

ОЩУТИМЫЕ в МОЛДОВЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2016–2017 гг.**(Румыния–Молдова)****Н.Я. Степаненко, В.Ю. Карданец***Институт геологии и сейсмологии РМ, г. Кишинёв, seismolab@rambler.ru*

Аннотация. Все ощущавшиеся в 2016–2017 гг. на территории Молдовы землетрясения произошли за ее пределами, в области Вранча (Румыния), и имели промежуточные глубины в диапазоне $h_{rp}=95–135$ км. В 2016 г. населением Молдовы ощущались два землетрясения: 23 сентября с $M_w=5.7$, $h_{rp}=95$ км и 27 декабря с $M_w=5.6$, $h_{rp}=100$ км. Для них собраны данные о сотрясениях в 133 и 150 населенных пунктах соответственно, по которым построены карты изосейст. Землетрясение 23 сентября 2016 г. сильнее всего проявилось в восточной и южной части Румынии, но ощущалось также на севере Болгарии, в Молдове и на юго-западе Украины, в Сербии и Македонии, отголоски землетрясения дошли до Стамбула на юге, до Тираны на западе, до Гомеля на севере и до Мариуполя на востоке от эпицентра. Максимальная интенсивность в 6 баллов по шкале Меркалли отмечена в Бузэу. Землетрясение 27 декабря 2016 г. сильнее всего проявилось в восточной и южной части территории Румынии, а также на севере Болгарии, в Молдове, на юго-западе Украины, в Сербии. Максимальная интенсивность в 5 баллов по шкале Меркалли отмечена в пос. Вынэторь. В 2017 г. населением Молдовы ощущались четыре землетрясения: 8 февраля, 19 мая, 1 и 2 августа. Землетрясение 2 февраля с $M_w=4.5$ и $h_{rp}=126$ км проявилось в Румынии и в Республике Молдова с интенсивностью 2–3 балла. Землетрясение 19 мая с $M_w=4.3$ и $h_{rp}=124$ км ощущалось в восточных и южных уездах Румынии (в шести населенных пунктах), в центральных и южных районах Республики Молдова. Сотрясения от землетрясения 1 августа с $M_w=4.3$ и $h_{rp}=107$ км ощущались в восточных и южных уездах Румынии, а также в центральных и южных районах Молдовы (Кагул и Кишинев, 2–3 балла). Землетрясение 2 августа с $M_w=4.9$ и $h_{rp}=135$ км ощущалось в восточных и южных уездах Румынии, отмечено в Кагуле с интенсивностью 3 балла и в Кишиневе – 2 балла. Приведенные в статье механизмы очагов указывают на то, что все рассмотренные землетрясения произошли под действием преобладающего близгоризонтального сжатия. Отмечается, что величина суммарной сейсмической энергии, выделенной в 2016 г. в очаговой области Вранча, является максимальной годовой энергией для этой области в 21 веке.

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

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.28 **EDN:** JMTAUS

Для цитирования: Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Ощутимые в Молдове землетрясения 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – С. 304–314. DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.28. EDN: JMTAUS



Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений, ощущаемых в Молдове в 2016–2017 гг.

бания были 4-балльными. Следует отметить направленность макросейсмического эффекта на северо-восток от эпицентра по линии Бырлад-Яссы-Кишинев.

Основные параметры землетрясения 23 сентября по инструментальным данным разных сейсмологических центров приведены в табл. 1.

Введение. В 2016–2017 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 (рис. 1) Глубины залегания очагов рассматриваемых в статье ощущаемых землетрясений варьируют от 80 до 150 км. Сведения об их ощущаемости в Молдове и соседних странах описаны как в данной статье, так и в специальных Приложениях [1, 2, 3].

Землетрясение 23 сентября 2016 г. с $K_r=14.4$, $M_w=5.7$ сильнее всего проявилось в восточной и южной части Румынии, существенно отмечалось на севере Болгарии, в Молдове и на юго-западе Украины, ощущалось в Сербии и Македонии. Отголоски землетрясения дошли до Стамбула на юге, до Тираны на западе, до Гомеля на севере и до Мариуполя на востоке от эпицентра. Максимальная интенсивность в 6 баллов по шкале Меркалли отмечена в Бузэу. В Бухаресте колебания были 4-балльными.

Таблица 1. Основные параметры землетрясения 23 сентября 2016 г. с $K_p=14.4$, $M_w=5.7$
по данным различных агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источ- ник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
КОМСП (=SIGU)	23 11 19.6	0.1	45.75	1.0	26.60	1.0	98	–	$K_p=14.4/11$, $M_d=5.2/16$, $K_d=13.3/16$, $MSH=5.7/11$	[4]
MOLD	23 11 20.1	0.1	45.81	1.2	26.56	1.1	80	–	$K_p=14.8/1$, $MPV=5.7/1$, $M_d=5.8/3$, $MSM=5.9/1$	[5]
MOS	23 11 18.40	0.90	45.73	3.9	26.61	3.1	87	–	$m_b=5.4/17$	[6]
ISC	23 11 20.81	0.17	45.77	3.17	26.56	2.79	95	1.4	$m_b=5.7/582$	[6]
MED RCMT	23 11 20	0.10	45.79	1.11	26.72	1.11	95	1.5	$M_w=5.7/30$	[6]
BUC	23 11 20.06	0.76	45.71	1.6	26.62	1.2	92	2.3	$ML=5.3/59$	[6]
SOF	23 11 17.30	–	45.93	–	26.54	–	90	–	$M_d=6.0$	[6]
NEIC	23 11 20.20	–	45.72	–	26.60	–	96	–	$m_b=5.7/724$	[6]
GCMT	23 11 21.80	0.10	45.79	–	26.61	–	84	1.2	$M_w=5.7/149$	[6]
GFZ	23 11 20.6	–	45.70	–	26.49	–	88	–	$M_w=5.6$	[7]

Примечание. Здесь и в табл. 3, 5, 7, 9, 11: 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 – ФИЦ ЕГС РАН, Обнинск, Россия; ISC – Международный сейсмологический центр, Тэтчем, Бёркшир, Великобритания; MED – Средиземноморская сейсмическая сеть, Рим, Италия; BUC – Национальный институт физики Земли, Бухарест, Румыния; SOF – Национальный институт геофизики, геологии и географии, София, Болгария; NEIC – Национальный сейсмологический информационный центр Геологической службы США, Денвер; GCMT – Глобальный проект тензора сейсмического момента, Институт Земли при Колумбийском университете, Палисейд, Нью-Йорк, США; GFZ – Национальный исследовательский центр наук о Земле, Потсдам, Германия.

Из таблицы видно, что координаты эпицентра землетрясения, определенные разными агентствами, совпадают по широте и долготе в пределах 0.2° . Глубина очага варьирует в интервале 80–98 км, среднее значение глубины составляет 92 км. Рассмотрим величину землетрясения. Ее оценки в каталоге Молдовы [5], соответствующие энергетическому классу $K_p=14.8$ и магнитуде $M_d=5.8$ по длительности записи, несколько завышены по сравнению с $K_p=14.4$ и $M_d=5.2$, определенными в Отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины и включенными в качестве основных в сводный каталог Карпат [4]. Магнитуда $MPV=5.7$ по P -волнам в каталоге Молдовы [5] близка к значениям аналогичной магнитуды $m_b=5.7$ по данным ISC и NEIC, а также к моментной магнитуде $M_w=5.7$ по MED RCMT, GCMT, NEIC, которую мы считаем основной.

Механизм очага землетрясения 23 сентября определен рядом сейсмологических агентств (табл. 2, на рис. 2). Региональное решение (MOLD в табл. 2) получено методом первых вступлений P -волн по 178 знакам, из них 97 знаков сжатия и 81 – разрежения [8]. Не согласующихся с данным решением знаков – 9. Нодальная плоскость параллельна простиранию Восточных Карпат ($STK=160^\circ$). Второй вариант решения механизма очага (MP) получен А.О. Мострюковым и В.А. Петровым в Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН [9] с использованием данных мировой сейсмической сети [6] и любезно предоставлен авторам статьи. Построение выполнено на сетке Вульфа в проекции на нижнюю полусферу на основе 234 знаков вступлений P -волн, из них несогласующихся – 43. Кроме того, в табл. 2 и на рис. 2 приведены решения по методу тензора сейсмического момента (далее – ТСМ) по данным агентств ISC, GCMT, NEIC, MED RCMT, решения которых приведены в [6], а также GFZ [7] и BUC [10].

Таблица 2. Параметры механизма очага землетрясения 23 сентября 2016 г. с $K_p=14.4$, $M_w=5.7$

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	$SLIP$	
MOLD	76	154	14	325	3	56	160	44	110	313	50	70	[8]
MP	71	162	19	328	4	59	168	44	118	312	52	66	[9]
ISC	82	171	17	320	4	51	148	41	101	314	50	81	[3]
NEIC	75	238	5	128	14	36	119	32	80	311	59	96	[3]
MED RCMT	80	231	2	130	10	40	127	35	87	311	55	92	[3]
GCMT	76	213	1	308	11	38	130	34	92	307	56	89	[3]

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ис-точник
	<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>	
GFZ	79	194	5	310	10	40	135	35	98	306	55	84	[7]
BUC	78	236	2	138	12	47	135	33	87	319	57	92	[10]

Полученные решения хорошо согласуются между собой. Ось сжатия *P* близгоризонтальна ($PL=3-14^\circ$), азимут оси составляет $36-59^\circ$. Ось растяжения *T* близвертикальна ($DP=76-80^\circ$). Обе возможные нодальные плоскости имеют северо-западное – юго-восточное простирание. Одна из них (рабочая) – наклонная ($DP=32-44^\circ$), другая – крутая ($DP=50-59^\circ$). Ориентированы нодальные плоскости диагонально ($STK=119-135^\circ$). Характер подвижки – надвиг с небольшой сдвиговой компонентой. Пологая плоскость разрыва надвигается с юго-западной стороны на северо-восточную, что соответствует надвиганию Восточных Карпат на Предкарпатский прогиб.

Подобие решений по стандартной методике и по методу ТСМ свидетельствует о том, что характер подвижки и ориентация разрыва при его развитии не изменились.

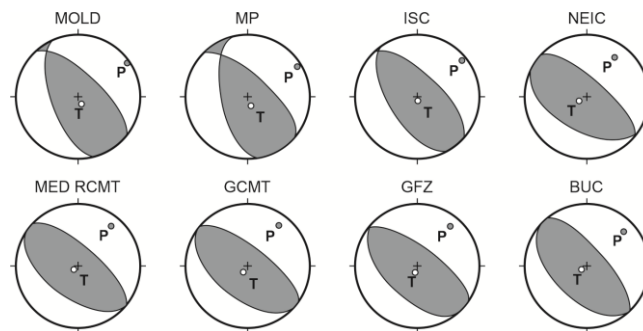


Рис. 2. Диаграммы механизма очага землетрясения 23 сентября 2016 г. в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

Макросейсмические данные о проявлениях землетрясения 23 сентября 2016 г. в населенных пунктах Румынии, Молдовы, Украины и Болгарии суммированы в Приложении [2]. На основе этих данных построена карта изосейст (рис. 3), опубликованная ранее в [11]. Из-за сложной картины макросейсмических проявлений внутри изосейсты высшего балла ($I=5$ баллов) положение макросейсмического эпицентра не определено, а расстояния до населенных пунктов в [2] рассчитаны от инструментального эпицентра, который и показан на рис. 3.

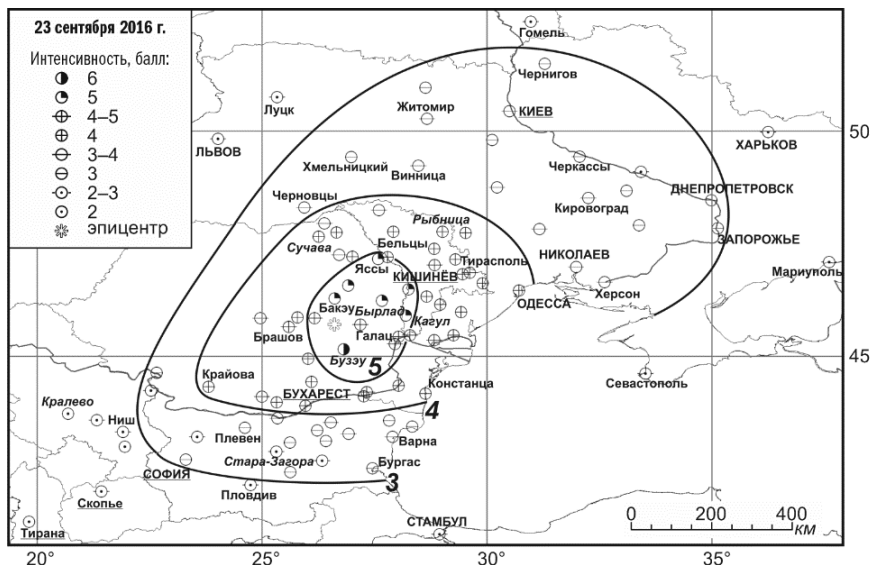


Рис. 3. Карта изосейст землетрясения 23 сентября 2016 г., приведенная в [11]. «Эпицентр» на карте соответствует инструментальному эпицентру

Землетрясение 27 декабря 2016 г. с $K_p=13.5$, $M_w=5.6$ сильнее всего проявилось в восточной и южной части территории Румынии, а также существенно отмечалось на севере Болгарии,

в Молдове, на юго-западе Украины. Ощущалось в Сербии. Для описания макросейсмического эффекта этого землетрясения использовались макросейсмические материалы, собранные непосредственно по Республике Молдова, а также из доступных источников в сети Интернет по Румынии, Украине, Болгарии и Сербии. Эти данные суммированы в таблицах Приложений [1, 2], а подробное текстовое описание его проявлений в населенных пунктах – в [3].

В Румынии максимальная интенсивность в 5 баллов отмечена в населенном пункте Вынэторь (уезд Вранча). В Фокшанах, Буззу, Галаце, Плоештах сотрясения достигали 4–5 баллов. В Болгарии сильнее всего землетрясение ощущалось в Силистре (4 балла).

Основные параметры землетрясения 27 декабря 2016 г. по данным разных сейсмологических центров собраны в табл. 3.

Таблица 3. Основные параметры землетрясения 27 декабря 2016 г. с $K_p=13.5$, $M_w=5.6$ по данным различных агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , м		
КОМСП (=SIGU)	23 20 56	0.1	45.73	0.9	26.59	0.9	98	–	$K_p=13.5/13$, $M_d=4.9/17$, $K_d=12.8/17$, $MSH=4.5/9$	[4]
MOLD	23 20 56.1	0.1	45.71	1.2	26.60	1.1	97	–	$K_p=14.1/1$, $MPV=5.2/1$, $M_d=4.9/3$, $MSM=5.1/1$	[5]
MOS	23 20 54.90	0.90	45.70	369	26.54	3.0	98	–	$m_b=5.5/60$; $MS=4.4/9$	[6]
ISC	23 20 56.48	0.20	45.75	3.19	26.50	2.84	100	1.7	$m_b=5.5/350$	[6]
MED RCMT	23 20 56.00	0.10	45.78	2.22	26.62	1.11	86	1.3	$M_w=5.6/37$	[6]
BUC	23 20 55.96	0.51	45.71	1.2	26.60	0.9	97	1.6	$ML=5.3/62$	[6]
SOF	23 20 55.10	–	45.73	–	26.55	–	100	–	$M_d=6.1$	[6]
NEIC	23 20 56.1	0.8	45.71	8.3	26.53	5.3	97	–	$M_w=5.6$	[6]
GCMT	23 20 58.10	0.10	45.74	–	26.58	–	96	0.7	$M_w=5.7/149$	[6]
GFZ	23 20 56.25	–	45.72	–	26.63	–	88	–	$M_w=5.6$	[7]

см. Примечание к табл. 1.

Представленные в таблице координаты эпицентра землетрясения различаются по широте и долготе не более чем на 0.2° . Глубина очага варьирует в интервале 87–100 км. Среднее значение глубины составляет 95 км. Значения магнитуды $m_b=5.5$ по данным MOS и ISC близки к $MPV=5.7$ по данным MOLD. Меньшее значение $m_b=5.0$ дает IDC (не приведено в таблице), но такое занижение характерно для этого агентства. Так, согласно формуле, полученной Кохом для 7797 землетрясений Мира [12], разница между магнитудами m_b по данным ISC и IDC составляет $\Delta m_b=0.44$ при $m_{bISC}=5.5$. Магнитуда $MS=4.4$ по данным MOS ожидаемо занижена из-за значительной глубины землетрясения. С учетом поправки за глубину из [13] при $h_{cp}=95$ км расчетная оценка этой магнитуды $MS^P=5.0$. Наиболее надежная магнитуда по сейсмическому моменту $M_w=5.6–5.7$ указана агентствами MED RCMT, NEIC, GCMT, BGS, GFZ.

Механизм очага землетрясения 27 декабря определен MOLD методом первых вступлений P -волн по 161/8 знакам, из них 87 – сжатий, 74 – разрежений. Решение MP из каталога А.О. Мострюкова и В.А. Петрова (Геофизическая обсерватория «Борок» ИФЗ АН) [9] получено на основе 236/32 знаков вступлений P -волн. Кроме того, имеются и решения по методу TCM (табл. 4, рис. 4) по данным агентств ISC, GCMT, NEIC, MED RCMT [6], GFZ [7]. BUC [10]. Все решения согласуются между собой. Обе возможные нодальные плоскости ориентированы диагонально. Ось сжатия P близгоризонтальна ($PL=5–10^\circ$), ось растяжения T близвертикальна ($DP=81–85^\circ$). Одна из нодальных плоскостей (рабочая) – наклонная ($DP=38–51^\circ$), как и другая ($DP=40–53^\circ$). Характер подвижки – надвиг с небольшой сдвиговой компонентой.

Таблица 4. Параметры механизма очага землетрясения 27 декабря 2016 г. с $K_p=13.5$, $M_w=5.6$

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
	T		N		P		$NP1$			$NP2$			
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
MOLD	84	154	5	304	5	34	130	40	100	298	50	84	[8]
MP	81	90	6	313	6	222	138	51	98	305	40	80	[9]
ISC	84	88	4	311	4	221	135	49	96	307	41	83	[6]
NEIC	85	199	2	308	5	38	130	40	92	306	50	88	[6]

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
	T		N		P		NP1			NP2			
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
MED RCMT	80	231	1	131	6	40	129	39	88	312	51	92	[6, 7]
GCMT	83	224	0	132	7	42	131	38	89	312	52	90	[6]
GFZ	81	182	5	308	10	32	135	38	99	304	53	83	[7]
BUC	83	258	4	134	6	43	129	40	84	317	51	95	[6, 10]

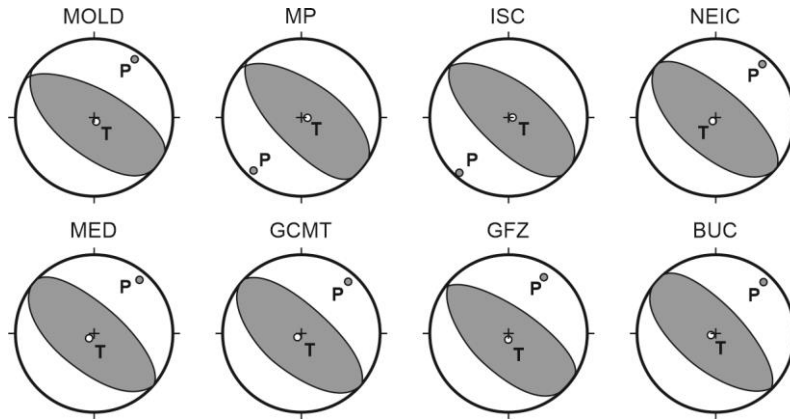


Рис. 4. Диаграммы механизма очага землетрясения 27 декабря 2016 г. в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

Макросейсмические данные землетрясения 27 декабря 2016 г., приведенные в [1, 2], суммированы на карте изосейст (рис. 5), опубликованной ранее в [14]. Максимальная интенсивность наблюдалась в пос. Вынэторь, Румыния (рядом с г. Фокшаны на карте), координаты которого ($\varphi=45.72^\circ$; $\lambda=27.25^\circ$) можно принять за макросейсмический эпицентр.

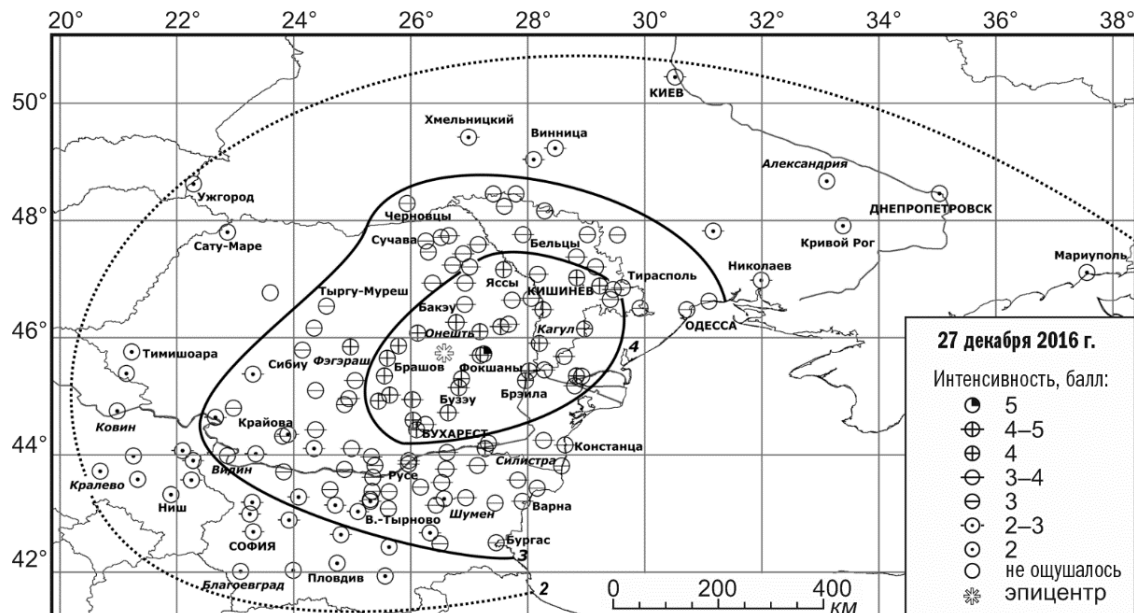


Рис. 5. Карта изосейст землетрясения 27 декабря 2016 г. из [14]. «Эпицентр» соответствует инструментальному эпицентру

В северо-восточном направлении усиление макросейсмического эффекта наблюдается в сторону Одессы. Колебания достигли Мариуполя на востоке и Киева на севере. В юго-западном направлении колебания охватили всю Болгарию и большую часть Сербии. На северо-западе землетрясение ощущалось в Ужгороде. В Республике Молдова отмечалась интенсивность от 4–5 баллов на юго-западе до 3 баллов на севере страны.

В 2017 г. населением Молдовы ощущалось 4 землетрясения: 8 февраля, 19 мая, 1 и 2 августа.

Землетрясение 8 февраля 2017 г. с $K_p=12.5$, $M_w=4.5$ возникло на глубине $h_{pp}=126$ км и ощущалось в восточных и южных уездах Румынии, (в шести населенных пунктах), в Молдове землетрясение отмечено в Кагуле с интенсивностью 4 балла и в Кишиневе – 3 балла по шкале MSK-64 [4, 5]. Эпицентр находился в изгибе гор Вранча.

Инструментальные данные. Основные параметры землетрясения 8 февраля 2017 г. по данным различных агентств приведены в табл. 5.

Таблица 5. Основные параметры землетрясения 8 февраля 2017 г. с $K_p=12.5$, $M_w=4.5$ по данным различных агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источ- ник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
КОМСП (=SIGU)	15 08 20.20	0.10	45.51	1.2	26.29	1.1	131	–	$K_p=12.5/5$, $Md=4.2/12$, $Kd=11.5/17$, $MSH=4.3/6$	[4]
MOLD	15 08 20	0.1	45.49	–	26.28	–	126	–	$K_p=12.3/1$, $MPV=4.1/2$, $Md=4.8$, $MSM=4.2/2$	[5]
MOS	15 08 19.50	0.85	45.51	3.4	26.29	2.6	131	–	$m_b=4.8/34$	[6]
ISC	15 08 20.41	0.38	45.51	3.9	26.25	3.4	126	3.51	$m_b=4.7/151$	[6]
MED CMT	15 08 20.00	0.3	45.49	4.4	26.49	3.3	128	4.2	$M_w=4.5/20$	[6]
BUC	15 08 20.89	0.19	45.49	1.5	26.28	1.1	123	1.8	$ML=5.0/80$	[6, 10]
NEIC	15 08 20.55	2.23	45.52	9.1	26.26	8.2	127	5.4	$m_b=4.7/152$	[6]
IDC	15 08 20.42	0.25	45.54	7.6	26.11	6.6	125	2.2	$m_b=4.4/35$	[6]
GFZ	15 08 20	–	45.80	–	26.72	–	124	–	$M_w=4.5$	[6, 7]

Примечание. IDC – Международный центр обработки данных, Вена, Австрия. Также см. Примечание к табл. 1.

Представленные в таблице координаты эпицентра землетрясения совпадают по широте и долготе в пределах 0.3° . Глубина очага варьирует в интервале 124–131 км, среднее значение глубины составляет 127 км. Оценка величины землетрясения в каталоге Молдовы соответствует энергетическому классу $K_p=12.3$, магнитуде $MSM=4.2$ по S-волнам, $MPV=4.1$ по P-волнам, $Md=4.8$ по длительности записи. Значения магнитуд $m_b=4.8$ по данным MOS и $m_b=4.7$ по ISC близки, моментные магнитуды по MED RCMT и GFZ равны: $M_w=4.5$.

Механизм очага землетрясения 8 февраля по методу первых вступлений P-волн определен в каталоге MP (табл. 6) А.О. Мострюкова и В.А. Петрова [9] на основе 128/17 знаков вступлений P-волн. По методу TCM в табл. 6 и на рис. 6 имеются по данным агентств ISC, MED RCMT, GFZ, BUC. Все решения согласуются между собой, кроме первого решения ISC. Обе возможные нодальные плоскости имеют северо-восточное – юго-западное простирание. Характер подвижки – надвиг с небольшой сдвиговой компонентой. Горизонтальная составляющая сжимающих напряжений нормальна к Карпатской дуге в районе ее изгиба.

Таблица 6. Параметры механизма очага землетрясения 8 февраля 2017 г. с $K_p=12.5$, $M_w=4.5$

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	
MP	75	339	2	241	15	151	238	30	86	63	60	92	[9]
ISC	77	242	13	67	1	336	258	47	107	54	45	72	[6]
MED RCMT	78	85	11	248	3	339	238	49	75	80	43	106	[6]
GFZ	81	245	9	46	3	137	236	43	103	39	48	78	[7]
BUC	84	192	3	73	6	344	256	51	94	70	39	85	[10]

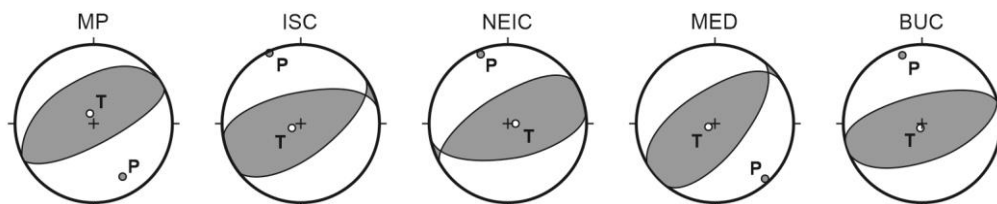


Рис. 6. Диаграммы механизма очага землетрясения 8 февраля 2017 г. в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

Землетрясение 19 мая с $K_p=12.5$, $M_w=4.3$, произошедшее на глубине $h_{pp}=124$ км, ощущалось в восточных и южных уездах Румынии (в 6 населенных пунктах), отмечено также в центральных и южных районах Республики Молдова: в Кагуле 4 балла, в Кишиневе 3 балла, Комрате 3 балла, в Бельцах 2 балла [1, 2, 3].

Основные параметры по инструментальным данным землетрясения 19 мая 2017 г. разных сейсмологических центров приведены в табл. 7.

Таблица 7. Основные параметры землетрясения 19 мая 2017 г. с $K_p=12.5$, $M_w=4.3$ по данным различных агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
КОМСП (=SIGU)	20 02 45.10	0.1	45.71	–	26.74	–	118	–	$K_p=12.5/5$, $M_d=4.1/21$, $K_d=11.5/21$, $MSH=3.8/7$	[4]
MOLD	20 02 44.8	0.1	45.49	–	26.28	–	126	–	$K_p=12.4/1$, $MPV=4.5/2$, $M_d=4.0$, $MSM=4.3/2$	[5]
MOS	20 02 42.90	1.15	45.71	4.6	26.65	3.8	122	–	$m_b=4.3/9$	[6]
ISC	20 02 44.21	0.49	45.77	3.9	26.70	3.4	124	3.68	$m_b=4.3/54$	[6]
PDG	20 02 44.40	0.69	45.60	0.6	26.43	0.9	118	–	$ML=4.2/13$	[6]
MED RCMT	20 02 45.00	–	45.70	17.8	26.98	8.9	130	11.6	$M_w=4.3/9$	[6]
BUC	20 02 44.60	0.19	45.72	1.5	26.75	1.2	122	1.9	$ML=4.6/89$	[6, 10]
NEIC	20 02 44.21	2.91	45.74	6.6	26.65	5.5	124	3.4	$m_b=4.3/43$	[6]
IDC	20 02 44.69	0.39	45.76	12.4	26.53	9.6	123	4.4	$m_b=4.2/30$	[6]

Примечание. PDG – Институт гидрометеорологии и сейсмологии, Подгорица, Черногория. Также см. Примечания к табл. 1, 5.

Представленные в таблице координаты эпицентра землетрясения совпадают по широте и долготе в пределах 0.3° , глубина варьирует в интервале 118–130 км, среднее значение глубины составляет 123 км. Оценка величины землетрясения в каталоге Молдовы [5] соответствует $K_p=12.4$, $MSM=4.3$, $MPV=4.5$, $M_d=4$. Значения магнитуды m_b по данным MOS, ISC и NEIC совпадают, $m_b=4.3$ и равны моментной магнитуде $M_w=4.3$ по данным MED RCMT.

Решения механизма очага землетрясения 19 мая по данным разных агентств, представленные в табл. 8, хорошо согласуются между собой. Ось сжатия близгоризонтальна ($PL=5–11^\circ$). Ось растяжения T близвертикальна ($PL=54–66^\circ$). Обе возможные нодальные плоскости имеют диагональное простирание. Характер подвижки – надвиг с небольшой сдвиговой компонентой.

Таблица 8. Параметры механизма очага землетрясения 19 мая 2017 г. с $K_p=12.5$, $M_w=4.3$

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
	T		N		P		$NP1$			$NP2$			
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
MP	54	328	34	170	11	73	128	45	38	10	64	129	[9]
MED RCMT	60	352	28	147	11	243	130	62	53	3	42	134	[6]
BUC	66	340	23	147	5	239	129	54	61	352	45	123	[10]

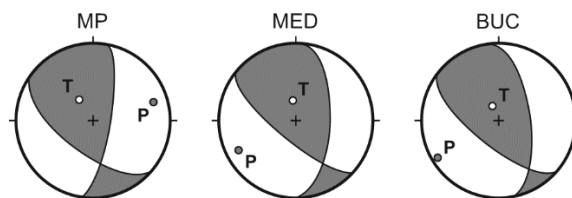


Рис. 7. Диаграммы механизма очага землетрясения 19 мая 2017 г. в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

Землетрясение 1 августа с $K_p=12.1$, $M_w=4.3$ реализовалось на глубине $h_{pp}=107$ км. Землетрясение ощущалось в восточных и южных уездах Румынии в семи населенных пунктах. Отмечено в центральных и южных районах Республики Молдова (два пункта) [4, 5].

Основные параметры по инструментальным данным землетрясения 1 августа 2017 г. приведены в табл. 9.

Таблица 9. Основные параметры землетрясения 1 августа 2017 г. с $K_p=12.1$, $M_w=4.3$ по данным различных агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
КОМСИ (=SIGU)	10 27 51.7	0.1	45.53	–	26.48	–	118	–	$K_p=12.1/6$, $M_d=4.1/18$, $K_d=11.3/18$, $MSH=4.1/5$	[4]
MOLD	10 27 53.1	0.1	45.49	–	26.28	–	97	–	$K_p=12.4/1$, $MPV=4.6/2$, $M_d=4.2$, $MSM=4.7/2$	[5]
MOS	10 27 49.70	1.06	45.62	4.6	26.46	3.6	105	–	$m_b=4.5/24$	[6]
ISC	10 27 50.64	0.36	45.56	3.8	26.39	3.4	107	3.28	$m_b=4.3/66$	[6]
MED CMT	10 27 51	0.80	45.53	6.7	26.60	5.6	116	9.5	$M_w=4.3/19$	[6]
BUC	10 27 51.03	0.20	45.54	1.4	26.44	1.1	104	2.1	$ML=4.7/75$	[6, 10]
NEIC	10 27 51.12	2.02	45.55	6.2	26.40	5.8	103	5.2	$m_b=4.3/68$	[6]
IDC	10 27 50.64	0.39	45.76	12.4	26.53	9.6	123	4.4	$m_b=4.3/30$	[6]
SOF	10 27 44.30	–	45.67	–	26.35	–	100	–	$M_d=4.4$	[6]

см. Примечания к табл. 1, 5.

Приведенные в таблице координаты эпицентра землетрясения совпадают по широте и долготы в пределах 0.3° . Глубина очага варьирует в интервале 97–123 км, среднее значение глубины составляет 108 км. Однотипные магнитуды близки: магнитуды по P -волнам, m_b и MPV не выходят за пределы $m_b(MPV)=4.3–4.6$, магнитуды по длительности записи $M_d=4.1–4.4$.

Решения механизма очага землетрясения 1 августа разными сейсмологическими центрами представлены в табл. 10. Все решения согласуются между собой. Одна из возможных нодальных плоскостей (рабочая) крутая, вторая пологая. Ось сжатия направлена близширотно ($AZM=255–287^\circ$). Характер подвижки – взбросо-сдвиг.

Таблица 10. Параметры механизма очага землетрясения 1 августа 2017 г. с $K_p=12.1$, $M_w=4.3$

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
	T		N		P		$NP1$			$NP2$			
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
MP	59	119	19	354	24	255	181	71	110	312	27	44	[9]
ISC	39	174	47	23	15	277	220	74	139	323	51	20	[6]
MED RCMT	53	150	21	29	29	287	214	77	112	334	25	33	[6]
BUC	48	142	8	28	10	269	201	79	119	311	31	23	[10]

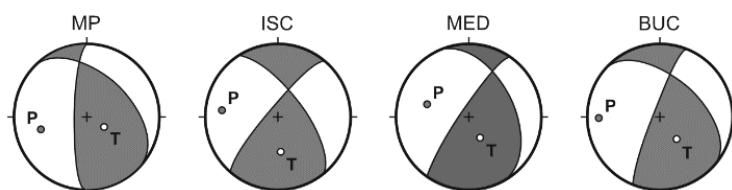


Рис. 8. Диаграммы механизма очага землетрясения 1 августа 2017 г. в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

Землетрясение 2 августа с $K_p=12.6$, $M_w=4.8$ произошло на глубине $h_{pf}=135$ км. Землетрясение ощущалось в восточных и южных уездах Румынии в девяти населенных пунктах. Отмечено в центральных и южных районах Республики Молдова (пять пунктов) и в Украине (один пункт) [4, 5].

Инструментальные данные землетрясения 2 августа приведены в табл. 11.

Таблица 11. Основные параметры землетрясения 2 августа 2017 г. с $K_p=12.6$, $M_w=4.8$ по данным различных агентств

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
КОМСИ (=SIGU)	02 32 11.10	0.1	45.56	–	26.41	–	142	–	$K_p=12.6/10$, $M_d=4.5/23$, $K_d=12.4/23$, $MSH=4.6/10$	[4]

Агентство	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			φ° , N	$\delta\varphi^\circ$	λ° , E	$\delta\lambda^\circ$	h , км	δh , км		
MOLD	02 32 12.7	0.1	45.60	–	26.37	–	150	–	$K_p=13/1$, $MPV=4.3/2$, $Md=4.3$, $MSM=4.9/2$	[5]
MOS	02 32 11.10	0.89	45.60	3.9	26.37	3.0	136	–	$m_b=4.9/39$	[6]
ISC	02 32 12.18	0.31	45.60	3.6	26.41	3.0	135	2.78	$m_b=4.7/194$	[6]
MED RCMT	02 32 12.0	0.20	45.58	3.3	26.58	2.2	133	3.3	$M_w=4.7/40$	[6]
BUC	02 32 12.68	0.22	45.53	1.5	26.41	1.2	131	2.0	$ML=5.0/70$	[6]
NEIC	02 32 12.14	2.38	45.55	3.3	26.39	2.2	138	4.3	$m_b=4.7/198$	[6]
IDC	02 32 12.11	0.30	45.59	8.9	26.25	7.1	133	4.4	$m_b=4.7/41$	[6]
GCMT	02 32 13.10	0.30	45.64	–	26.46	–	137	–	$M_w=4.8/87$	[6]

см. Примечания к табл. 1, 5.

Представленные в таблице координаты эпицентра землетрясения совпадают по широте и долготе в пределах 0.2° , глубина варьирует в интервале 131–150 км, среднее значение глубины составляет 137 км.

Рассмотрим величину землетрясения. Магнитуды по P -волнам MPV и по длительности записи Md в каталоге Молдовы несколько занижены, m_b других агентств согласуются лучше: $m_b=4.7$ – 4.9 . Отметим наилучшее согласие в моментных магнитудах: $M_w=4.8$ по GCMT, $M_w=4.7$ по MED RCMT.

Параметры механизма очага землетрясения 2 августа, определенные разными сейсмологическими центрами, приведены в табл. 12, а их диаграммы даны на рис. 9. Все решения согласуются между собой. Обе возможные нодальные плоскости имеют северо-восточное – юго-западное простирание. Характер подвижки – надвиг с небольшой сдвиговой компонентой.

Таблица 12. Параметры механизма очага землетрясения 2 августа 2017 г. с $K_p=12.6$, $m_b=4.9$

Агентство	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
	T		N		P		$NP1$			$NP2$			
	PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	$SLIP$	STK	DP	$SLIP$	
MP	68	27	14	258	17	164	233	31	61	85	63	106	[6]
ISC	61	29	16	226	23	169	229	26	50	92	70	108	[3]
MED RCMT	78	51	12	236	1	146	225	45	73	67	47	106	[3]
GCMT	77	33	12	238	5	147	224	41	72	68	62	105	[3]
BUC	83	85	6	241	3	332	236	48	82	68	43	99	[7]

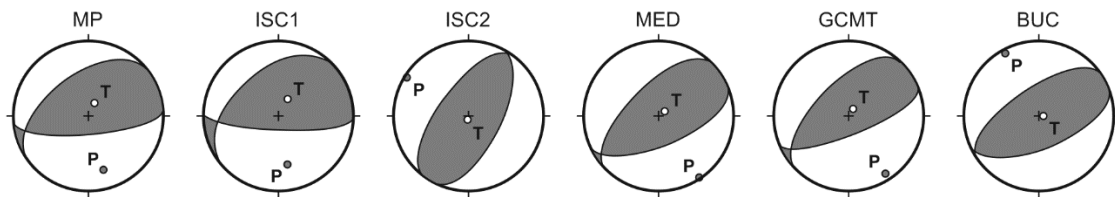


Рис. 9. Диаграммы механизмов очага землетрясения 2 августа 2017 г. в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

Все четыре землетрясения 2017 г.: 8 февраля, 19 мая, 1 и 2 августа произошли под действием преобладающего близгоризонтального сжатия.

Заключение. Землетрясения, ощущавшиеся в 2016–2017 гг. на территории Молдовы, лоцированы за ее пределами, в области Вранча (Румыния), где происходят землетрясения с промежуточными глубинами. Рассмотренные в статье землетрясения приурочены к интервалу глубин 90–135 км. В эпицентральных областях всех рассмотренных землетрясений в Румынии интенсивность сотрясений не превышала 6 баллов, а на территории Республики Молдова – 5 баллов.

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

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. Пронишин Р.С., Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. (отв. сост.); Михайлова Р.С., Лукаш Н.А. Макросейсмический эффект ощутимых землетрясений Карпат в населенных пунктах в 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
2. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Сведения об ощутимости землетрясений Карпат 23 сентября 2016 г. с $K_p=14.4$, $M_w=5.7$ и 27 декабря с $K_p=13.5$, $M_w=5.6$ в населенных пунктах Румынии, Молдовы, Украины и соседних стран // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
3. Степаненко Н.Я., Тону Н.А. (отв. сост.); Лукаш Н.А. Описание макросейсмических проявлений землетрясений 2016–2017 гг. в Молдове // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
4. Чуба М.В. (отв. сост.); Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецкив А.Т., Ницименко И.М., 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., Андрушко Ю.Т., Олийнык Г.И. Каталог землетрясений Карпат за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
5. Илиеш И.И., Тону Н.А. Дополнение к региональному каталогу землетрясений Карпат по данным Молдовы за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
6. International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. <https://doi.org/10.31905/D808B830>
7. European Mediterranean Seismological Centre. (2022). – URL: <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/>
8. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. (отв. сост.); Лукаш Н.А. Каталог механизмов очагов землетрясений Карпат за 2016–2017 гг. // Землетрясения Северной Евразии. – 2022. – Вып. 25 (2016–2017 гг.). – [Электронное приложение]. – URL: <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html>
9. Мострюков А.О., Петров В.А. Каталог механизмов очагов землетрясений, 1912–2017 гг. – Фонды Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН, 2020.
10. Institutul National pentru Fizica Pamantului. Catalog ROMPLUS actualizat. (2022). – URL: <http://www.infp.ro/romplus/>
11. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Карпатское землетрясение 23 сентября 2016 года // Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei. – 2016. – № 2. – С. 97–105.
12. Koch K. Eight Years of Continuous Quality Assessment of the International Data Centre (IDC) Reviewed Event Bulletin // Bulletin of the Seismological Society of America. – 2013. – V. 103, N. 1. – P. 296–305. doi: 10.1785/0120110350
13. Petrova N.V., Gabsatarova I.P. Depth corrections to surface-wave magnitudes for intermediate and deep earthquakes in the regions of North Eurasia // Journal of Seismology. – 2020. – V. 24, N 1. – P. 203–219. doi: 10.1007/s10950-019-09900-8
14. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Карпатское землетрясение 27 декабря 2016 года // Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei. – 2017. – №2. – С. 18–26.

EARTHQUAKES of 2016–2017 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 2016–2017 on the territory of Moldova occurred outside its borders, in the Vrancea region (Romania), with intermediate depths in the range $h_{pP}=95\text{--}135\text{ km}$. In 2016, the population of Moldova felt 2 earthquakes: September 23th with $M_w=5.7$, $h_{pP}=95\text{ km}$ and December 27th with $M_w=5.6$, $h_{pP}=100\text{ km}$. For them, data on quakes in 113 and 150 localities, respectively, were collected, according to which isoseismal maps were made. The earthquake of September 23, 2016 was most evident in the eastern and southern parts of Romania. But it was also felt in the north of Bulgaria, in Moldova and the south-west of Ukraine, in Serbia and Macedonia. The echoes of the earthquake reached Istanbul in the south, Tirana in the west, Gomel in the north and Mariupol in the east from the epicenter. The maximum intensity of 6 points on the Mercalli scale was noted in Buzau. The earthquake of December 27, 2016 was most evident in the eastern and southern parts of Romania, as well as in northern Bulgaria, Moldova, southwestern Ukraine and Serbia. The maximum intensity of $I=5$ on the Mercalli scale was noted in Vanatori. In 2017, the population of Moldova felt 4 earthquakes: February 8th, May 19th, August 1st and 2nd. The earthquake on February 2nd with $M_w=4.5$ and $h_{pP}=126\text{ km}$ manifested itself in

Romania and in the Republic of Moldova with an intensity of $I=2-3$. The earthquake on May 19 with $M_w=4.3$ and $h_{pp}=124$ km was felt in the eastern and southern counties of Romania (in 6 localities), in the central and southern regions of the Republic of Moldova. Tremors from the August 1st earthquake with $M_w=4.3$ and $h_{pp}=107$ km were felt in the eastern and southern counties of Romania, as well as in the central and southern regions of Moldova (Cahul and Chisinau, $I=2-3$). The earthquake on August 2nd with $M_w=4.9$ and $h_{pp}=135$ km was felt in the eastern and southern counties of Romania, in Cahul with an intensity $I=3$ and in Chisinau – $I=2$. The solutions of the focal mechanism given in the article indicate that all the considered earthquakes occurred under the influence of the prevailing compression close to horizontal. It is noted that the value of the total seismic energy released in 2016 in the focal area of Vrancea is the maximum annual energy for this area in the 21st century.

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

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

DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.28 **EDN:** JMTAUS

For citation: Stepanenco, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2022). [Earthquakes of 2016–2017 felt in Moldova (Romania – Moldova)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017), 304–314. (In Russ.). DOI: 10.35540/1818-6254.2022.25.28. EDN: JMTAUS

References

1. Pronishin, R.S., Stepanenco, N.Ya., Cardanets, V.Yu., Mikhailova, R.S., & Lukash, N.A. (2022). [Macro-seismic effect of felt earthquakes of the Carpathians in localities in 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
2. Stepanenco, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2022). [Information on the perceptibility of the Carpathian earthquakes on September 23, and December 27, 2016 in the localities of Romania, Moldova, Ukraine and neighboring countries]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
3. Stepanenco, N.Ya., Tonu, N.A., & Lukash, N.A. (2022). [Description of the macroseismic manifestations of the 2016–2017 earthquakes in Moldova]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
4. Chuba, M.V., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stetskiv, A.T., Nischimenko, I.M., Keleman, I.N., Garandzha, I.A., Dobrotvir, H.V., Verbitskaya, O.Ya., Davydyak, O.D., Gerasimenyuk, G.A., Gandarova, G.Z., Kikel, L.M., Verbitskaya, O.S., Andrushko, Yu.T., & Oliynyk, G.I. (2022). [Catalog of earthquakes of the Carpathians for 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
5. Iliesh, I.I., & Tonu, N.A. (2022). [Supplement to the regional catalog of Carpathian earthquakes according to Moldova data for 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
6. International Seismological Centre. (2022). On-line Bulletin. Retrieved from <https://doi.org/10.31905/D808B830>
7. European Mediterranean Seismological Centre. (2022). Retrieved from <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/>
8. Stepanenco, N.Ya., Cardanets, V.Yu., & Lukash, N.A. (2022). [Catalog of focal mechanisms of the Carpathians earthquake for 2016–2017]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 25(2016–2017). Electronic supplement. Retrieved from <http://www.gsras.ru/zse/app-25.html> (In Russ.).
9. 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.).
10. Institutul National pentru Fizica Pamantului. Catalog ROMPLUS actualizat. (2022). Retrieved from <http://www.infp.ro/romplus/>
11. Stepanenco, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2016). The Carpathian earthquake on September 23, 2016. *Bulletin of the Institute of Geology and Seismology of the Academy of Sciences of Moldova*, 2, 97–105. (In Russ.).
12. Koch, K. (2013). Eight Years of Continuous Quality Assessment of the International Data Centre (IDC) Reviewed Event Bulletin. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 103(1), 296–305. doi: 10.1785/0120110350
13. Petrova, N.V., & Gabsatarova, I.P. (2020). Depth corrections to surface-wave magnitudes for intermediate and deep earthquakes in the regions of North Eurasia. *Journal of Seismology*, 24(1), 203–219. doi: 10.1007/s10950-019-09900-8
14. Stepanenco, N.Ya., & Cardanets, V.Yu. (2017). The Carpathian earthquake on December 27, 2016. *Bulletin of the Institute of Geology and Seismology of the Academy of Sciences of Moldova*, 2, 18–26. (In Russ.).