

**ДУНАЙСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 3 октября 2004 года с  $K_p=13.0$ ,** **$M_w=4.8$ ,  $I_0=5-6$  (Карпатский регион)****Н.Я. Степаненко, Н.А. Симонова, И.В. Алексеев***Институт геофизики и геологии АН Молдовы, г. Кишинёв, [kis-seismo@mail.ru](mailto:kis-seismo@mail.ru)*

Землетрясение произошло 3 октября в 09<sup>h</sup>02<sup>m</sup> с  $K_p=13.0$  по [1] (или 13.2 – по [2]) в дельте Дуная (Георгиевское устье), вызвавшее в украинском г. Измаил колебания интенсивностью 5 баллов (согласно телефонным сообщениям на сейсмическую станцию «Кишинёв»). По данным ISC [3], землетрясение записали большое число станций ( $n=727$ ), что обусловлено значительным уровнем энергии, выделившейся в его очаге. В табл. 1 приводятся параметры гипоцентра землетрясения по региональным данным [1, 2] в сопоставлении с результатами обработки различных сейсмических служб мира. Определение параметров гипоцентра в MOLD [2] сделано по программе HYPOS, разработанной в Институте геологии и сейсмологии АН Молдовы. При расчетах использовались также данные о временах вступления сейсмических волн на станциях Украины, Румынии и Болгарии.

**Таблица 1.** Основные параметры землетрясения 3 октября 2004 г. с  $M_w=4.8$  по данным MOLD в сопоставлении с определениями других 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		
Регион, СБУ	09 02 05.5	0.2	45.16	0.02	28.92	0.02	53.5	6.7	$M_d=4.2/18$ , $M_{SM}=4.8/3$ , $K_p=13.0/9$	[1]
Регион, MOLD	09 02 07.5		45.40		28.92		10		$M_d=4.9/3$ , $M_{SM}=4.4/3$ , $K_p=13.2/3$	[2]
MOS	09 02 04.8	1.3	45.29		28.98		33f		$M_{PSP}=5.1/14$	[3]
ISC	09 02 01.9	0.4	45.18	0.01	28.94	0.01	8	2	$M_s=4.1/17$ , $m_b=5.0/130$	[4]
NEIC	09 02 07.0	0.8	45.20		28.97		31	5	$m_b=4.8/121$	[4]
BUC	09 02 04.8	1.5	45.21		28.92		4	4	$M_d=4.9/4$	[4]
IDC	09 02 02.2	0.5	45.21		28.95				$M_s=3.9/14$ , $m_b=4.8/33$	[4]
SOF	09 02 10.0		44.85		28.37		10		$M_d=4.4$	[4]
CSEM	09 02 01.1		45.16		29.09		2		$m_b=5.0$	[4]
HRVD	09 02 07.0	0.7	45.20		28.56		12		$M_w=4.8/43$	[4]
MED	09 02 07.0	0.5	45.18		29.07		17		$M_w=4.7/18$	[4]
ZUR	09 02 06		45.20		28.97		9		$M_w=4.7/25$	[4]
ROMPLUS	09 02 04.8		45.21		28.92		4		$M_w=3.7$	[2]

Примечание. MOLD – определение гипоцентра сделано в Институте геологии и сейсмологии АН Молдовы; СБУ – Сейсмологический бюллетень Украины за 2004 год; BUC – сеть сейсмических станций Национального института физики Земли, Бухарест, Румыния (National Institute for Earth Physics, Bucharest-Magurele, Romania). ROMPLUS – Каталог землетрясений Румынии, составленный в Национальном институте физики Земли (NIEP). CSEM – Международный Европейский сейсмологический центр

Разброс в положении эпицентра изображен на рис. 1. Как видно из табл. 1 и рис. 1, данные молдавской сейсмической сети [2] дали наиболее северное расположение эпицентра по широте и близкое к средним оценкам по долготе. В оценках глубины очага разброс большой (от 2 до 53 км) свидетельствуя о ненадежности оценок этого параметра, что закономерно из-за отсутствия близких ( $\Delta < 30$  км) к эпицентру сейсмических станций.

Ниже приводится описание проявлений землетрясений в различных населенных пунктах Молдовы. Описание ощущений в сельской местности относится к одноэтажным, в основном саманным зданиям.

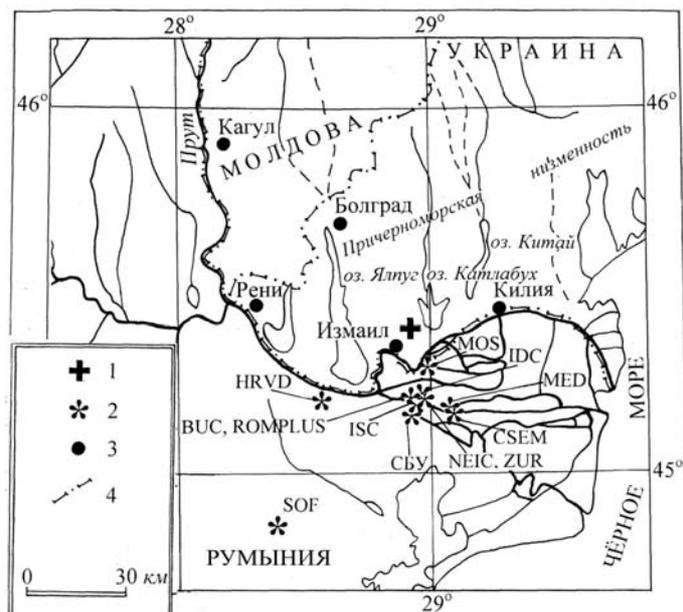


Рис. 1. Сравнение разных решений эпицентра землетрясения 3 октября 2004 г. с  $M_w=4.8$

1 – региональный эпицентр; 2 – эпицентр по данным других агентств; 3 – населенный пункт; 4 – государственная граница.

Село *Липовены*. Землетрясение ощущалось многими жителями в помещениях и на улице. Колебались люстры и лампочки, дребезжала посуда.

*Кагул, Леово, село Паику*. Слабый непродолжительный толчок ощущался немногими людьми, находящимися в состоянии покоя, был слышен слабый гул.

*Григориополь, Дубоссары*. Ощутили 1–2 толчка некоторые сидящие или лежащие жители.

*Тирасполь*. Один толчок ощутили немногие люди.

В г. *Штефан Водэ* и *Белцы*, а также в селах Батыр и Украинка землетрясение не ощутили.

Колебания интенсивностью в 5 баллов наблюдались в украинском городе Измаил согласно телефонным сообщениям на сейсмическую станцию «Кишинёв».

Таблица 2. Макросейсмические сведения о землетрясении 3 октября 2004 г. с  $M_w=4.8$

№	Пункт	$\Delta$ , км	$AZM^\circ$	№	Пункт	$\Delta$ , км	$AZM^\circ$
1	<u>5 баллов</u>	65	297	6	г. Кагул	97	323
	<u>4 балла</u>				г. Григориополь	214	7
	с. Джурджулешты				228	4	
	<u>3–4 балла</u>				<u>2–3 балла</u>	107	324
	г. Леово				152		
с. Липовены	172	355					
г. Тирасполь	185	16					
г. Кишинёв	200	356					
9	<u>Не ощущали</u>	161	19	7	с. Дезгинже	136	349
	с. Украинка				136	10	
	с. Батыр				152	2	
	г. Штефан Водэ				161	19	

Есть определения механизма очага события 3 октября [5] как по тензору момента центра [4], так и по стандартной методике (MOLD) [6]. В последнем случае, в связи с увеличением числа исходных данных, решения пересматривались.

Таблица 3. Параметры механизма очага землетрясения 3 октября 2004 г.

№	Дата, д м ч мин с	$t_0$ , с	$h$ , км	Магнитуды				$K_p$	Оси главных напряжений				Нодальные плоскости						Агент- ство, источ- ник					
				$M_w$	$M_s$	$MPSP$	$m_b$		$T$		$N$		$P$		$NP1$			$NP2$						
									$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$PL$	$AZM$	$STK$	$DP$	$SLIP$	$STK$		$DP$	$SLIP$			
13	03.10	09 02 05.5	54	4.8	4.1	5.1	5.0	13.0	6	224	40	320	48	120	159	64	-46	94	50	-148	MOLD			
																							[2, 5]	
																								HRVD
																								ZUR
				4.7					23	228	17	325	61	88	289	27	-129	152	70	-72				
				4.7					0	213	0	303	90	88	123	45	-90	303	45	-90				
									2	213	7	123	82	317	311	44	-79	116	47	-100	MED			

Очаг землетрясения 3 октября находился в земной коре, эпицентр расположен в дельте реки Дунай. Все решения близки между собой, простирание обеих плоскостей – юго-восток–северо-запад. Оси напряжений сжатия ориентированы ближе к вертикали, чем оси растяжения. В очаге наблюдается движение сбросо-сдвигового типа.

Ниже представлена карта распределения интенсивности сотрясений от землетрясении 3 октября, а также диаграммы его механизма в проекции на нижнюю полусферу (рис. 2).

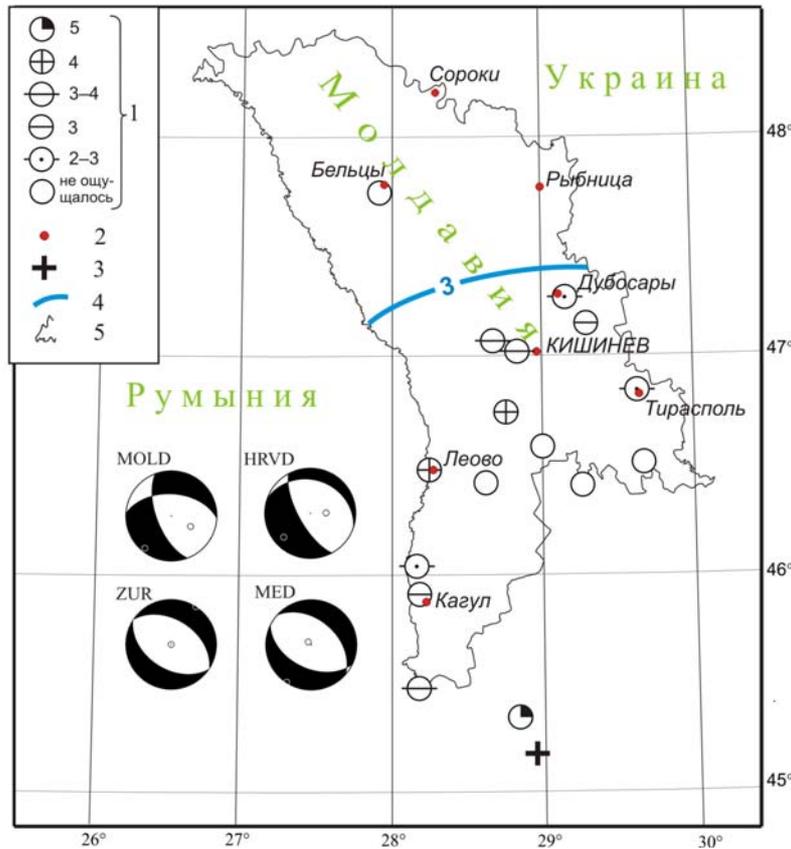


Рис. 2. Карта пунктов-баллов для землетрясения 3 октября в 09<sup>h</sup>02<sup>m</sup> с  $K_p=13.0$  и разные решения механизма его очага в стереографической проекции на нижнюю полусферу

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

Коровое землетрясение 3 октября (рис. 2) ощущалось к северу от очага до центральных районов Молдовы.

Кроме того, на сейсмической станции «Кишинёв» были получены записи этого землетрясения приборами для сильных движений. Использована шкала соотношения между интенсивностью землетрясения и максимальными параметрами колебаний [8]. Обработка этих записей позволила сделать инструментальную оценку интенсивности колебаний в районе станции (табл. 4). Макросейсмическая и инструментальная оценки балльности в Кишинёве практически совпадают.

**Таблица 4.** Инструментальная оценка интенсивности колебаний в Кишинёве при землетрясении 3 октября в 09<sup>h</sup>02<sup>m</sup> с  $K_p=13.0$

Смещение, см	Скорость см/с	Балльность по	
		смещению	скорости
0.013	0.13	4 балла	3 балла

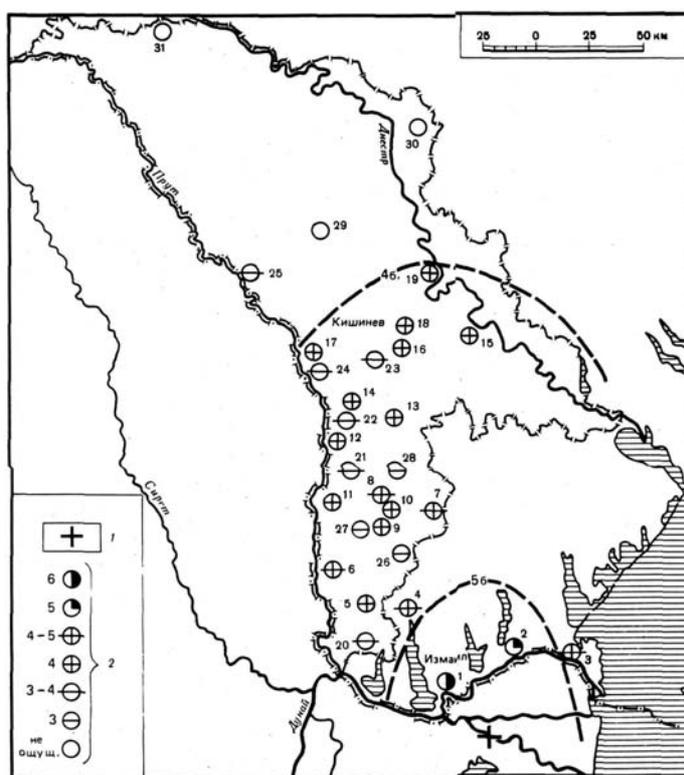
Основной толчок 3 октября в 09<sup>h</sup>02<sup>m</sup> вне южных границ региона вблизи г. Тулча сопровождался с интервалом около трех часов (в 11<sup>h</sup>41<sup>m</sup>) афтершоком с  $K_p=10.4$ , локализованным сетью сейсмических станций Молдовы и Румынии (табл. 5) в северной части Добруджи.

**Таблица 5.** Основные параметры афтершока землетрясения 3 октября 2004 г.

№	Дата, д м	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	Магнитуды	$K_p$	Источник
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E				
Основной толчок								
1	03.10	09 02 07.5	45.40	28.92	10		13.2	[2] – MOLD
2	03.10	06 02 04.8	45.21	28.92	4	$M_d=4.8/121$		[4] – BUC
Афтершок								
1	03.10	11 41 38.6	45.14	29.0	10		10.4	[2] – MOLD
3	03.10	11 41 37.1	45.12	28.91	0	$M_d=3.9/4$		[4] – BUC

Из сравнения значений координат эпицентра афтершока, по данным MOLD и BUC, в сопоставлении с координатами эпицентра главного толчка видно, что решение MOLD для главного толчка, оттянутое к северу на значительное расстояние от его других определений и афтершока, скорее всего, ошибочно. Афтершок возник вблизи главного толчка. Сведений о его ощутимости нет.

В прошлом в этом районе наблюдался ряд сильных землетрясений. По макросейсмическим данным было отмечено землетрясение 2 июня 1906 года. Инструментально зарегистрировано землетрясение 22 июня 1923 года ( $I=3-4$  балла). 13 ноября 1981 года в этом районе произошло коровое ( $h=8$  км) землетрясение ( $M=5.2$ ,  $K_p=14.0$  [9]) ( $\varphi=45.16^\circ$ N,  $\lambda=29.00^\circ$ E), которое связывают с Дунайским разломом [10, 11]. Оно проявилось в г. Измаиле – 6 баллов, в Кишинёве – до 4–5 баллов (рис. 3). Исследованию этого события посвящена работа румынских сейсмологов [12], в которой сообщается, что оно проявилось в эпицентре интенсивностью в 6–7 баллов, сопровождалось шестью афтершоками, глубина которых варьировала от 4 до 9 км. Сравнивая карту пунктов-баллов землетрясения 2004 г. на рис. 2 с картой изосейст землетрясения 1981 г. на рис. 3, можно увидеть некоторое подобие, хотя, к сожалению, для землетрясения 2004 г. информации очень мало.



**Рис. 3.** Карта изосейст землетрясения 13.11.1981 г. с  $K_p=14.0$ ,  $M=5.2$  по [11]

1 – инструментальный эпицентр; 2 – интенсивность, баллы.

## Л и т е р а т у р а

1. Чуба М.В. (отв. сост.), Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Щепиль О.И., Плишко С.М., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А. Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2004 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2004 год. – Симферополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2006. – С. 49–117.
2. Степаненко Н.Я., Алексеев И.В., Симонова Н.А. Каталог землетрясений Вранча по наблюдениям сейсмических станций Молдовы. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
3. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2004 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2004–2005.
4. *Bulletin of the International Seismological Centre for 2004.* – Berkshire: ISC, 2006–2007.
5. Степаненко Н.Я., Чепкунас Л.С., Михайлова Р.С. (сост.). Каталог механизмов очагов землетрясений Карпат за 2004 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
6. Балакина Л.М., Введенская А.В., Голубева Н.В., Мишарина Л.А., Широкова Е.И. Поле упругих напряжений Земли и механизм очагов землетрясений. – М.: Наука, 1972. – 192 с.
7. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
8. Шебалин В. Об оценке сейсмической интенсивности // Сейсмическая шкала и методы измерения сейсмической интенсивности. – М.: Наука, 1975. – С. 87–109.
9. Костюк О.П. (отв. сост.), Руденская И.М., Карпив Т.С., Хивренко З.С., Подымова И.С. Региональный каталог Карпат // Землетрясения в СССР в 1981 году. – М.: Наука, 1984. – С. 138.
10. Руденская И.М., Москаленко Т.П., Подымова И.С., Королев В.А., Скляр А.М., Князева В.С. Сейсмичность Карпат в 1981 году // Сейсмологический бюллетень Западной территориальной зоны Единой системы сейсмических наблюдений СССР (Крым–Карпаты, 1981–1982 гг.). – Киев: Наукова думка, 1985. – С. 77–83.
11. Костюк О.П., Руденская И.М., Москаленко Т.П., Королёв В.А., Скляр А.М., Князева В.С. Землетрясения Карпат // Землетрясения в СССР в 1981 году. – М.: Наука, 1984. – С. 12–18.
12. Oncescu M.C., Bazacliu O., Popescu E. The Tulcea earthquake of November 13, 1981 // *Revue roum. de geol., geoph., geogr. Geophysique.* – 1989. – 33. – P. 23–26.