

ОЩУТИМОЕ в МОЛДОВЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 5 октября 2003 года**с $MSM=4.8$, $I_0=4-5$ (Карпатский регион)****¹Н.А. Симонова, ¹Н.Я. Степаненко, ¹И.В. Алексеев, ²Р.С. Михайлова**¹Центр сейсмологии Института геологии и геофизики АН Молдовы, г. Кишинёв, kis-seismo@mail.ru²Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, raisa@gstras.ru

Сейсмические наблюдения в республике обеспечивались в 2003 г. станциями «Кишинёв», «Кагул», «Леово», «Сороки» [1]. С их помощью в Молдове за 2003 г. было зарегистрировано и обработано 31 землетрясение Карпатского региона, в основном это подкорковые землетрясения области гор Вранча с $K_p=8.4-13.2$ [2].

Наибольшее землетрясение с $K_p=13.2$ по [2] или 12.7 по [3] произошло 5 октября в 21^h38^m (табл. 1). Очаг его расположен на глубине около 150 км, а эпицентр локализован в центре зоны землетрясений гор Вранча.

Таблица 1. Основные параметры землетрясения 5 октября 2003 г. в 21^h38^m с $MSM=4.8$ по данным Молдовы в сопоставлении с определениями других 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		
MOLD	21 38 19.1		45.69		26.43		150		$MSM=4.8/2$, $Md=4.7/2$, $K_p=13.2/2$	[2]
КОМСП	21 38 16.5		45.66		26.47		149		$MSM=4.8/1$, $Md=4.1/10$, $MSHA=3.9/1$, $K_p=12.7/7$, $Kd=11.3/9$	[3]
MOS	21 38 16.5		45.69	0.04	26.40	0.04	150		$MPSP=4.4/6$	[4]
ISC	21 38 16.7	0.1	45.65	0.02	26.32	0.02	152	2	$m_b=4.5/56$	[5]
ROMPLUS	21 38 18.0		45.58		26.45		146		$Mw=4.6$	[6]
BUC	21 38 18.0	1.1	45.58		26.45		146	10	$Md=5.1/5$	[5]
NEIC	21 38 17.0	0.2	45.67		26.33				$m_b=4.5/80$	[5]
IDC	21 38 17.5	0.3	45.65		26.20		145	2	$m_b=4.0/16$	[5]
BJI	21 38 17.0		45.70		26.30		160		$m_b=4.6$	[5]
ZUR	21 38 17		45.67		26.33		153		$Mw=4.5/26$	[5]

Примечание. MOLD – Центр сейсмологии Института геологии и геофизики АН Молдовы; КОМСП – Карпатская опытно-методическая сейсмологическая партия; ROMPLUS – Romplus catalogue RoNet analog seismograms Нуро/Нурорплюс програм [6]; все другие агентства взяты из [5].

Как следует из табл. 1, время в очаге по данным основных сейсмических служб совпадает в пределах 3 с, координаты эпицентра совпадают по широте и долготе с точностью до 0.15°, по глубине – в пределах 15 км. Небольшой разброс и в оценке магнитуд по продольным волнам ($MPSP=4.4$ [4], $m_b=4.5$ [5]). Магнитуды по поперечным волнам разнятся значительно ($MSM=4.8$ [2], $MSHA=3.9$ [1, 2]). Моментная магнитуда $Mw=4.6$ дана по данным Румынии, однако это расчетная величина, которая рассчитывается одним из шести способов [7], но индексации способа в каждом конкретном случае, к сожалению, нет.

Несколько хуже ситуация с оценкой энергетического класса как по номограмме Раутиан ($K_p=13.2$ [2], $K_p=12.7$ [3]), так и по общей длительности записи землетрясения [8] на сейсмограмме ($Kd=11.3$ [3]), когда разность значений класса составляет +0.5 и +1.9 соответственно (анализ ситуации по наблюдениям 2002–2003 гг. проведен в конце статьи).

Землетрясение 5 октября почувствовали жители республики. Для него были собраны макросейсмические сведения. Землетрясение произошло ночью, в 00^h38^m по местному времени, когда большинство людей уже спали. Однако, несмотря на это, сразу же на сейсмическую стан-

цию «Кишинёв» из различных районов города начали поступать телефонные сообщения о проявлении землетрясения. Всего зарегистрировано 75 звонков от людей, живущих на различных этажах зданий, в том числе 12 сообщений с первого этажа.

Большинство людей, находящихся в спокойном состоянии, ощутили резкий толчок, многие спящие от него проснулись, отдельные испугались, вышли на улицу. Слышалось дребезжание стекол, звенела посуда, скрипела мебель. Во многих случаях стала звенеть сигнализация, установленная на автомобилях. Беспокоились животные: кошка подпрыгнула от толчка (первый этаж), кричали попугаи (шестой этаж). На разосланные сейсмокорреспондентам Молдовы анкеты получено 18 ответов. Оценка интенсивности в пунктах наблюдений проводилась по шкале MSK-64 [9]. Ниже отмечены проявления землетрясения в некоторых населенных пунктах.

Землетрясение ощущали многие жители внутри домов и на улице, некоторые спящие проснулись, отдельные испугались, выбежали на улицу (села Паику и Гаваносы Кагульского района, Джурджулешты Вулканештского района, Валя-Маре Унгенского района, Валя-Пержей Тараклийского района, Дезгинже Комратского района, города Кагул и Комрат). Колебания от землетрясения схожи с колебаниями, создаваемыми проезжающим тяжело нагруженным транспортом (г. Кагул, с. Липовены Чимишлийского района), при подъезде к г. Комрат слабые толчки ощутил водитель двигавшейся автомашины.

Качались люстры, дребезжали окна, двери, посуда (села Паику и Гаваносы, Джурджулешты, Дезгинже, города Комрат и Бендеры). Упали легкие предметы (с. Валя-Маре). У одного жителя с. Паику открылась дверь.

Замечено колебание воды в сосудах (села Джурджулешты, Валя-Маре). Беспокоились собаки в с. Джурджулешты (до землетрясения), в г. Бендеры и с. Кицканы Слободзейского района (во время землетрясения).

До толчка был слышен гул (села Паику и Дезгинже).

В северной части территории страны никаких признаков землетрясения не было отмечено. Отрицательный ответ на вопросы анкеты пришел также из сел Кырнацены Каушанского района и Батыр Чимишлийского района.

Собранные макросейсмические сведения приведены в табл. 2.

Таблица 2. Макросейсмические сведения о землетрясении 5 октября в 21^h38^m с $MSM=4.8$

№	Пункт	Δ , км	AZM	№	Пункт	Δ , км	AZM
	<u>4–5 баллов</u>			11	г. Бендеры	270	61
1	с. Паику	140	84		<u>3 балла</u>		
2	с. Джурджулешты	140	98	12	г. Штефан Водэ	268	66
	<u>4 балла</u>			13	с. Кицканы	275	63
3	г. Кагул	128	91		<u>Не ощущалось</u>		
4	с. Гаваносы	153	84	14	с. Кортен	178	75
5	г. Комрат	188	66	15	с. Батыр	225	62
6	с. Дезгинже	189	63	16	г. Калараш	230	37
7	с. Валя-Маре	198	34	17	с. Корнешты	256	28
8	с. Валя-Пержей	200	77	18	г. Бельцы	260	25
9	г. Кишинёв	237	50	19	с. Кырнацены	263	64
	<u>3–4 балла</u>						
10	с. Липовены	216	55				

На основе данных табл. 2 построена карта (рис. 1), где показано распределение интенсивности сотрясений от землетрясения 5 октября на территории Молдовы.

Число пунктов-баллов с разной интенсивностью сотрясений мало, поэтому фрагмент незамкнутой изосейсты на рис. 1 имеет весьма приближенный вид. На этой же схеме приведены три стереограммы механизма очага землетрясения 5 октября в соответствии с решениями трех агентств (табл. 3).

Два из них (ZUR и MED) получены по методу тензора момента центраида СМТ (табл. 3, рис. 1) [5]. Решение MOLD построено по знакам первых вступлений P -волн (42 знака, 24 – волны сжатия, 18 – растяжения). Все решения находятся в согласии друг с

другом. Очаг характеризуется близгоризонтальным сжатием и близвертикальным растяжением, т.е. в очаге наблюдается взбросовая подвижка с небольшой сдвиговой компонентой. Северо-западный борт разрыва надвигается на юго-восточный. При таком направлении движения в очаге макросейсмический эффект в северо-восточном направлении от эпицентра, в створе которого находится территория Молдовы, является максимальным. Поэтому при довольно значительной глубине (порядка 150 км) и небольшой ($M_{SM}=4.8$) магнитуде это событие ощущалось в южной части республики с интенсивностью I до 4–5 баллов.

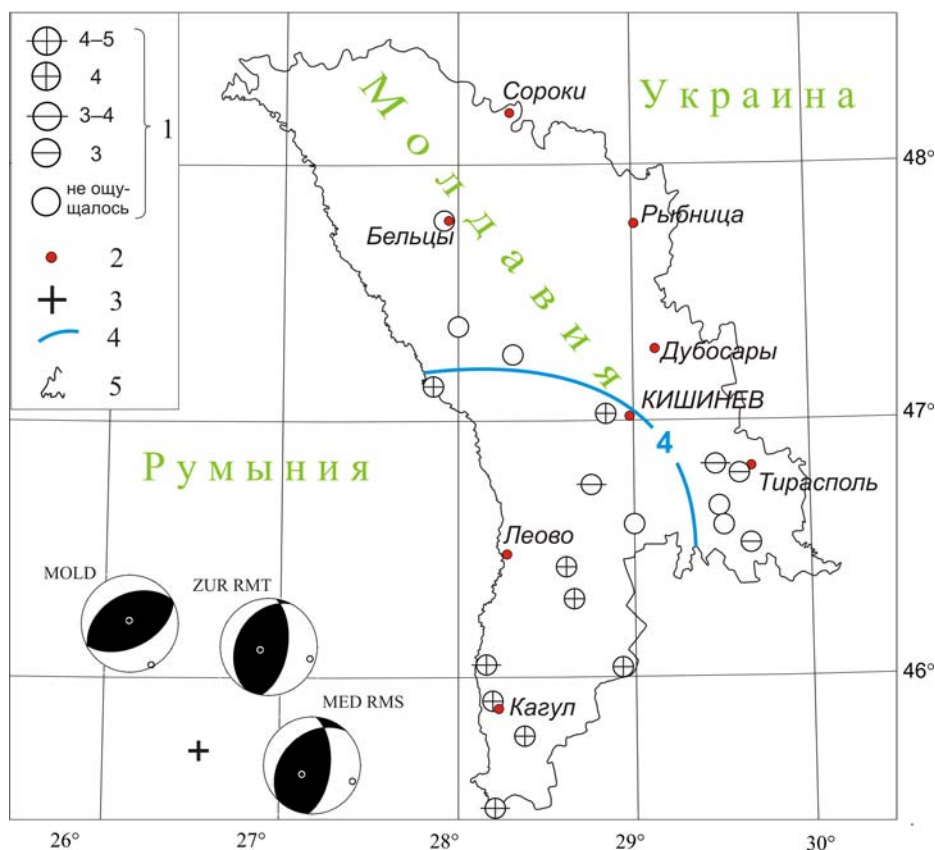


Рис. 1. Распределение интенсивности землетрясения 5 октября на территории Молдовы

1 – интенсивность сотрясений по шкале MSK-64; 2 – населенный пункт; 3 – инструментальный эпицентр; 4 – изосейста; 5 – государственная граница.

Таблица 3. Параметры механизма очага 5 октября в 21^h38^m с $M_{SM}=4.8$

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	h , км	Магнитуды		Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Агент- ство
				M_w	$\wedge MPSP$ # m_b	T		N		P		NP1			NP2			
						PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
1	05.10	21 38 19.1	150		4.8	84	356	2	242	5	125	64	50	92	240	40	87	MOLD
2	05.10	21 38 17	153	4.5	$\wedge 4.4$ #4.5	74	251	9	14	5	106	9	58	80	208	33	106	ZUR
3	05.10	21 38 17	143	4.4		67	228	20	17	11	111	5	59	67	225	38	123	MED

Возвращаясь к различию в величине энергетического класса $\Delta K=+0.5$ землетрясения 5 октября по данным Молдовы и Карпатской опытно-методической сейсмологической партии, рассмотрим ситуацию в целом, привлекая имеющиеся в ред. данные за 2002–2003 гг. К ним относится каталог землетрясений Молдовы за 2002 г., опубликованный в [7] в разделе «Дополнительные данные» вместе с параметрами тех же землетрясений из регионального каталога, где нашлось 22 пары значений соответствующих классов K_{MOLD} и $K_{КОМСП}$, представленные ниже в табл. 4. В эту же таблицу помещены еще 8 пар аналогичных величин по материалам 2003 г. [2, 3].

Таблица 4. Список землетрясений за 2002–2003 гг. с классификацией землетрясений в группах обработки MOLD и КОМСП

№	Дата, д м	t_0 , ч мин с	Эпицентр		h , км	K_p/n MOLD	K_p/n КОМСП	ΔK
			φ°, N	λ°, E				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2002 г.								
1	25.01	10 06 17.8	45.70	26.66	137	12.2/2	9.9/5	2.3
2	08.03	23 24 33.4	45.69	26.55	143	10.2	8.8/2	1.4
3	11.03	08 05 03.5	44.95	25.77	10	10.3	9.5/1	0.8
4	16.03	22 39 07.6	45.63	26.59	147	11.4	10.1/8	1.3
5	08.04	08 44 08.1	45.63	26.26	140	10.4/3	10.2	0.2
6	03.05	18 31 58.3	45.63	26.37	169	13.3/4	11.5/19	1.8
7	15.05	04 26 14.9	45.60	26.39	166	10.9/3	10.8/8	0.1
8	26.05	00 24 20.2	45.82	26.01	46	10.1/3	9.0/3	1.1
9	14.06	23 49 15.5	45.67	26.62	136	11.4/3	10.2/8	1.2
10	14.07	20 18 03.1	45.58	26.36	134	10.6/3	8.7/3	1.9
11	03.08	12 40 15.2	45.72	26.65	145	12.5/3	11.0/13	1.5
12	05.08	21 02 05	45.7	26.0	140	10.6/3	10.0	0.6
13	06.08	06 19 51.8	45.43	27.25	33	11.5/3	10.1/6	1.4
14	16.08	08 18 00.2	45.56	26.57	140	11.0/3	8.9/7	2.1
15	16.08	12 18 16.0	46.43	27.84	25	10.3/3	8.7/4	1.6
16	27.08	06 46 51.3	45.55	26.50	155	10.9/3	9.5/8	1.4
17	06.09	05 04 01.3	45.69	26.59	116	12.2/2	11.5/16	0.7
18	10.09	15 09 33.6	45.86	26.97	137	11.4/2	9.3/8	2.1
19	25.09	17 20 28.5	45.8	26.0	150	10.0/2	10.0	0.0
20	03.11	20 30 20.9	45.98	26.87	78	11.7/2	9.6/8	2.1
21	30.11	08 15 46.5	45.76	26.60	185	13.8/2	11.7/13	2.1
22	30.12	15 41 34.5	45.53	26.25	158	12.1/1	9.5/5	2.6
2003 г.								
1	05.01	04 27 31.7	45.75	26.65	100	10.2/2	8.4/3	1.8
2	13.04	03 31 57.	45.35	26.20	140	11.2/2	8.1/1	3.1
3	02.08	01 32 04.6	45.73	26.51	159	10.9/2	9.7/2	1.2
4	22.08	03 00 27.1	45.76	26.29	160	9.4/2	8.7/1	0.7
5	27.08	13 15 38.3	45.69	26.48	170	10.2/2	9.6/1	0.6
6	16.09	09 25 14.4	45.71	26.65	99	10.4/2	10.6/1	-0.2
7	05.10	21 38 16.5	45.66	26.47	149	13.2/2	12.7/7	0.5
8	02.11	18 16 32.2	45.91	26.55	100	10.7/1	10.5/1	0.2

Как видим, наблюдается в основном завышение значений энергетических классов по данным MOLD. Максимальное различие составило $\Delta K_{\max}=+3.1$ для землетрясения 13 апреля 2003 г. в $03^{\text{h}}31^{\text{m}}$, минимальное – $\Delta K_{\min}=-0.2$ для землетрясения 16 сентября в $09^{\text{h}}25^{\text{m}}$. Разумеется, между исследуемыми значениями классов имеет место прямая зависимость, о чем свидетельствует график на рис. 3, но с большим разбросом данных. Анализ характера зависимости разницы ΔK (графа 9 в табл. 4) от значений энергетических классов в региональном каталоге (графа 8) возможен на основе графика, представленного на рис. 4. Здесь, несмотря на значительный разброс, просматривается тенденция спада ΔK с увеличением энергии землетрясений. Все это свидетельствует о появившейся трудности в классификации землетрясений в период смены аналоговой аппаратуры на цифровую, о чем свидетельствует в частности еще одно значение энергетического класса, рассчитанное по общей длительности τ колебаний на записи по цифровой аппаратуре, равное $Kd=11.3$ [3], что значительно ниже классов $K_p=13.2$ [2] и 12.7 [3]. В этом случае имеет смысл обратиться также к магнитуде MSM , которая, как показано в [10], лучше других типов магнитуд соответствует известному стандартному уравнению

$$K=4+1.8 M, \quad (1)$$

и связана с ней следующими уравнениями для коровых и глубоких землетрясений

$$K_p = (3.78 \pm 0.48) + (1.79 \pm 0.15) MSM \text{ при } r = 0.787 \text{ – для очагов в земной коре,} \quad (2)$$

$$K_p = (2.84 \pm 0.33) + (1.89 \pm 0.08) MSM \text{ при } r = 0.818 \text{ – для глубоких очагов Вранча.} \quad (3)$$

Согласно последнему уравнению, при $MSM=4.8$ (табл. 1) расчетное значение энергетического класса равно 11.9, что свидетельствует о приоритете регионального значения $K_p=12.7$, по сравнению с оценкой $K_p=13.2$, которая явно завышена.

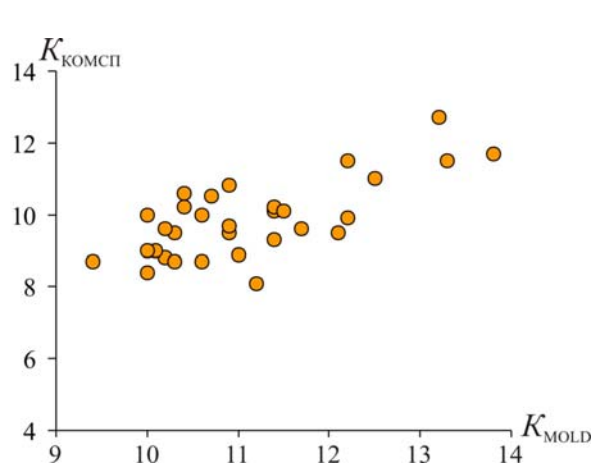


Рис. 3. График зависимости между определениями энергетического класса в двух группах обработки землетрясений

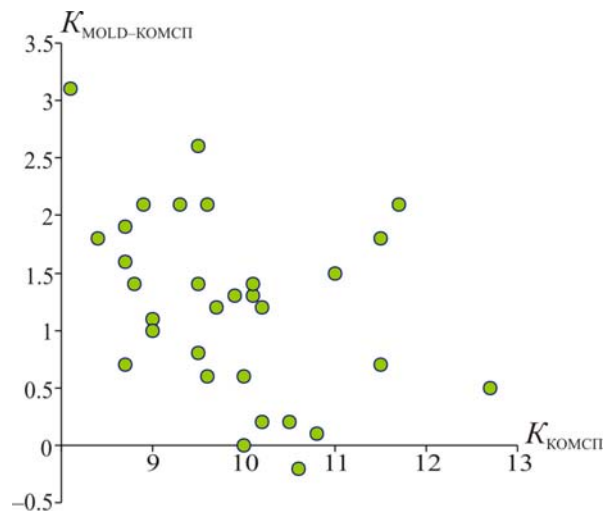


Рис. 4. График зависимости разности $\Delta = K_{MOLD} - K_{КОМСП}$ от $K_{КОМСП}$

Л и т е р а т у р а

1. Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Симонова Н.А. Карпаты. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) в наст. сб.).
2. Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Симонова Н.А. Каталог землетрясений Вранча по наблюдениям сейсмических станций Молдовы. (См. раздел VI (Дополнительные данные) в наст. сб. на CD).
3. Чуба М.В. (отв. сост.), Келеман И.Н., Гаранжа И.А., Стасюк А.Ф., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Щепиль О.И., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А. Карпаты. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
4. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2003 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2003–2004.
5. Bulletin of the International Seismological Centre for 2003. – Berkshire: ISC, 2005–2006.
6. Romplus catalogue RoNet analog seismograms Нуро/Нуроплюс program. <http://www.infp.ro/catal/catal.html>
7. Степаненко Н.Я., Пронишин Р.С., Михайлова Р.С. Об уточнении параметров землетрясений Карпат за 2002 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – (На CD).
8. Маламуд А.С. Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений, Т. II. – М.: Наука. – 1974. – С. 180–192.
9. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
10. Михайлова Р.С., Артёмова Е.В., Каменская О.П. Взаимосвязи энергетических классов и магнитуд землетрясений Карпат // Землетрясения Северной Евразии, 2002. – Обнинск: ГС РАН, 2008. – С. 395–407.