

**ОЩУТИМЫЕ В МОЛДОВЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 2014 г.:****29 марта с  $K_p=12.5$ ,  $M_w=4.7$ , 10 сентября с  $K_p=12.4$ ,  $M_w=4.5$  и 22 ноября с  $K_p=14.3$ ,  $M_w=5.8$** **(Румыния–Молдова)****Н.Я. Степаненко, В.Ю. Карданец, Н.А. Симонова***Институт геологии и сейсмологии Республики Молдова, г. Кишинев,  
kis-seismo@mail.ru, seismolab@rambler.ru*

**Аннотация.** Все ощутимые в 2014 г. на территории Молдовы землетрясения произошли за ее пределами, в области Вранча и в Предкарпатье (Румыния). В 2014 г. населением Молдовы ощущалось 13 землетрясений. В статье детально рассматриваются три наиболее сильные из них – 29 марта, 10 сентября и 22 ноября. Землетрясение 29 марта с  $M_w=4.7$  и  $h_{pp}=136$  км ощущалось в восточных и южных уездах Румынии (в 41 населенном пункте), в Одесской области Украины, а также в центральных и южных районах Республики Молдова (22 пункта). Эпицентр находился в изгибе гор Вранча. Землетрясение 10 сентября с  $M_w=4.5$  и  $h_{pp}=108$  км ощущалось в восточных и южных уездах Румынии (в 27 населенных пунктах), на севере Болгарии и в Одесской области Украины, а также в центральных и южных районах Республики Молдова (22 пункта). Землетрясение 22 ноября с  $M_w=5.8$  и  $h_{pp}=37$  км возникло в юго-восточной части Румынии и оказалось самым значительным коровым событием за инструментальный период наблюдений. Афтершоки в данной зоне продолжались вплоть до 19 января 2015 г. Максимальный афтершок 7 декабря имел моментную магнитуду  $M_{wMED}=4.4$ . Главный толчок и его афтершоки связаны с активизацией Печенежско-Каменского разлома. Главный толчок ощущался в Румынии (в 66 населенных пунктах) и соседних странах: Болгарии, Молдове (23 пункта), Украине (18 пунктов). Для всех трех землетрясений, детально рассмотренных в данной работе, построены карты изосейст. Интенсивность в эпицентре землетрясения 22 ноября достигала  $I_0=6$  баллов, для двух других событий  $I_0=5$  баллов.

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

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.29

**Для цитирования:** Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю., Симонова Н.А. Ощутимые в Молдове землетрясения 2014 г.: 29 марта с  $K_p=12.5$ ,  $M_w=4.7$ , 10 сентября с  $K_p=12.4$ ,  $M_w=4.5$  и 22 ноября с  $K_p=14.3$ ,  $M_w=5.8$  (Румыния–Молдова) // Землетрясения Северной Евразии. – 2020. – Вып. 23 (2014 г.). – С. 288–297. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.29

**Введение.** В 2014 г. все ощутимые населением на территории Республики Молдова землетрясения произошли за ее пределами, в области Вранча и Предкарпатье (Румыния). 11 землетрясений произошли в области Вранча 12 и 23 января, 3 и 24 февраля, 26 и 29 марта, 3 апреля, 24 августа, 10 сентября и 3 ноября. Эпицентры их локализованы по всей области промежуточных землетрясений. Глубина залегания очагов варьирует от 88 до 136 км. События с нормальной глубиной очагов 35–40 км отмечены 22 ноября, 7 и 12 декабря [1, 2]. Сведения об ощутимости перечисленных и других землетрясений в Молдове описаны авторами отдельно в специальном Приложении [3] в региональном каталоге [4].

**Землетрясение 29 марта 2014 г. с  $K_p=12.5$ , инструментальные данные.** Землетрясение 29 марта ощущалось в восточных и южных уездах Румынии, в Одесской области Украины, а также в центральных и южных областях Республики Молдова. Согласно [5], его записали 1118 сейсмических станций мировой сети. В табл. 1 приведены региональные параметры гипоцентра землетрясения в двух организациях: в отделе сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины, г. Львов (КОМСП) [4], и в Институте геологии и сейсмологии АН Молдовы (MOLD) [6] в сопоставлении с результатами обработки различных сейсмических служб мира.

**Таблица 1.** Основные параметры землетрясения 29 марта 2014 г. с  $K_p=12.5$  по данным различных агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр					Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$	$h$ , км		
КОМСП (=SIGU)	19 18 05.0	0.1	45.64	1.2	26.46	1.2	135	$K_p=12.5/14$ , $M_d=4.3/25$ , $K_d=11.7_{\text{расч}}$ , $MSH=4.5/14$	[4]

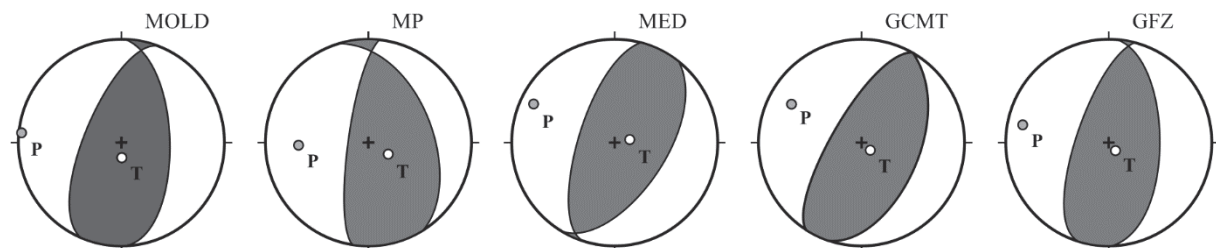
Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$	$h$ , км	$\delta h$ , км		
MOLD	19 18 05	1.1	45.65	0.1	26.41	0.1	130	10	$K_p=13.3/1$ , $MPV=4.7/1$ , $Md=4.6/3$ , $MMS=4.9/1$	[6]
MOS	19 18 03.8	0.9	45.65	2.9	26.47	2.9	135	–	$MPSP=4.9/23$	[7]
ISC	19 18 05.1	1.3	45.63	3.6	26.44	3.17	136	2.70	$m_b=4.7/108$ , $h_{pP}=136$ км	[5]
BEO	19 18 11.1	1.2	45.49	0.2	26.08	0.1	93	9.2	$ML=4.5/14$	–
SOF	19 18 05.5	–	45.63	–	26.38	–	100	–	$MD=4.6$	–
PDG	19 18 04.7	0.9	45.58	1.5	26.38	2.2	33	8.1	$ML=4.3/12$	–
BUC	19 18 05.1	0.7	45.61	1.5	26.47	1.4	134	–	$ml=5.0/68$	–
NEIC	19 18 05.1	0.8	45.60	7.0	26.47	6.3	138	3.4	–	–
IDC	19 18 04.9	0.2	45.63	8.1	26.26	6.6	134	2.0	$MS=3.3/14$ , $m_b=4.3/33$	–
GCMT	19 18 07.1	0.3	45.55	–	26.5	–	125	–	$M_w=4.7/98$	–
MED RCMT	19 18 05.0	0.3	45.72	3.3	26.60	3.3	121	3.3	$M_w=4.7/33$	[8]
GFZ	19 18 05.3	–	45.68	–	26.48	–	111	–	$M_w=4.7$	–

Видно, что представленные в табл. 1 координаты эпицентра землетрясения совпадают по широте и долготе в пределах  $0.1^\circ$ . Глубина очага варьирует в интервале 93–138 км, кроме оценки агентства PDG, согласно которой  $h=33$  км. Среднее значение глубины составляет 135 км, что совпадает с оценками КОМСП (SIGU), MOLD, ISC, MOS, NEIC, IDC. Значения магнитуды по объемным волнам по данным разных сейсмологических агентств следующие:  $MPSP=4.9$  по данным MOS,  $m_b=4.7$  по данным ISC,  $MPV=4.7$  по данным MOLD. Меньшее значение,  $m_b=4.3$ , дает IDC. Моментная магнитуда  $M_w=4.7$  показана агентствами MED RCMT, GCMT, GFZ.

**Механизм очага землетрясения 29 марта** по методу первых вступлений  $P$ -волн определен в Молдове (MOLD) (табл. 2) с использованием данных мировой сейсмической сети [9]. Построение выполнено на сетке Вульфа в проекции на нижнюю полусферу. Приводится также решение из каталога А.О. Мострюкова и В.А. Петрова Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН [10] (далее – «решение МР»), любезно предоставленное авторам статьи. Кроме того, имеются и решения по методу ТМЦ (табл. 2, рис. 1) по данным агентства GCMT [5], MED CMT и GFZ [8].

**Таблица 2.** Параметры механизма очага землетрясения 29 марта 2014 г. с  $K_p=12.5$ ,  $M_w=4.7$  по данным различных сейсмологических агентств

Агентство	$t_0$ ч мин с	$h$ , км	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
			$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$			
			$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$	
MOLD	19 18 05	136	72	178	6	18	2	275	202	50	114	358	40	66	[9]
МР	19 18 05	136	65	121	12	3	22	268	188	69	103	336	26	60	[10]
GCMT	19 18 07	125	76	134	4	29	14	298	211	59	95	22	31	82	[5]
MED RCMT	19 18 05	121	73	79	7	204	8	295	198	53	81	33	37	102	[8]
GFZ	19 18 05	111	78	144	8	12	9	281	1	37	76	198	55	100	[8]



**Рис. 1.** Диаграммы механизмов очага землетрясения 29 марта 2014 г. с  $K_p=12.5$ ,  $M_w=4.7$  в проекции нижней полусферы по данным различных агентств

Решение МР согласуется как с решением авторов MOLD, так и с решениями MED, GCMT, GFZ по второму методу. Ось сжатия ориентирована субширотно ( $AZM=275^\circ$ – $298^\circ$ ).

Нодальная плоскость  $NP1$  (рабочая), крутая ( $DP=37-69^\circ$ ), падает на запад и простирается субмеридионально. Плоскость  $NP2$ , более пологая ( $DP=26-55^\circ$ ), имеет восточное падение. Землетрясение произошло под действием сил близгоризонтального сжатия ( $PL_p=2^\circ-22^\circ$ ) и крутого растяжения ( $PL=65-78^\circ$ ). Нодальная плоскость  $NP1$  параллельна простираению Восточных Карпат.

Как видим, оба типа решений близки в наклонах осей напряжений – близгоризонтальных осей сжатия и весьма крутых осей растяжения. Определяющими тип подвижек в очаге являются в данном случае горизонтальные напряжения сжатия. В результате тип подвижки одинаков в обоих решениях – взброс с небольшими сдвигами.

**Макросейсмические данные для землетрясения 29 марта.** Для описания макросейсмического эффекта землетрясений использовался материал, собранный непосредственно по Молдове [3], а также в Румынии и Украине – с помощью сети Internet.

По данным румынского Института физики Земли [11], в эпицентре интенсивность достигала  $I_0=4-5$  баллов по модифицированной шкале Меркалли (MMI) [12]. Во многих населенных пунктах Румынии отмечена интенсивность  $I_i=4$  балла MMI: Бузэу, Бакэу, Констанца, Текуч, Бырлад, Васлуй, Фокшаны и др., а в Бухаресте – 3 балла MMI. В [13] представлены значения интенсивности сотрясений землетрясения 29 марта в населенных пунктах Румынии [11] с указанием уезда, в котором находится данный населенный пункт.

Как видно из [13], максимальная интенсивность сотрясений на территории Молдовы не превышала 4 баллов (по шкале MSK-64 [14]). Трехбалльные колебания дошли до Кишинева. В северной части Молдовы землетрясение не ощущалось. В Измаиле, на юго-западе Одесской области Украины, отмечены колебания с  $I_i=3-4$  балла.

На основе данных [13] была построена сводная карта изосейст (рис. 2) землетрясения 29 марта 2014 г.

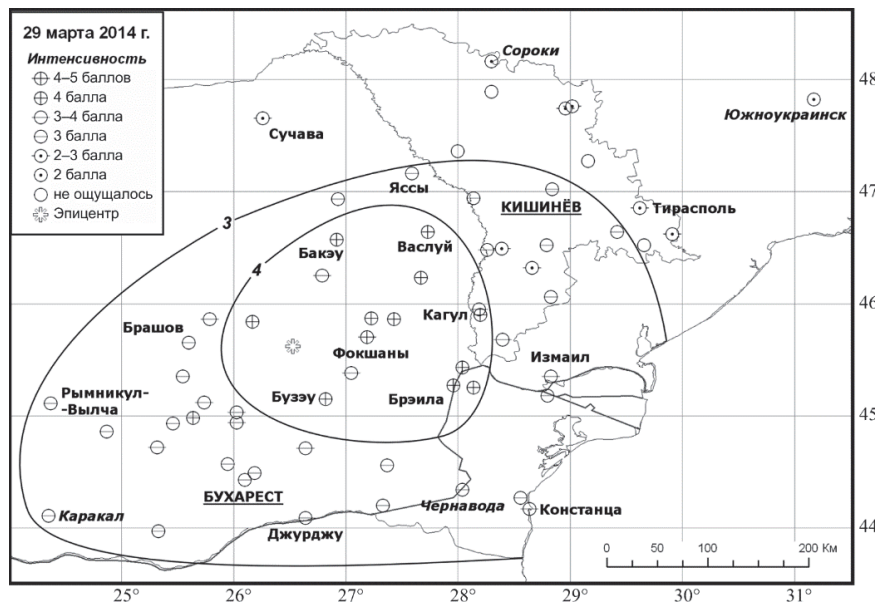


Рис. 2. Карта изосейст землетрясения 29 марта 2014 г. с  $K_p=12.5$ ,  $M_w=4.7$ ,  $h_{pP}=136$  км

**Землетрясение 10 сентября 2014 г. с  $K_p=12.4$ , инструментальные данные.** Землетрясение ощущалось в восточных и южных уездах Румынии, на севере Болгарии, в центральных и южных областях Республики Молдова и в Одесской области Украины. Согласно [5], его записали 810 сейсмических станций мировой сети.

Таблица 3. Основные параметры землетрясения 10 сентября 2014 г. с  $K_p=12.4$  по данным различных агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ, N$	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ, E$	$\delta\lambda^\circ$	$h, км$	$\delta h, км$		
КОМСП (=SIGU)	19 45 56.3	0.1	45.63	0.8	26.50	0.8	122	0.9	$K_p=12.4/15$ $Kd_{расч}=11.7$ , $Md=4.3/1$ , $MSH=4.4/14$	[4]

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источ- ник
			$\varphi^\circ, N$	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ, E$	$\delta\lambda^\circ$	$h, км$	$\delta h, км$		
MOLD	19 45 57.8	1.0	45.60	–	26.47	–	100	10	$K_p=12.8/1$ , $MPV=4.5/1$ , $Md=4.4/3$ , $MSM=5.1/1$	[6]
MOS	19 45 56.2	0.9	45.65	4.3	26.51	4.3	103	–	$m_b=4.6/9$	[7]
ISC	19 45 57.5	0.3	45.64	4.0	26.44	3.2	108	3.4	$m_b=4.5/60$ , $h_{rp}=108 км$	[5]
PDG	19 45 54.8	0.7	45.51	1.2	26.33	1.8	10	3.4	$ML=4.4/13$	–
BEO	19 45 59.8	2.2	45.68	0.3	26.28	0.1	83	5.8	$ML=4.6/11$	–
BUC	19 45 57.8	0.6	45.60	1.5	26.45	1.4	106	1.9	$ml=4.8/65$	–
NEIC	19 45 57.7	1.3	45.64	6.4	26.51	5.8	113	3.8	–	–
IDC	19 45 57.6	1.2	45.63	9.9	26.32	6.3	103	2.3	$m_b=4.0/24$	–
SOF	19 45 55.3	–	45.68	–	26.36	–	21	–	$MD=5.0$	–
MED RCMT	19 45 58.0	0.3	45.60	7.8	26.45	6.7	106	7.5	$M_w=4.4/23$	[8]
GFZ	19 46 08.6	–	45.7	–	26.5	–	112	–	$M_w=4.5$	–

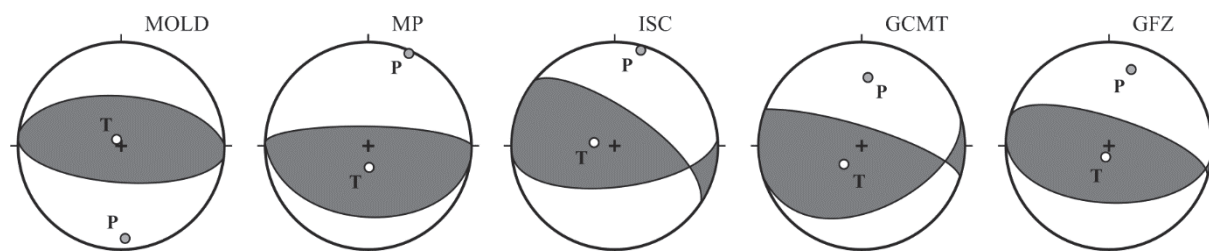
Глубина очага варьирует в интервале 83–122 км, кроме оценок PDG и SOF с  $h=10$  и 21 км. Среднее значение глубины составляет ~110 км. Среднее значение магнитуды  $m_b=4.5$ . Значение моментной магнитуды  $M_w=4.4$  и  $M_w=4.5$  дают агентства MED RCMT и GFZ.

**Механизм очага землетрясения 10 сентября.** По стандартной методике получено два решения механизма очага: MOLD [9] и из каталога MP [10] (табл. 4, рис. 3). Ось сжатия ориентирована субмеридионально ( $AZM=178^\circ$ ). Обе нодальные плоскости простираются субширотно ( $STK=274^\circ$  и  $94^\circ$ ). Решение MP основано на 115/29 знаках и согласуется с MOLD.

Кроме того, имеются и решения по методу ТМЦ, по данным агентства MED RCMT и GFZ (табл. 4, рис. 3). Решения MED RCMT и GFZ неплохо согласуются между собой. Ориентировка основной плоскости  $NPI$ , падающей на север, остается неизменной.

**Таблица 4.** Параметры механизма очага землетрясения 10 сентября 2014 г. с  $K_p=12.2$ ,  $M_w=4.5$  по данным различных агентств

Агент- ство	$t_0$ , ч м с	$h$ , км	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источ- ник
			$T$		$N$		$P$		$NPI$			$NP2$			
			$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$	$DP$	$SLIP$	
MOLD	19 45 57	100	82	316	6	88	6	178	274	40	108	94	50	96	[9]
MP	19 45 57	108	66	179	1	272	2	24	271	69	89	95	21	93	[10]
ISC	19 45 57	108	67	277	22	107	3	15	305	52	118	83	46	58	[5]
MED RCMT	19 45 58	106	61	224	16	102	23	5	288	70	107	67	26	51	[8]
GFZ	19 46 08	112	76	196	6	102	15	16	288	59	98	93	32	78	[8]



**Рис. 3.** Диаграммы механизма очага землетрясения 10 сентября 2014 г. с  $K_p=12.2$ ,  $M_w=4.5$  по данным различных агентств

**Макросейсмические данные для землетрясения 10 сентября.** По данным румынского Института физики Земли [11] в эпицентре интенсивность достигала  $I_0=5$  баллов по модифицированной шкале Меркалли MMI [12]. Землетрясение ощущалось на территории Румынии с интенсивностью колебаний  $I_i=5$  баллов MMI в г. *Бэйкой* и  $I_i=4-5$  баллов – в г. *Онешть*, г. *Тыргу-Окна* [13].

Во многих населенных пунктах Румынии отмечена интенсивность  $I_i=4$  балла MM: *Бузэу*, *Бакэу*, *Текуч*, *Васлуй*, *Галац* и др. В *Бухаресте* –  $I_i=3$  балла MMI.

На основе данных [13] построена сводная карта изосейст землетрясения 10 сентября 2014 г. (рис. 4).

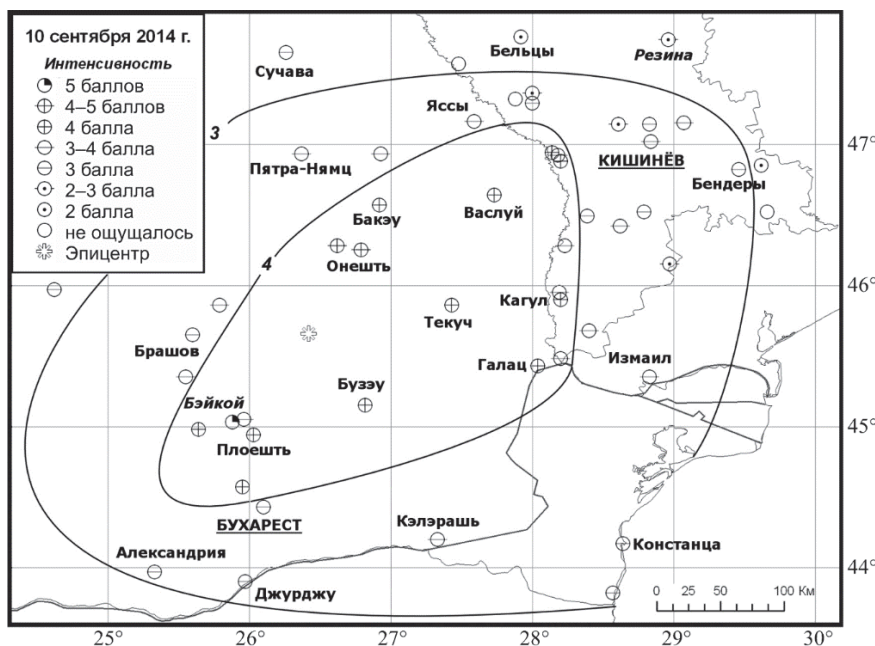


Рис. 4. Карта изосейст землетрясения 10 сентября 2014 г. с  $K_p=12.2$ ,  $M_w=4.5$ ,  $h_{pP}=108$  км

**Землетрясение 22 ноября 2014 г. с  $K_p=14.3$ , инструментальные данные.** Землетрясение произошло в юго-восточной части Румынии и оказалось самым значительным коровым событием за период наблюдений после 4 марта 1894 г. с  $M=5.8$ ,  $h=100$  км,  $I_0=6-7$  баллов. Сеть сейсмических станций Румынии отметила 75 афтершоков в течение 4 часов, в интервале глубин 20–47 км, с наибольшей магнитудой  $m_l=3.1/42$  в  $20^h30^m56^s$  [5]. Афтершоки в данной зоне продолжались вплоть до 19 января 2015 г. Наибольшим был афтершок 7 декабря в  $21^h04^m$  с  $m_l=4.5/64$ . Очаги связаны с активизацией Печенежско-Каменского разлома [15]. Землетрясение ощущалось в Румынии и соседних странах: Болгарии, Молдове, Украине, Турции. Согласно [5], его записали 1823 сейсмических станции мировой сети.

Таблица 5. Основные параметры землетрясения 22 ноября 2014 г. с  $K_p=14.3$  по данным различных агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$	$h$ , км	$\delta h$ , км		
КОМСП	19 14 16.30	0.1	45.87	0.6	27.16	0.6	46.8	1.0	$K_p=14.3/8$ , $Kd=12.3_{расч}$ $Md=4.6/14$ , $MSH=4.9/7$ , $MPV=4.8/1$	[4]
MOLD	19 14 15.91	1.5	45.94	0.2	27.26	0.2	30	10	$K_p=14.4/1$ , $MPV=5.2/1$ , $Md=5.0/1$ , $MSM=5.4/1$	[6]
MOS	19 14 15.00	1.0	45.89	3.4	27.14	3.4	37	–	$MS=5.2/66$ , $m_b=5.5/35$	[7]
ISC	19 14 17.34	0.2	45.86	2.9	27.15	2.5	35 f	–	$MS=5.2/223$ , $m_b=5.5/249$ , $h_{pP}=37$	[5]
BEO	19 14 13.40	2.1	45.86	0.3	27.21	0.1	0	–	$ML=5.6/21$	–
BUC	19 14 17.11	0.6	45.87	1.2	27.15	1.0	40.9	2.4	$ML=5.7/66$	–
NEIC	19 14 16.37	1.7	45.90	5.5	27.15	3.7	32.0	1.8	$MS=5.2/274$ , $m_b=5.6/220$ $Mw=5.5$	–
PDG	19 14 15.90	0.8	45.84	0.6	27.15	0.8	57.0	2.5	$ML=4.7/14$ , $MD=6.5/4$	–
IDC	19 14 15.46	0.7	45.84	5.8	27.15	5.2	34.5	6.3	$MS=5.2/49$ , $m_b=4.9/37$	–
GCMT	19 14 18.40	0.1	45.80	–	27.17	–	25 f	–	$Mw=5.7/151$	–
BGS	19 14 13.90	0.5	45.99	–	27.69	–	40 f	–	$m_b=5.2$	–
ВЛ	19 14 15.00	0.8	45.90	3.6	27.20	3.1	39	–	$MS=5.6/89$ , $m_b=5.4/83$	–
MED RCMT	19 14 17.00	0.1	45.91	1.1	27.24	1.1	15.7	0.7	$Mw=5.8/34$	[8]

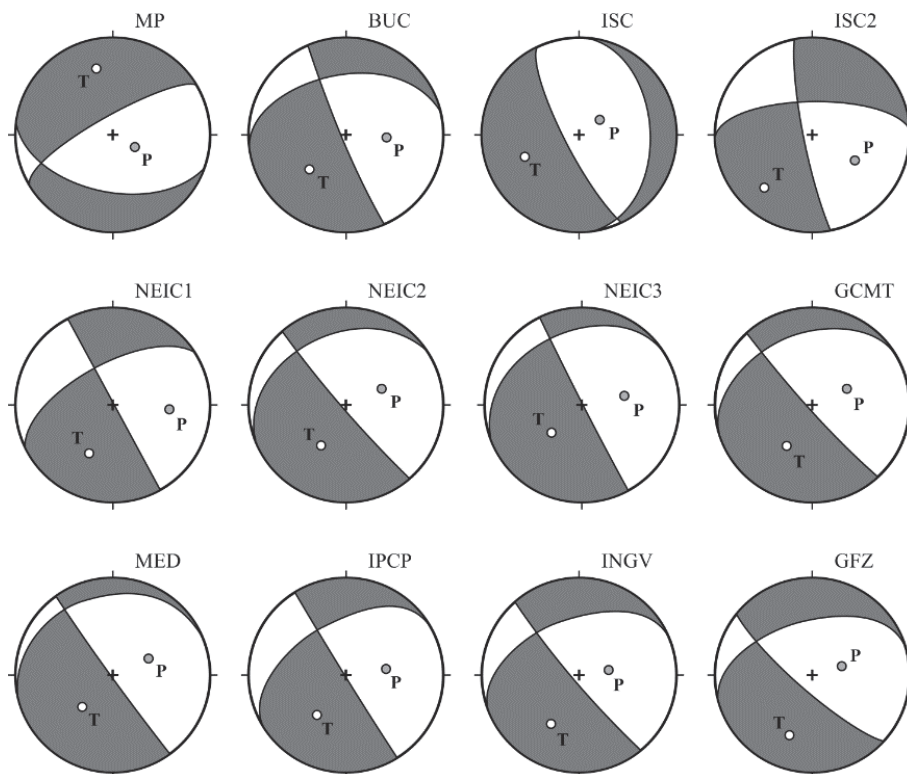
Представленные в табл. 5 координаты эпицентра землетрясения совпадают по широте и долготе в пределах  $0.1^\circ$ . Глубина очага варьирует в диапазоне 0–57 км, но ориентироваться следует на наиболее достоверное значение глубины ISC по обменным волнам –  $h_{pP}=37$  км. Магнитуда по поверхностным волнам  $M_s=5.2$  по данным MOS, ISC и IDC. Значение моментной

магнитуды  $M_w=5.7$  по данным GCMT,  $M_w=5.6$  – IPGP,  $M_w=5.8$  – MED RCMT. В целом, по магнитуде разброс значительный.

**Механизм очага землетрясения 22 ноября.** В каталоге MP [10] имеется решение механизма очага землетрясения 22 ноября по методу первых вступлений  $P$ -волн, использовано 155/51 знаков. Одна из плоскостей крутая, вторая возможная плоскость пологая (табл. 6). Движение в очаге возникло под действием растягивающих напряжений. Приведены также механизмы очага по данным ISC, NEIC, GCMT [5], MED RCMT, IPGP, GFZ [8], BUC [11] (табл. 6, рис. 5). Они подобны. Движение произошло под действием растягивающих напряжений в юго-западном направлении. Во всех случаях одна из нодальных плоскостей юго-восточного простирания ( $STK=131-157^\circ$ ) и наклонена к горизонту близвертикально ( $DP=72-90^\circ$ ). Тип движения – левосторонний сдвиг с компонентами сброса. Другая альтернативная плоскость залегает полого ( $DP=11-33^\circ$ ). Простирание крутой плоскости согласуется с направлением Печенежско-Каменского разлома.

**Таблица 6.** Параметры механизма очага землетрясения 22 ноября 2014 г. с  $K_p=14.3$ ,  $M_w=5.8$  по данным различных сейсмологических агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Источник
			T		N		P		NP1			NP2			
			PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
MP	19 14 17	35	19	345	18	248	63	118	102	30	-51	240	67	-109	[10]
BUC	19 14 17	39	34	226	26	334	46	92	157	84	-65	260	26	-165	[11]
ISC 1	19 14 17.3	35 f	27	249	8	155	62	50	153	72	-98	358	19	-66	[5]
ISC 2	19 14 17.3	35 f	17	224	48	335	37	121	169	78	-40	269	51	-164	–
NEIC 1	19 14 17	32	31	207	44	331	31	96	152	90	-46	242	44	-180	–
NEIC 2	19 14 20	28	37	212	17	316	48	66	138	84	-73	246	18	-161	–
NEIC 3	19 14 22	30,5	42	228	16	332	44	78	153	89	-74	246	16	-176	–
GCMT	19 14 18.4	25 f	37	216	16	318	48	67	140	84	-74	249	17	-160	–
MED RCMT	19 14 17.0	15.7	41	225	10	324	47	65	144	87	-80	252	11	-162	[8]
IPGP	19 14 08	43	36	215	45	304	45	82	148	89	-57	238	33	-179	–
INGV	19 14 08	31	30	210	78	316	56	82	140	82	-72	247	30	-162	–
GFZ	19 14 08	34	23	200	26	300	54	74	131	72	-62	252	32	-144	–



**Рис. 5.** Диаграммы механизма очага землетрясения 22 ноября 2014 г. с  $K_p=14.3$ ,  $M_w=5.8$ ,  $h_{pp}=37$  км в проекции нижней полусферы, по данным различных агентств

**Макросейсмические данные.** Для описания макросейсмического эффекта землетрясения 22 ноября использовался материал, собранный непосредственно по республике Молдова [3], а также в Румынии, Украине и Болгарии [16] – с помощью сети Internet.

Исследованию события 22 ноября 2014 г. на территории Румынии посвящена работа [16], в которой приведены таблицы пунктов-баллов по шкале MSK-64 и построена карта, на которой нанесены 680 пунктов-баллов, обозначенных определенным цветом. Колебания интенсивностью от 6 до 2 баллов охватили юго-восточную часть румынской территории. Распространению колебаний на северо-западную часть препятствует Карпатская дуга. На карте отмечено 25 населенных пунктов, где землетрясение проявилось с 6-балльной интенсивностью. В Бухаресте ощущались 4–5-балльные колебания. Подобное значение интенсивности зарегистрировано у границ Молдовы и юго-западной Украины.

В Болгарии событие ощутили жители *Русе, Варны, Плевена, Добрича, Шумена, Силистры, Севлиево, Несебра, Бургаса, Ловеча, Тутракана, Тырговиште, Пловдива, Пазарджика, Велико Тырново, Сливена, Разграда* [15].

В Приложении [13] приведена таблица макросейсмической интенсивности, полученной из 107 пунктов, находящихся на территории Румынии, Молдовы и Украины. На основе этой таблицы построена сводная карта изосейст землетрясения 22 ноября 2014 г. (рис. 6).

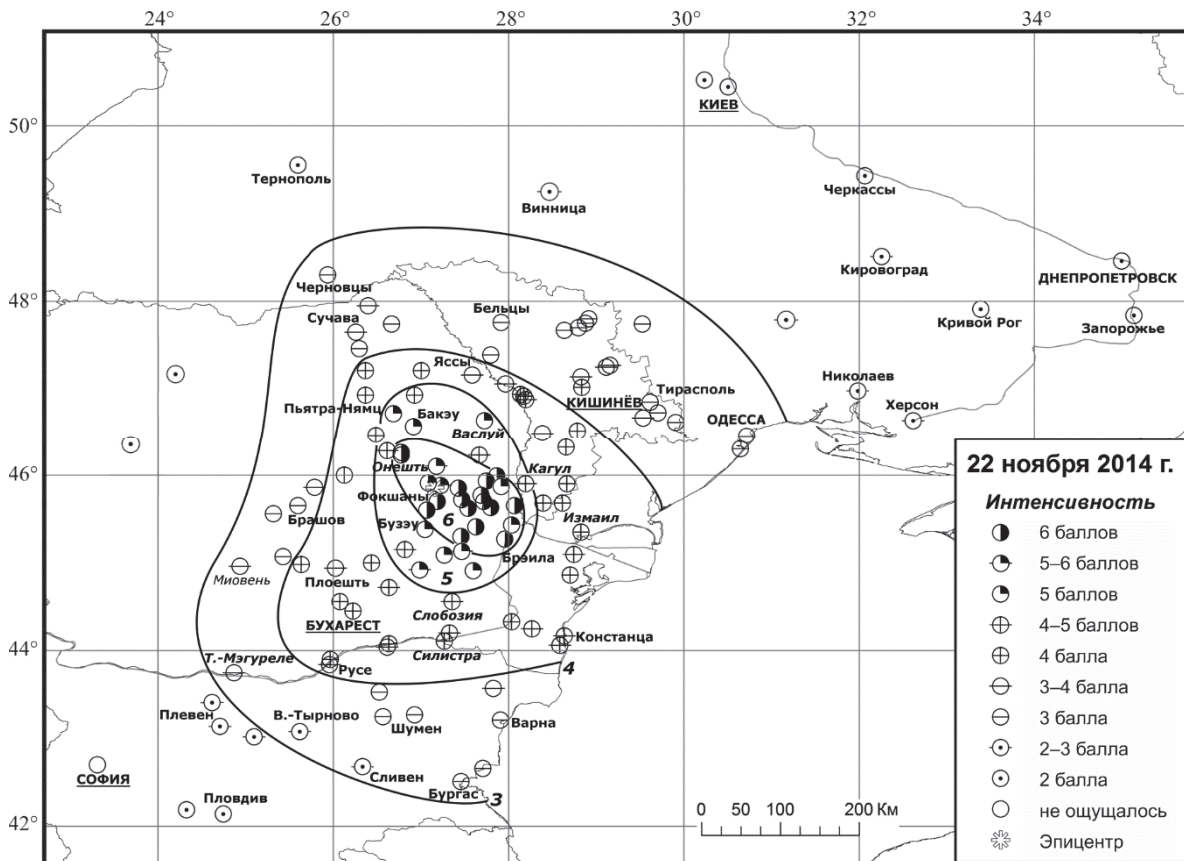


Рис. 6. Карта изосейст землетрясения 22 ноября 2014 г. с  $K_p=14.3$ ,  $M_w=5.8$ ,  $h_{pP}=37$  км

Интенсивность в эпицентре достигала 6 баллов. Изолиния в 5 баллов имеет овальную форму, вытянутую параллельно Печенежско-Каменскому разлому; 4-балльные колебания охватывают юго-западную часть территории Молдовы и Одесской области Украины. На северо-востоке от эпицентра изолиния  $I_i=3$  балла проходит вдоль дуги Одесса–Винница–Черновцы, на юге – по линии Бургас–Сливен–Плевен.

Наибольшие ощущаемые на территории Молдовы коровые землетрясения, приуроченные к гипоцентральной зоне исследуемого события 22 ноября, отмечены 4 марта 1894 г. с  $M_s=5.7$ ,  $I_0=7$  баллов; 25 мая 1912 г. с  $M_s=6.1$ ,  $I_0=7$  баллов; 31 мая 1959 г. с  $M_s=4.6$ ,  $I_0=6$  баллов [17, 18]. За инструментальный период наблюдений землетрясение 22 ноября 2014 г. оказалось самым значительным по величине магнитуды.

Анализ механизмов очагов средних по энергетике землетрясений 2014 г. показал, что в небольшом сейсмогенном объеме наблюдается хаотичная ориентация плоскостей разрыва в соответствии с приуроченностью эпицентров к различным частям Карпатской горной дуги. Очаги землетрясений относятся к разным этажам глубин. Практически произошла разрядка напряжения во всей области Вранча.

**Заключение.** Анализ особенностей сейсмического процесса в карпатском регионе за 2014 г. показал, что величина наблюдаемых магнитуд промежуточных землетрясений не превышала значения  $m_b=4.7$ . Землетрясения произошли в диапазоне глубин 77–154 км. Произошла разрядка напряжений практически на всех этажах глубин фокальной зоны Вранча. Основными событиями с промежуточной глубиной очага были землетрясения 29 марта и 10 сентября 2014 г. с максимальной интенсивностью в эпицентре  $I_0=5$ . На территории Республики Молдова интенсивность не превышала 4 баллов.

Наиболее значительным коровым событием в 2014 г., самым сильным за период с 1894 г., стало землетрясение 22 ноября с магнитудой  $M_w=5.7$  и глубиной очага 37 км. Интенсивность в эпицентре достигала 6 баллов. Помимо Республики Молдова, колебания ощущались на большей части территории Румынии, Болгарии и Украины.

Для всех трех рассматриваемых землетрясений приведены решения механизма очага по данным десяти сейсмологических агентств.

### Л и т е р а т у р а

1. Вербицкий С.Т., Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецкив А.Т., Чуба М.В., Нищименко И.М., Келеман И.Н. Сейсмичность Карпат в 2014 году // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. – Сер. География. – 27 (66). – № 2. – Симферополь: Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского, 2014. – С. 87–151.
2. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю., Симонова Н.А. Особенности сейсмического процесса в Карпатском регионе в 2014 году // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. – Сер. География. – 27 (66). – № 2. – Симферополь: Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского, 2014. – С. 152–168.
3. Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Карданец В.Ю. (отв. сост.). Описание макросейсмических проявлений землетрясений 2014 г. в Молдове // Землетрясения Северной Евразии. Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
4. Чуба М.В. (отв. сост.), Пронишин Р.С., Прокопишин В.И., Стецкив А.Т., Нищименко И.М., Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Плишко С.М., Добротвир Х.В., Вербицкая О.Я., Давыдяк О.Д., Герасименюк Г.А., Стасюк М.И., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В. Каталог землетрясений Карпат за 2014 год // Землетрясения Северной Евразии. Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
5. Bulletin of the International Seismological Centre. <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/>
6. Алексеев И.В., Симонова Н.А. (отв. сост.). Дополнение к каталогу землетрясений Карпат по данным Молдовы за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
7. Болдырева Н.В. (отв. сост.), Аторина М.А., Бабкина В.Ф., Левкина А.В., Малянова Л.С., Павская И.М., Рыжикова М.И., Щербакова А.И. Каталог землетрясений Земли за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
8. The European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC-CSEM), Earthquake information, <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>
9. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. (отв. сост.), Лукаш Н.А. Каталог механизмов очагов землетрясений Карпат за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
10. Мострюков А.О., Петров В.А. Каталог механизмов очагов землетрясений, 1912–2016 гг. – Фонды Геофизической обсерватории «Борок» ИФЗ РАН, 2019.
11. Institutul National pentru Fizica Pamantului. Catalog ROMPLUS actualizat. <http://www.infp.ro/romplus/>
12. Гир Дж., Шах Х. Модифицированная шкала Меркалли // Зыбкая твердь. – М.: Мир, 1988. – С. 105–108.
13. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю., Симонова Н.А. Макросейсмические данные на территории Румынии, Молдовы и Украины о землетрясениях 2014 г.: 29 марта с  $K_p=12.5$ ,  $M_w=4.7$ , 10 сентября с  $K_p=12.4$ ,  $M_w=4.5$  и 22 ноября с  $K_p=14.3$ ,  $M_w=5.8$  // Землетрясения Северной Евразии. Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.



14. Медведев С.В., Шпонхойер В., Карник В. Международная шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
15. Constantin A., Moldovan I.A., Craiu A., Radulian M., Ionescu C. Macroseismic intensity investigation of the November 2014,  $M=5.7$ , Vrancea (Romania) crustal earthquake. // *Annals of Geophysics*. – 59. – № 5. – 2016. – S0542; doi: 10.4401/ag-6998.
16. Румынское землетрясение в Болгарии 22 ноября 2014 г. <http://varyadavydova.com/rumynskoe-zemletryasenie-v-bolgarii-22-oktyabrya-2014/>
17. Степаненко Н.Я., Карданец В.Ю. Карпатские землетрясения с 1894 года (макросейсмический каталог) // *Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei*. – 2014. – № 1. – P. 39–56.
18. Костюк О.П., Москаленко Т.П. (отв. сост.), Евсеев С.В., Роман А.А., Сагалова Е.А., Шебакин Н.В. I. Карпаты [1091–1974 гг.;  $M \geq 4.5$ ,  $I_0 \geq 5$  (неглубокие землетрясения);  $m_{PV} \geq 5.5$ ,  $I_0 \geq 6$  (глубокие землетрясения)] // *Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г.* – М.: Наука, 1977. – С. 36–54.

### **EARTHQUAKES FELT IN MOLDOVA 2014:**

**March, 29 with  $K_P=12.5$ ,  $M_w=4.7$ , September, 10 with  $K_P=12.4$ ,  $M_w=4.5$**

**and November 22 with  $K_P=14.3$ ,  $M_w=5.8$  (Romania–Moldova)**

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

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

**Abstract.** All earthquakes felt in 2014 on the territory of Moldova occurred outside its borders, in the Vrancea and Pre-Carpathian regions (Romania). In 2014, the population of Moldova felt 13 earthquakes. The article discusses in detail the most powerful events, occurred on March 29, September 6, and November 22. The March 29 earthquake,  $M_w=4.7$ ,  $h_{PP}=136$  km was felt in the eastern and southern counties of Romania (in 41 settlements), in the Odessa region of Ukraine, and also in the central and southern regions of the Republic of Moldova (22 points). The epicenter was situated in a bend of the Vrancea mountains. The earthquake on September 10,  $M_w=4.5$ ,  $h_{PP}=108$  km was felt in the eastern and southern counties of Romania (in 27 settlements), in the central and southern parts of Moldova (22 points), in the north of Bulgaria and in the Odessa region of Ukraine. Both earthquakes, March 29 and September 10, occurred under the action of prevailing near-horizontal compressive stress. The November 22 earthquake,  $M_w=5.8$ ,  $h_{PP}=37$  km occurred in the southwestern part of Romania and turned out to be the most significant crust event for the instrumental observation period. Movement in the source occurred under the action of tensile stresses. Earthquakes in this zone continued until January 19, 2015. The largest aftershock was on December 7 with  $M_{WMED}=4.4$ . Foci are associated with the activation of the Peceneaga-Camena fault. The main shock was felt in Romania (in 66 settlements) and neighboring countries: Bulgaria, Moldova (23 settlements), Ukraine (18 settlements). The isoseismal maps were constructed for all three earthquakes considered in detail in this work. The intensity at the epicenter of the November 22 earthquake reached  $I_0=6$ , for other two events  $I_0=5$ .

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

**DOI:** 10.35540/1818-6254.2020.23.29

**For citation:** Stepanenco, N.Ya., Cardanets, V.Yu., & Simonova, N.A. (2020). [Earthquakes felt in Moldova 2014: March, 29 with  $K_P=12.5$ ,  $M_w=4.7$ , September, 10 with  $K_P=12.4$ ,  $M_w=4.5$  and November, 22 with  $K_P=14.3$ ,  $M_w=5.8$  (Romania – Moldova)]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 288–297. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.29

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

1. Verbitsky, S.T., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stetskiy, A.T., Chuba, M.V., Nischimenko, I.M., & Kelleman, I.N. (2014). [Seismicity of the Carpathians in 2014]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo*. – Ser. *Geografiia* [Scientific notes of the Taurida National University named after V.I. Vernadsky], 27(2), 87–151. (In Russ.).
2. Stepanenco, N.Ya., Cardanets, V.Yu., & Simonova, N.A. (2014). [Features of the seismic process in the Carpathian region in 2014]. *Uchenye zapiski Tavricheskogo natsional'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo*. – Ser. *Geografiia* [Scientific notes of the Taurida National University named after V.I. Vernadsky], 27(2), 152–168. (In Russ.).

3. Stepanenco, N.Ya, Simonova, N.A., & Cardanets, V.Yu. (2020). [Description of macroseismic manifestation of earthquakes in Moldova in 2014]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
4. Chuba, M.V., Pronishin, R.S., Prokopishin, V.I., Stetskiv, A.T., Nischimenko, I.M., Keleman, I.N. et al. (2020). [Catalog of Carpathian Earthquakes in 2014]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
5. International Seismological Centre. (2020). On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom. Retrieved from <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>
6. Alekseev, I.V., Simonova, N.A. (2020). [Additional catalog of Carpathian Earthquakes in 2014 according to Moldova]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
7. Boldyreva, N.V., Atorina, M.A., Babkina, V.F., Lyovkina, A.V., Malyanova, L.S., Pavskaya, I.M., Rydjikova, M.I., & Stherbakova, A.I. (2020). [Catalog of World Earthquakes in 2014]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
8. The European-Mediterranean Seismological Centre (EMSC-CSEM). (2020). Earthquake information. Retrieved from <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>
9. Stepanenco, N.Ya, Cardanets, V.Yu., & Lukash, N.A. (2020). [Catalog of earthquakes focal mechanisms in the Carpathians in 2014]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
10. Mostr'ukov, A.O., & Petrov, V.A. (2019) [Catalog of earthquakes focal mechanisms, 1912–2015]. In *Fondy Geofizicheskoi observatorii «Borok» IFZ RAN* [Funds Geophysical Observatory “Borok”]. IEP RAS Publ. (In Russ.).
11. Institutul National pentru Fizica Pamantului (2020). Catalog ROMPLUS actualizat. Retrieved from <http://www.infp.ro/romplus/>
12. Gere, J.M., & Shah, H.C. (1988). [Modified Mercalli intensity scale]. In *Zybkaja tverd'* [Terra Non Firma] (pp. 105–108). Moscow, Russia: Mir Publ. (In Russ.).
13. Stepanenco, N.Ya, Cardanets, V.Yu., & Simonova, N.A. (2020). [Macroseismic data on the territory of Romania, Moldova and Ukraine on the earthquakes 2014: March 29,  $K_p=12.5$ ,  $M_w=4.7$ , September 10,  $K_p=12.4$ ,  $M_w=4.5$  and November 22,  $K_p=14.3$ ,  $M_w=5.8$ ]. *Zemletryaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
14. 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.).
15. Constantin, A.P., Moldovan, I.A., Craiu, A., Radulian, M., & Ionescu, C. (2016). Macroseismic intensity investigation of the November 2014,  $M=5.7$ , Vrancea (Romania) crustal earthquake. *Annals of Geophysics*, 59(5), 0542. Doi: 10.4401/ag-6998
16. [Romanian November 22, 2014 earthquake in Bulgaria]. (2020). Retrieved from <http://varyadavydova.com/rumynskoe-zemletryasenie-v-bolgarii-22-oktyabrya-2014/> (In Russ.).
17. Stepanenco, N.Ya, & Cardanets, V.Yu. (2014). [Carpathian Earthquakes of 1894 (Macroseismic Catalog)]. *Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al Academiei de Științe a Moldovei* [Bulletin of the Institute of Geology and Seismology of Moldavian Academy of Sciences], 1, 39–56. (In Russ.).
18. Kostyuk, O.P., Moskalenko, T.P., Yevseyev, S.V., Roman, A.A., Sagalova, Ye.A., & Shebalin, N.V. (1977). [I. Karpaty (1091–1974;  $M \geq 4.5$ ,  $I_0 \geq 5$ ,  $h < 69$  km;  $m_{pv} \geq 5.5$ ,  $I_0 \geq 6$ ,  $h = 70–160$  km)]. In *Novyi katalog sil'nykh zemletriasenii na territorii SSSR s drevneishikh vremen do 1975 g.* [A new catalog of strong earthquakes in the USSR from ancient times to 1975] (pp. 36–54). Moscow, Russia: Nauka Publ. (In Russ.).