

## СЕЙСМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ В МОЛДОВЕ В 2012 ГОДУ

© Н. Я. Степаненко, И. И. Илиеш, Н. А. Симонова, И. В. Алексеев

Институт геологии и сейсмологии Академии наук Молдовы

Приведены: каталог землетрясений по данным обработки в Молдове, решения механизмов очагов землетрясений Вранча и макросейсмическое проявление их.

Сейсмические наблюдения в Молдове 2012 году велись на 5-ти цифровых станциях, расположенных на территории республики Молдова, 11-ти станциях, находящихся в Румынии, и одной аналоговой станции «Кишинев». Информация о сейсмических станциях и использованной аппаратуре приведена в таблицах 1, 2.

Таблица 1. Данные об аналоговой аппаратуре станции «Кишинев», 2011 год

Станция	Координаты		Высота над уровнем моря м	А п п а р а т у р а			
	$\varphi^{\circ}N$ ,	$\lambda^{\circ}E$ ,		тип	компонента	$V_{\max}$	$T_{\max}$
Кишинев KIS	46.9976	28.8175	185	СКД	N, E	1080	0.2–20
					Z	1100	0.2–17
				CD1	Z	710	16–65
				СКМ-3	N	3180	0.7–1.9
					E	2840	0.8–1.9

Обработка аналоговых сейсмограмм велась согласно Инструкции о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях единой системы сейсмических наблюдений СССР [1]. По станции «Кишинев» определялись следующие энергетические параметры: магнитуда по максимальной фазе продольных волн *MPV*, магнитуда по максимальной фазе поперечных волн *MSM*, магнитуда по длительности колебаний *MD*, класс землетрясения по палетке Т.Г. Раутиан [1].

Определение параметров землетрясений по цифровым записям проводилось сначала в автоматическом режиме, затем кинематические данные уточнялись с помощью программы SeisGram2K [2]. В автоматическом режиме рассчитывалась для близких землетрясений локальная магнитуда *ml*, а при ручном просмотре цифровых записей определялась магнитуда по длительности колебаний *MD*, где длительность записи отсчитывалась от начала записи до того момента, когда запись землетрясения сравнивалась с фоном колебаний.

Локализация очагов землетрясений производилась с помощью программы HYPOS, разработанной в Институте геологии и сейсмологии АН РМ. Исходным материалом для вычисления положения гипоцентра является информация о времени вступления *P*- и *S*-волн на сейсмических станциях сети. По разности *S-P* вычисляется эпицентральное расстояние для каждой станции, затем задаются предположительные координаты очага, рассчитываются расстояния от предполагаемого эпицентра, определяется разница между наблюдаемым и расчетным расстояниями, т.е. ошибки, которые в дальнейшем минимизируются. Процедура повторяется до тех пор, пока не будет достигнута заданная точность.

Таблица 2 а. Данные о цифровых станциях. Координаты

№	Принад- лежность	Станция		Координаты		
		код	Название	φ°, N	λ°, E	h <sub>v</sub> , м
1	MD(RO)	GIUM	Джурджулешты	45.48	28.21	106
2	MD	KIS	Кишинев	47	28.2	185
3	MD(RO)	LEOM	Леово	46.47	28.25	52
4	MD(RO)	MILM	Малые Милешты	46.91	28.81	124
5	MD	SORM	Сороки	48.13	28.35	98
6	RO	ARCR	Arcalia	47.09	24.35	385
7	RO	BUC1	Bucuresti	44.35	26.03	77
8	RO	BUR01	Bucovina	47.61	25.22	1149.4
9	RO	EFOR	Eforie	44.08	28.63	30
10	RO	IAS	Iasi	47.19	27.56	160
11	RO	MLR	Muntele Rosu	45.49	25.95	1360
12	RO	PETR	Petresti	45.72	27.23	86
13	RO	PLOR	Plostina	45.85	26.65	657
14	RO	TESR	Tescani	46.51	26.65	372
15	RO	TLCR	Tulcea	45.19	28.82	73
16	RO	VRI	Vrancioaia	45.87	26.73	472

Таблица 2 б. Данные о цифровых станциях. Аппаратура

№	Код	Название	Сейсмометр	Каналы регистрации	Частота опроса Гц	Тип прибора	Чувстви- тельность V/m/s
1	GIUM	Джурджу- лешты	CMG40T <sup>1</sup> Mark L4 <sup>2</sup>	HH (Z,N,E)v	100	BB, SP	1500, 250
2	KIS	Кишинев	CMG40T <sup>3</sup>	HH (Z,N,E)v	100	BB	1500
3	LEOM	Леово	CMG40T	HH (Z,N,E)v	100	BB	1500
4	MILM	Малые Милешты	STS2	HH (Z,N,E)v	100	BB	1500
5	SORM	Сороки	CMG40T	HH (Z,N,E)v	100	BB	1500
6	ARCR	Arcalia	STS2	HH (Z,N,E)v	100	BB	1500
7	BUC1	Bucuresti	Mark L4	EH (Z,N,E)v	100	SP	250
8	BUR01	Bucovina	CMG40T	BH (Z,N,E)v	40	BB	2x1000
9	EFOR	Eforie	SS1	EH (Z,N,E)v	100	SP	350
10	IAS	Iasi	KS2000	HH (Z,N,E)v	100	BB	550
11	MLR	Muntele Rosu	STS2	HH (Z,N,E)v	100	BB	1500
12	PETR	Petresti	KS2000	HH (Z,N,E)v	100	BB	280
13	PLOR	Plostina	STS2	HH (Z,N,E)v	100	BB	1500
14	TESR	Tescani	STS2	HH (Z,N,E)v	100	BB	1500
15	TLCR	Tulcea	Mark L4	EH (Z,N,E)v	100	SP	250
16	VRI	Vrancioaia	STS2	HH (Z,N,E)v	100	BB	1500

1– до 12/04/2011

2 – после 12/04/2011 (Eentec P-123)

3 – до 22/08/2011

v - скорость

RO – аппаратура Института Физики Земли Румынии

MD – аппаратура Института геологии и сейсмологии Молдовы

Для учёта особенностей распространения сейсмических волн в Карпатском регионе в программе используется региональный годограф для глубин от 10 до 160 км, с шагом 10 км [3]. Программа выполняет расчет координат гипоцентра, времени возникновения землетрясения и оценку точности результата, как среднеквадратическое отклонение по координатам эпицентра и времени в очаге. Глубина очага оценивается с точностью  $\pm 10$  км.

Параметры очагов региональных землетрясений приведены в таблице 3.

**Таблица 3.** Каталог землетрясений Карпатского региона по данным сети сейсмических наблюдений Молдовы в 2012 году

Дата		Время				Координаты				Глубина		Kp/n	Магнитуда		
мес	числ	час	мин	с	$\delta t_{0,c}$	$\varphi^\circ$	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$\delta\lambda^\circ$	h, км	$\Delta h$ , км		MPV	MSM	MD
1	1	23	57	20.8	1.9	45.12	0.26	23.4	0.26	10	10	11.7	3.6	4.0	4.3/1
1	2	6	48	51	0.26	45.58	0.06	26.36	0.06	130	10				2.5/5
1	10	18	25	45.3	0.5	45.63	0.08	26.19	0.08	140	10	11.2	4.1	4.3	4.1/10
1	19	18	5	56.2	0.53	45.56	0.05	26.42	0.05	110	10	10.5		3.7	3.6/11
1	23	13	40	19.9	0.98	45.91	0.9	26.67	0.9	30	10				3.2/6
2	27	9	21	36.3	0.66	45.84	0.16	26.62	0.16	80	10				3.1/3
3	1	10	3	50.1	0.59	45.52	0.08	26.33	0.08	110	10				3.0/6
3	21	12	49	11.9	0.59	45.69	0.07	26.42	0.07	110	10				3.3/4
3	30	15	25	52.5	1.8	45.11	0.14	28.19	0.14	10	10	9.8		3.2	3.1/9
4	1	12	8	6.4	1.2	45.68	0.24	26.7	0.24	120	10				2.6/5
4	12	0	33	23.5	0.56	45.74	0.13	26.53	0.13	150	10	8.9		2.8	3.1/8
4	16	16	39	9	0.44	45.66	0.07	26.4	0.07	160	10	10.0		3.3	3.4/8
4	23	10	41	11.4	0.48	45.94	0.1	26.46	0.1	120	10				2.7/4
4	26	14	32	40.8	0.65	45.6	0.07	26.45	0.07	120	10	12.2	4.0	4.3	3.9/13
5	5	17	7	18.4	0.67	45.67	0.1	26.53	0.1	110	10	11.5	3.7	4.1	3.8/11
5	6	20	52	44	0.57	45.69	0.1	26.63	0.1	120	10	8.6			3.1/8
5	11	17	40	12.7	0.78	45.61	0.09	26.56	0.09	150	10	9.0		2.9	3.3/8
5	26	2	30	26.1	0.51	45.71	0.1	26.76	0.1	120	10	11.0	4.0	4.0	4.0/11
5	27	5	58	46.1	0.73	45.7	0.06	26.53	0.06	80	10	8.6		2.3	3.4/11
5	30	12	59	52	0.39	45.86	0.05	26.47	0.05	120	10				2.8/7
6	6	13	37	41	0.62	45.58	0.06	26.24	0.06	160	10				2.7/7
6	16	8	26	29.1	0.52	45.62	0.08	26.44	0.08	150	10				2.9/6
6	30	18	34	54.4	0.79	45.5	0.08	26.47	0.08	120	10				3.2/7
7	6	22	48	0.8	0.87	45.78	0.08	26.59	0.08	110	10	12.3	4.3	4.3	4.4/15
7	12	2	20	24.3	0.45	45.75	0.08	26.54	0.08	110	10	12.0	3.5	4.3	4.2/14
7	13	10	42	7.8	0.5	45.72	0.08	26.5	0.08	1409	10	8.7		2.5	3.3/7
8	18	10	20	39.3	0.82	45.8	0.13	26.51	0.13	100	10	10.0		3.7	3.6/14
8	19	14	22	24.4	1.23	45.93	0.08	27.25	0.08	10	10				3.1/11
8	19	16	19	22.9	0.43	45.73	0.07	26.28	0.07	150	10				2.6/6
8	31	20	22	5.8	0.53	45.58	0.12	26.31	0.12	130	10	11.6	4.1	3.9	3.9/13
9	4	17	39	49.8	0.67	45.69	0.09	26.5	0.09	120	10		3.4	3.1	3.4/13
9	9	19	53	40.2	0.4	45.71	0.08	26.44	0.08	150	10				3.7/14
9	10	1	0	16.8	0.51	45.62	0.08	26.58	0.08	110	10				3.4/11
9	23	20	35	48.6	0.52	45.61	0.06	26.48	0.06	160	10				3.3/6
9	27	16	1	27.7	0.61	45.75	0.07	26.78	0.07	100	10	10.5		3.6	3.6/11
10	1	2	43	40.6	1.67	45.54	0.11	26.62	0.11	130	10	8.3		2.4	3.2/6
10	1	17	26	17.9	0.7	45.74	0.03	26.76	0.03	80	10	11.2	3.5	4.0	4.2/12
10	21	2	0	52.1	0.53	45.77	0.06	26.66	0.06	70	10				3.1/5
10	21	21	55	56.6	0.55	45.57	0.03	26.53	0.03	110	10				3.1/6
10	25	20	53	29.7	0.48	45.6	0.03	26.64	0.03	120	10	10.1	3.5	3.4	3.4/8
10	25	23	39	13.3	0.24	45.71	0.04	26.55	0.04	110	10				3.2/4
10	31	13	0	47.7	0.4	45.75	0.04	26.59	0.04	130	10	10.0		3.6	3.5/8
11	4	2	41	4.7	0.45	45.71	0.06	26.7	0.06	130	10	9.4		3.1	3.4/10
11	4	16	33	52.9	0.71	45.76	0.05	26.65	0.05	70	10	9.4		3.2	3.7/13

Дата		Время				Координаты				Глубина		Kp/n	Магнитуда		
мес	числ	час	мин	с	$\delta t_{0,c}$	$\varphi^\circ$	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$	$\delta\lambda^\circ$	h, км	$\Delta h$ , км		MPV	MSM	MD
11	11	11	2	5	0.65	45.76	0.05	26.69	0.05	80	10	10.2		3.4	3.7/10
12	1	20	52	8	0.61	45.75	0.06	26.76	0.06	80	10	12.3	3.7	4.4	4.3/13
12	3	18	58	41.9	1.2	43.67	0.04	29.17	0.04	10	10	12.4		4.5	3.9/9
12	7	1	32	21.6	2	45.59	0.14	27.76	0.14	10	10	9.9		3.2	3.4/8
12	9	10	16	39.7	0.46	45.52	0.05	26.55	0.05	100	10				2.7/5
12	12	6	24	50	0.31	45.8	0.05	26.67	0.05	70	10				3.2/4
12	20	0	27	56.6	0.6	45.88	0.03	26.8	0.03	110	10				2.8/5
12	24	5	1	4.3	0.94	45.3	0.06	26.94	0.06	30	10				2.8/7

В 2012 г. на территории Молдовы пять землетрясений области Вранча ощущались населением (табл. 3). Их эпицентры локализованы по всей области промежуточных землетрясений. Глубина залегания очагов варьирует от 80 до 140 км.

**Таблица 4.** Список ощущавшихся в 2012 году землетрясений (MOLD)

Дата, м д	Время, ч мин	Широта, $\varphi^\circ$ N	Долгота, $\lambda^\circ$ E	Глубина, км	Магнитуда MSM	Интенсивность в Кишиневе
01 10	18 25	45.63	26.19	140	4.0	2
04 26	14 32	45.60	26.45	120	4.3	2
07 06	06 07	45.78	26.59	110	4.3	2
07 12	12 20	45.75	26.54	110	4.3	2 (Кагул)
12 01	20 52	45.75	26.76	80	4.4	3

Землетрясение 10 января в Румынии, по данным [4], проявилось интенсивностью 4 балла в Галаце. В Бухаресте, Яссах, Бузэу – 3 балла. В Кишиневе это землетрясение ощущали жители верхних этажей, находящиеся в спокойном состоянии, наблюдалось покачивание легких предметов. Также с верхних этажей зданий поступили сведения об ощущаемости землетрясения 26 апреля. В этом случае слышалось дребезжание стёкол.

Землетрясение 6 июля произошло около двух часов ночи. В Бухаресте, Яссах, Галаце отмечены 3-4-балльные колебания [4]. В Кишиневе, несмотря на ночное время, люди проснулись от толчков, были звонки со 2–3 этажей, включалась сигнализация на машинах. Проснулись от гула, а затем ощутили толчок и сотрясение жители г. Кагул. Слышался скрип мебели. Отмечено беспокойство животных до и во время землетрясения. Землетрясение также ощущалось в близлежащих к Кагулу сёлах. В частности, в селе Джурджулешты ощутили быстрый горизонтальный толчок и наблюдали покачивание люстр. Ощутили землетрясение жители города Леово. Проснулись от гула перед землетрясением, почувствовали толчки, быстрые колебания, большинство жителей испугалось, покинуло жилища. Наблюдалось слабое покачивание люстр, беспокоились куры.

Землетрясение 12 июля, в целом, ощущалось слабее. В городе Кагул некоторые проснулись, ощутили толчки, лёгкое сотрясение, слышался скрип дверей, потолка, отмечено покачивание люстр. В одном случае упал лёгкий предмет.

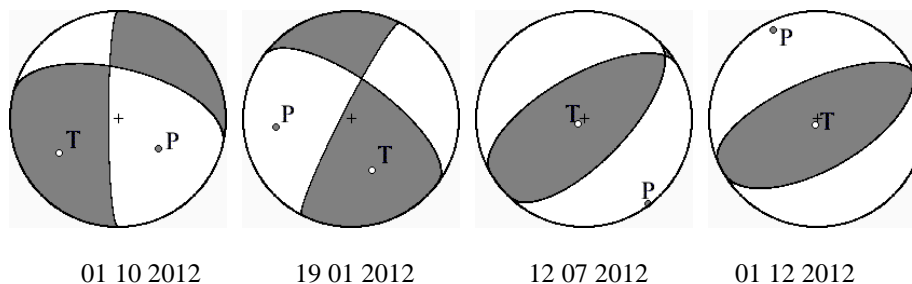
Событие 1 декабря явилось сильнейшим в области Вранча в 2012 году. Ощущалось с интенсивностью 4 балла в Ковасне, Бакэу, Браиле, Галаце. В Бухаресте, Брашове, Яссах, Констанце – 3 балла. Границы ощущаемости на юго-западе Румынии – в районе Джурджу и Зимнича. Отмечены слабые колебания в Софии [5].

В Кишиневе жители чувствовали два толчка с интервалом 5-10 сек. Первый толчок был слабее второго. Интервал между ними 5-10 сек (3 балла).

Нами получено решение 4 механизмов очагов землетрясения 2012 г. по методу первых вступлений P-волн. Построение выполнено на сетке Вульфа в проекции на нижнюю полусферу. Используются данные мировой сейсмической сети [5–6]. Решения представлены в табличном (табл. 5) и в графическом виде (рис. 1).

**Таблица 5.** Параметры механизмов очагов землетрясений области Вранча.

Дата	Плоскость			Плоскость			Напряжения						N/n
	NP1			NP2			P		B		T		
	Stk	Dp	Slip	Stk	Dp	Slip	Az	Pl	Az	Pl	Az	Pl	
10 01	180	80	-52	284	40	-166	126	40	352	38	240	26	61/6
19 01	207	80	140	306	50	14	264	20	16	48	158	36	42/7
12 07	240	46	103	44	46	78	143	1	52	8	234	82	50/4
01 12	246	50	94	60	40	84	334	5	65	3	196	84	61/6



**Рис. 1.** Диаграммы механизмов очагов землетрясений 2012 г.

Механизм очага землетрясения 10 января определён на основе 61 знака вступлений *P*-волн (43 – сжатие, 18 – разрежение). Знаки хорошо разделяются на стереографической проекции. Одна из нодальных плоскостей крутопадающая, имеет меридиональное простирание. Вторая плоскость пологая. В центре сетки Вульфа расположена область сжатия, что является нетипичным для механизмов области Вранча. Оси сжатия и растяжения наклонны. Тип подвижки – сбросо-сдвиг. Очаг землетрясения приурочен к юго-западной окраине фокальной зоны и нижнему этажу глубин промежуточных землетрясений.

Событие 19 января произошло в центральной части очаговой области под действием сил близгоризонтального сжатия и наклонного растяжения. Знаки плохо разделяются. Тип подвижки – сдвига-взброс

Землетрясения 12 июля и 1 декабря произошли под действием сил близгоризонтального сжатия и близвертикального растяжения. Обе возможные нодальные плоскости имеют северо-западное–юго-восточное простирание. Горизонтальные составляющие сжимающих напряжений нормальны к Карпатской дуге в районе ее изгиба. Линия пересечения плоскости, в которой располагаются оси *P* и *T*, с земной поверхностью, служит касательной к горной дуге. Тип подвижки по обеим плоскостям надвиговый с небольшой сдвиговой компонентой. Такой характер механизма является типичным для промежуточных вранчских очагов.

1. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР.** – М.: Наука, 1982. – 273 с.
2. **Anthony Lomax** SeisGram2K Seismogram Viewer v5.3.4X05 (09Sep2008) (BETA) Copyright © 2000–2008. <http://www.alomax.net/seisgram>.
3. **Алексеев И. И., Роман А. А., Симонова Н. А.** Построение регионального годографа очага Вранча на основе данных Международного Сейсмологического Центра. *Buletinul Institutului de Geologie și Seismologie al AȘM*, № 1, 2005. – С. 48–52.
4. **Institutul National pentru Fizica Pamantului C.P. MG-2, Bucuresti-Magurele.** Romania, <http://infp.infp.ro/egsinfo.php>.
5. **International Seismological Centre. On-line Bulletin.** <http://www.isc.ac.uk/Bull>. Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2009.
6. **EMSC, Earthquake information Euro-Med seismicity, Real Time Seismicity** <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>.