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 2020 on the territory of Moldova occurred outside its borders, in Romania, and had depths in the range $h=21\text{--}124\text{ km}$. In 2020, the population of Moldova felt four earthquakes: January 31, March 11, April 24 and June 2. The January 31 earthquake with $M_{\text{WGCM}}=4.8$ and $h_{\text{p}}=123\text{ km}$ was felt in 11 settlements in the eastern and southern counties of Romania, in 16 settlements of Moldova and in six settlements of Ukraine. The epicenter was in the curve of the Vrancea mountains. The earthquake of March 11 with $M_{\text{WMED}}=4.1$ and $h_{\text{p}}=120\text{ km}$ was weakly felt in several cities of Romania (in three settlements), in Moldova the earthquake was felt in Cahul and Leovo with intensity $I=3$ and in Chisinau with $I=2$. The earthquake of April 24 with $M_{\text{WGCM}}=4.7$ and $h=21\text{ km}$ was felt in the eastern and southern counties of Romania in 11 localities, as well as in 13 points of the central and southern regions of the Republic of Moldova and two of Ukraine. The earthquake of June 2 with $m_{\text{BSC}}=4.2$ and $h_{\text{p}}=107\text{ km}$ was felt in the eastern and southern counties of Romania (in four localities) and in the central and southern areas of the Republic of Moldova (three localities). The focal mechanisms given in the article indicate that the three considered earthquakes with an intermediate depths occurred under the influence of the prevailing near-horizontal compression, and one crustal event – under the influence of the prevailing near-horizontal stretching.

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

For citation: Stepanenco, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2024). [Earthquakes of 2020 felt in Moldova (Romania–Moldova)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 27(2020), 255–264. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2024.27.23> EDN: QFBFSB

R e f e r e n c e s

1. The Modified Mercalli Intensity Scale. Earthquake Topics. USGS. (2024). Retrieved from <https://www.usgs.gov/programs/earthquake-hazards/modified-mercalli-intensity-scale>
2. Medvedev, S.V., Shponhoyer, V., & Karnik, V. (1965). *Mezhdunarodnaya shkala seysmicheskoy intensivnosti MSK-64* [MSK-64 International seismic intensity scale]. Moscow, Russia: MGK Academy of Sciences USSR Publ., 11 p. (In Russ.).
3. International Seismological Centre. (2024). On-line Bulletin. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/>
4. Institutul National pentru Fizica Pamantului. Catalog ROMPLUS actualizat. (2024). Retrieved from <http://www.infp.ro/romplus/>
5. Mostryukov, A.O., & Petrov, V.A. (2020). *Katalog mekhanizmov ochagov zemletryaseniy, 1912–2020* [Catalog of earthquakes focal mechanisms, 1912–2020]. Funds of the Borok Geophysical Observatory of the IEP RAS. (In Russ.).