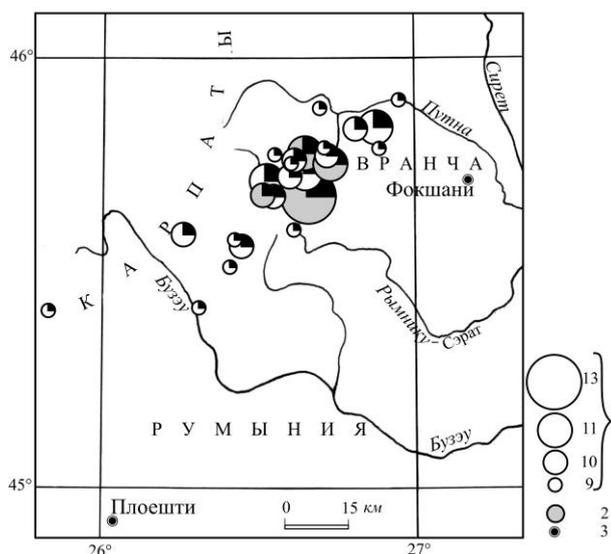


**ОЩУТИМОЕ В МОЛДОВЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 25 апреля 2009 г. с  $M_w=5.2$** **(район Вранча, Румыния-Молдова)****И.И. Илиеш, Н.Я. Степаненко, Н.А. Симонова, И.В. Алексеев***Институт геологии и сейсмологии АН Молдовы, г. Кишинёв, kis-seismo@mail.ru*

В 2009 г. на территории Молдовы четыре землетрясения из области Вранча (табл. 1) ощущались населением республики. Эпицентры этих землетрясений локализованы немного к северо-востоку от центральной части зоны глубоких землетрясений гор Вранча (рис. 1). Достаточно сильное ( $M_w=5.2$ ) землетрясение произошло 25 апреля на глубине  $h=112$  км (табл. 1). Оно ощущалось многими жителями Молдовы. Для описания макросейсмического эффекта этого землетрясения использовался материал, собранный сейсмодатчиками по республике.



**Рис. 1.** Карта эпицентров глубоких землетрясений Вранча за 2009 г. по каталогу [1]

1 – энергетический класс  $K_p$  [1]; 2 – ощутимые землетрясения; 3 – населенный пункт.

**Таблица 1.** Список глубоких землетрясений Вранча из [1], ощущавшихся в Молдове в 2009 г.

№	Дата, д м год	$t_0$ , ч мин с	Гипоцентр			$K_{p1}$ MOLD [2]	$K_{p2}$ КОМСП [1]	$\Delta K =$ $K_{p1} - K_{p2}$	$I_i$ , балл в Кишинёве
			$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	$h$ , км				
1	25.04	17 18 46.9	45.68	26.66	112	14.5	13.3	+0.8	4
2	24.07	20 27 08.6	45.77	26.65	146	12.3	11.4	+0.9	2
3	22.10	12 20 56.7	45.68	26.51	154	11.7	10.2	+1.5	2
4	26.12	23 04 37.7	45.75	26.72	117	11.5	11.2	+0.3	2
Среднее								+0.875	

Примечание. «Среднее» показывает величину завышения энергетических классов по станциям Молдовы.

Три землетрясения из табл. 1, очаги которых расположены на глубине свыше 100 км, почувствовали отдельные жители Кишинёва на верхних этажах зданий. Толчок 26 декабря также был замечен на первом этаже в селе Лэпушна (района Хынчешть). Подробно анализируется лишь толчок 25 апреля.

Землетрясение 25 апреля 2009 г. В табл. 2 приведены основные его параметры по данным различных агентств.

Таблица 2. Основные параметры землетрясения 25 апреля 2009 г. по данным Молдовы (MOLD) в сопоставлении с определениями других агентств

Агент-ство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр					Магнитуда		Ис-точ-ник
			$\varphi^\circ$ , N	$\delta\varphi^\circ$	$\lambda^\circ$ , E	$\delta\lambda^\circ$	$h$ , км	$\delta h$ , км		
MOLD	17 18 47.9		45.70		26.66		100		$K_p=14.5$	[2]
КОМСП	17 18 46.9	0.1	45.68	0.01	26.66	0.01	111.9	1.6	$K_p=13.3, Md=4.7/25, MSM=5.4, MSHA=5.3$	[1]
MOS	17 18 47.4	1.1	45.72		26.58		100		$MPSP=5.5/69$	[3]
BUC	17 18 48.0	0.6	45.68		26.62		110	7	$MD=5.7/2$	[4]
IDC	17 18 48.7	0.3	45.73		26.45		100	2	$M_s=(4.0+0.8^*)/26, m_b=5.1/33$	[5]
PDG	17 18 48.6	0.5	45.61		26.52		95	1	$MD=5.3/3$	[5]
CSEM	17 18 48.6	0.1	45.69		26.56		103		$M_s=(4.2+0.8^*), m_b=5.3/99$	[5]
ISC	17 18 48.9	0.2	45.70	0.02	26.54	0.02	102	1	$m_b=5.3/262$	[5]
NEIC	17 18 48.6		45.65		26.61		101		$M_w=5.2, m_b=5.3/208$	[5]
GCMТ	17 18 50.8	0.2	45.59		26.71		107	1	$M_w=5.2$	[5]
NEIR	17 18 48.5		45.69		26.54		96		$m_b=5.3/126$	[5]
GFZ	17 18 47.8		45.75		26.68		89		$M=5.0$	[5]

Примечание. Поправка (+0.8\*) к магнитудам  $M_s$  глубоких землетрясений дана по [6]; расшифровка кодов агентств дана в обозначениях к наст. сб.

Видно, что все определения, как представленные в табл. 2 координаты эпицентра, так и глубина очага, в пределах точности согласуются между собой. Диапазон глубин по разным агентствам составил  $h=95-110$  км, т.е. статистическая ошибка  $\delta h=\pm 7.5$  км.

Однако оценки величины землетрясения разнятся значительно, начиная с региональных величин энергетических классов. Кишинёв по станциям Молдовы дает  $K_p=14.5$ ; Львов по украинским станциям –  $K_p=13.3$ , т.е. меньше на  $\Delta K=0.8$ . Такая же разница между классами получается в среднем по четырем ощутимым землетрясениям из табл. 1.

Значение моментной магнитуды  $M_w=5.2$  дают два агентства: GCMТ И NEIC. Их превышают региональные магнитуды по объемным  $S$ -волнам из [1] –  $MSHA=5.3$  и  $MSM=5.4$ .

Максимальный уровень магнитуды в табл. 1 соответствует ее оценкам по длительности колебаний на записи:  $MD=5.7$  по двум станциям [4]. Эту магнитуду дает румынское агентство BUC. Меньшее значение дано агентством PDG –  $MD=5.3/3$ . Но в регионе магнитуда по длительности на целую единицу меньше, чем у BUC и равно  $Md=4.7$  по 25 станциям [1]. По-видимому, в этих трех агентствах используются разные участки записи или разная аппаратура.

Значение магнитуды  $M_s$  по поверхностным волнам дают два агентства – IDC ( $M_s=4.0$ ) и CSEM ( $M_s=4.2$ ). Они более чем на единицу меньше моментной магнитуды  $M_w$ , хотя это не совсем так, поскольку для глубоких землетрясений, согласно [6], нужно ввести поправку  $\Delta M=+0.8$ . Тогда получится  $M_s=4.8$  и  $5.0$ , соответственно, т.е. уже значительно ближе к  $M_w$ .

Подводя итоги представленного анализа оценки величины конкретного землетрясения, констатируем очень большой разброс в оценке магнитуд землетрясений Карпат.

Изображение в плане разных решений эпицентра дано на рис. 2.

Как видим, очень близки решения MOLD, КОМСП и BUC, неплохо стыкуются и решения MOS, ISC, CSEM, NEIC, GFZ, а наиболее удалены решения IDC, PDG, GCMТ. Ближайший населенный пункт – Фокшаны, которого нет, к сожалению, в табл. 3 с перечнем пунктов-баллов, равно как нет и Плоешти.

Ниже приводятся макросейсмические данные из населенных пунктов Молдовы. Это краткое описание проявления землетрясений, таблица пунктов-баллов (табл. 3) и карта распределения интенсивности сотрясений от землетрясений на территории Молдовы с приближенными изосейстами на рис. 3.

На сейсмической станции «Кишинёв» было зарегистрировано множество телефонных звонков, в основном с верхних этажей зданий. На нижних этажах интенсивность сотрясений была слабее. Ощущали 1–2 резких толчка, соответствующих четким вступлениям продольных  $P$ - и поперечных  $S$ -волн, характерных как раз для глубоких землетрясений. Звенела посуда.

Некоторые почувствовали толчки на улице, дрожала земля под ногами. На верхних этажах спящие люди просыпались.

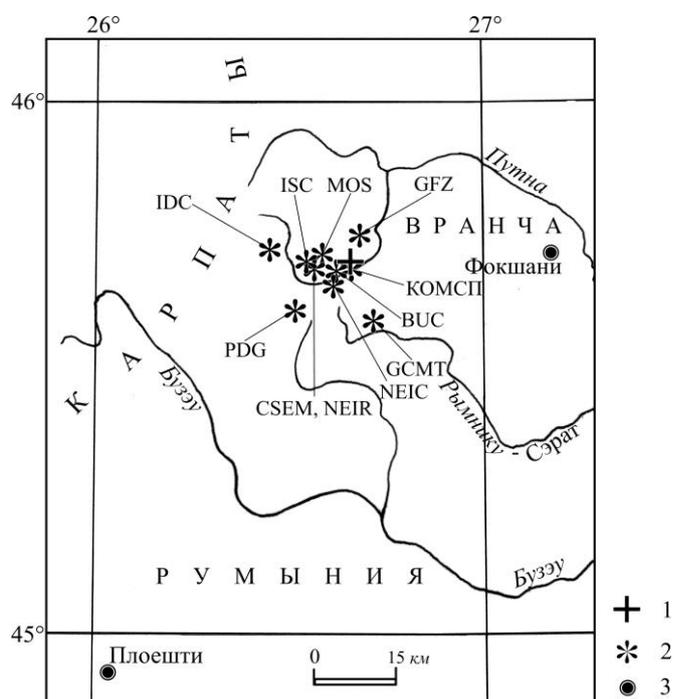


Рис. 2. Решения эпицентра землетрясения 25 апреля 2009 г. с  $M_w=5.2$  по данным разных агентств

1 – инструментальный эпицентр по MOLD [2]; 2 – другие решения в табл. 2; 3 – населенный пункт.

толчка, был слышен гул. Сейсмокорреспондент во время землетрясения кормил домашних животных и заметил, что корова очень беспокоится, но сам колебаний не почувствовал.

Результаты обработки имеющейся макросейсмической информации о землетрясении по шкале MSK-64 [7] отражены в табл. 3.

Таблица 3. Макросейсмические данные о землетрясении 25 апреля 2009 г. с  $M_w=5.2$ ,  $h=100$  км

№	Пункт	$\Delta$ , км	$AZM^\circ$	№	Пункт	$\Delta$ , км	$AZM^\circ$
<u>4 балла</u>				14	Тирасполь	262	61
1	Паику	123	75	15	Сарата Ноуа	162	57
2	Кагул	124	79	16	Каушаны	239	63
3	Джурджулешты	124	100	17	Пуркары	264	69
4	Лебеденко	131	82	<u>2–3 балла</u>			
5	Гаваноаса	137	86	18	Твардица	191	72
6	Кантемир	138	62	19	Кэлинешты	215	18
<u>3–4 балла</u>				20	Яблона	242	18
7	Московей	136	80	21	Флорешты	274	27
8	Леово	151	55	22	Резина	289	38
9	Тараклия	161	82	<u>Не ощущалось</u>			
10	Князевка	179	54	23	Корнешты	243	25
11	Балаурешты	180	40	24	Штефан Водэ	252	66
12	Кишинёв	221	49	25	Безеда	272	6
13	Дубоссары	260	48	26	Чинешеуцы	279	36

Распределение интенсивности землетрясения 25 апреля на территории Молдовы показано на рис. 3.

По республике было разослано 56 макросейсмических анкет постоянным корреспондентам, ответ получен из 25 населенных пунктов Республики Молдова. Колебания были отмечены в 22 пунктах (табл. 3).

В шести населенных пунктах юго-запада страны интенсивность землетрясения достигала  $I=4$  баллов. Ощущалось большинством жителей, был слышен гул. Дребезжали стекла, посуда, скрипела мебель, качались люстры, лаяли собаки. Находящиеся на улице люди в селе Гаваноаса ощущали колебания почвы, видели качание деревьев.

Колебания с интенсивностью  $I=3-4$  балла достигли левобережья Днестра. В Тирасполе люди, находящиеся в состоянии покоя, почувствовали короткие вертикальные толчки, заметили покачивание люстр, дребезжание посуды, некоторые испугались.

В северной части территории Молдовы ощущались очень слабые отзвуки землетрясения ( $I=2-3$  балла). Так, например, в селе Яблона несколькими жителями отмечено два

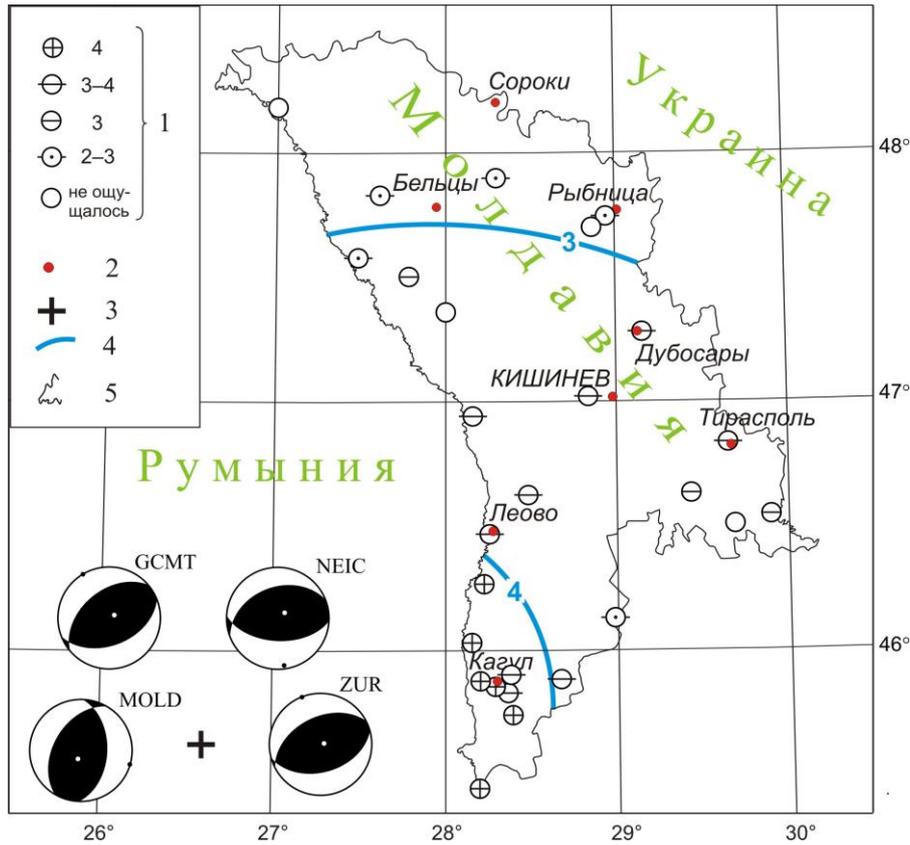


Рис. 3. Распределение интенсивности сотрясений от землетрясения 25 апреля 2009 г. на территории Молдовы и разные решения механизма его очага из табл. 4

1 – интенсивность сотрясений по шкале MSK-64 [7]; 2 – населенный пункт; 3 – инструментальный эпицентр MOLD; 4 – изосейста; 5 – государственная граница.

Есть данные о макросейсмических проявлениях землетрясения за пределами Молдовы. Как сообщила Украинская газета «Новая» от 26.04.2009 г., колебания были зафиксированы в украинских городах Измаил, Рени, Винница, Одесса. На юго-западе Одесской области также были отмечены слабые толчки. По данным EMSC [8], землетрясение ощущалось в населенных пунктах Румынии и Болгарии.

Для этого землетрясения получено региональное решение механизма очага по методу первых вступлений *P*-волн (табл. 4). Использованы данные мировой сейсмической сети [5]. Построение выполнено на сетке Вульфа в проекции на нижнюю полусферу по 74 знакам первых вступлений *P*-волн. Кроме того, имеется решение механизма очага с помощью тензора момента-центриоида по данным агентств GCMT, NEIC и SED [5, 8] (табл. 4, рис. 3).

Таблица 4. Параметры механизма очага землетрясения 25 апреля 2009 г. в 17<sup>h</sup>18<sup>m</sup> с  $M_w=5.2$  по данным различных сейсмологических агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$h$ , км	Магнитуды		$K_p$	Оси главных напряжений						Нодальные плоскости						Ис-точник
			$M_w$	$m_b$		T		N		P		NP1			NP2			
						PL	AZM	PL	AZM	PL	AZM	STK	DP	SLIP	STK	DP	SLIP	
MOLD	17 18 47.9	100			14.5	76	42	14	225	1	134	210	46	110	58	48	70	[2]
GCMT	17 18 50.8	107	5.2			81	58	9	239	0	149	230	46	77	68	46	102	[5]
NEIC	17 18 48.6	101	5.2	5.3		76	52	11	264	7	172	249	39	71	93	53	105	[5]
BUC																		
SED						84	76	5	249	0	339	243	46	82	75	44	98	[8]

В первой строке табл. 4 приведен вариант параметров механизма очага по первым вступлениям *P*-волн. Согласованность знаков – 91%. В соответствии с этим решением напряжения

сжатия горизонтальны ( $PL_p=1^\circ$ ), напряжения растяжения – под большим углом ( $PL_T=76^\circ$ ) к горизонту. Это вызвало в очаге по обеим нодальным плоскостям подвижки типа взброс с очень незначительными компонентами правостороннего сдвига по плоскости  $NP1$  и левостороннего – по  $NP2$  (рис. 3). Наклоны обеих плоскостей практически равны ( $DP_1=46^\circ$ ,  $DP_2=48^\circ$ ) и находятся фактически вблизи раздельного угла  $45^\circ$ , больше которого – взбросы, меньше – надвижки.

Решения механизма очага землетрясения 25 апреля с помощью тензора момента-центроида весьма близки между собой: оси сжатия горизонтальны ( $PL_p=0^\circ$ ) у GCMT и ZUR, у NEIC/BOC – близгоризонтальны ( $PL_p=7^\circ$ ). Оси напряжений растяжения – близвертикальны ( $81^\circ$ ,  $76^\circ$ ,  $84^\circ$ , табл. 4). Простираение одной из нодальных плоскостей по данным NEIC широтное ( $STK_2=93^\circ$ ), второй – запад–юго-западное ( $STK_1=249^\circ$ ), как у ZUR ( $STK_1=243^\circ$ ) и почти у GCMT ( $STK_1=230^\circ$ ). Простираение вторых плоскостей у ZUR и GCMT не широтное, а восток–северо-восточное ( $STK_2=75^\circ$  и  $68^\circ$  соответственно). Тип подвижки во всех решениях одинаковый – почти чистый взброс, что в итоге согласуется с региональным решением MOLD.

### 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., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Щепиль О.И., Плишко С.М., Вербицкая О.Я., Симонова Н.А., Булуцкая А.М., Евдокимова О.В. (сост). Каталог землетрясений Карпат за 2009 г. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
2. Илиеш И.И., Степаненко Н.Я., Симонова Н.А., Алексеев И.В. Сейсмические наблюдения в Молдове в 2009 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2009 год. – Симферополь: ОС ИГ НАНУ, 2011. – С. 46–50.
3. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2009 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2009–2010. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Telesismic\\_bulletin/2009](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Telesismic_bulletin/2009).
4. Institutul National pentru Fizica Pamantului C.P. MG-2, Bucuresti – Magurele, Romania. – URL: <http://infp.infp.ro/eqsinfo.php>.
5. Bulletin of the International Seismological Centre for 2009. – Thatcham, United Kingdom: ISC, 2011.
6. Кондорская Н.В. Инструментальные данные // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 13.
7. Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага). Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
8. EMSC, Earthquake information Euro-Med seismicity. Real Time Seismicity. – URL: <http://www.emsc-csem.org/Earthquake/seismologist.php>.