

УДК 550.348.096.64

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В КАРПАТСКОМ РЕГИОНЕ В 2014 ГОДУ

Степаненко Н. Я., Карданец В. Ю., Симонова Н. А.

*Институт геологии и сейсмологии АН Молдовы, Кишинёв
E-mail: seismolab@rambler.ru*

Сейсмичность Карпатского региона в 2014 году рассматривается на основе наблюдений сети сейсмических станций Молдовы и данных НИФЗ в Бухаресте [1]. Представлено распределение по месяцам года числа подкорковых землетрясений, максимальных магнитуд и глубин очагов области Вранча. Представлен список ощущавшихся в 2014 году землетрясений на территории Молдовы с описанием их проявления на земной поверхности. Построены карты изосейст землетрясений 29 марта, 10 сентября и 22 ноября 2014 г. Приводятся решения механизмов очагов этих землетрясений по данным различных агентств.

Ключевые слова: зона Вранча, интенсивность, изосейсты, механизм очага, афтершоки, напряжения, нодальная плоскость.

ВВЕДЕНИЕ

Наибольшую сейсмическую опасность для территории Молдовы представляют сильные землетрясения глубокофокусной зоны Вранча, относящиеся к Карпатскому сейсмоактивному региону. В данной статье сейсмичность зоны Вранча рассмотрена на основе наблюдений сети сейсмических станций Молдовы и данных Национального института Физики Земли в Бухаресте [1]. Особое внимание уделено описанию макросейсмического проявления на территории республики Молдовы трех наиболее сильных землетрясений 2014 года: 29 марта, 10 сентября и 22 ноября. Для этих событий также приведены решения механизмов очагов и дан их анализ.

1. АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Сейсмическая опасность территории Молдовы в значительной степени определяется влиянием промежуточных землетрясений области Вранча и коровыми землетрясениями, происходящими в юго-восточной части Румынии.

На рисунках 1, 2 показаны гистограммы распределения по месяцам и магнитудам M_L числа землетрясений области Вранча с глубиной залегания очагов в интервале $H = 80\text{--}160$ км согласно каталогу землетрясений Института физики Земли в Бухаресте ROMPLUS [1].

Землетрясения произошли в диапазоне глубин 85–145 км. Произошла разрядка напряженности практически на всех этажах глубин фокальной зоны Вранча. Максимальными событиями с промежуточной глубиной очага были землетрясения 29 марта и 10 сентября 2014 г.

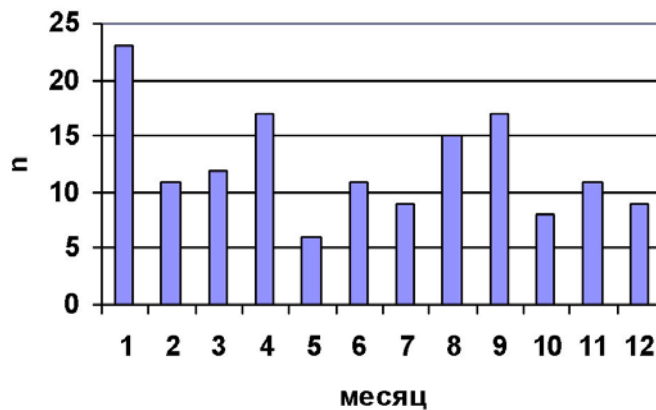


Рис. 1. Распределение по месяцам 2014 года числа землетрясений области Вранча с $M \geq 3.0$ по данным каталога [1].

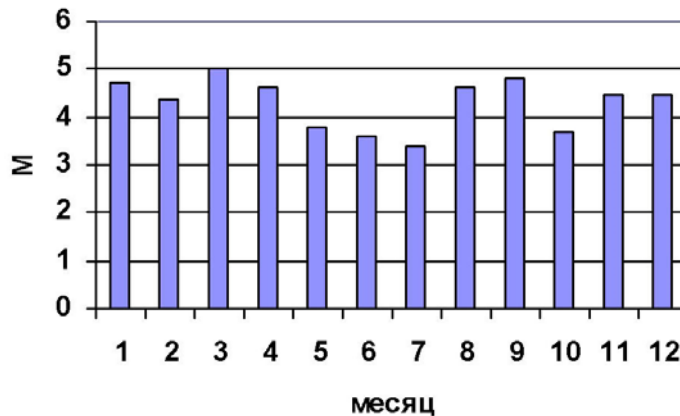


Рис. 2. Распределение по месяцам 2014 года максимальных магнитуд землетрясений области Вранча по данным каталога [1].

Наиболее значительным коровым событием за инструментальный период наблюдений было землетрясение 22 ноября 2014 г. с магнитудой $ML = 5.7$ и глубиной очага 40 км. Сеть сейсмических станций Румынии отметила 75 афтершоков в течение 72 часов с наибольшей магнитудой $M = 3.1$ в интервале глубин 16–47 км. Землетрясения в данной зоне продолжались вплоть до 19 января 2015 г. Наибольшим был афтершок 7 декабря с $ML = 4.5$. Очаги связаны с активизацией разлома Печеняга-Камена.

В таблице 1 отмечены сейсмические события Карпатского региона, которые проявились на территории Молдовы.

Таблица 1.

Список ощущавшихся в 2014 году землетрясений
на территории Молдовы (MOLD)

№	Дата	Время h m s	Широта φ°, N	Долгота λ°, E	Глубина h, км	Магнитуда MSM	Магнитуда ML
1	12 01	18 26 02.3	45.50	26.39	137	4.3	4.4
2	23 01	06 15 04.8	45.52	26.28	130	4.7	4.7
3	03 02	00 26 31.7	45.50	26.47	147	4.3	4.3
4	24 02	00 22 53.0	45.72	26.68	106	4.0	4.4
5	26 03	19 46 30.8	45.64	26.56	133	4.2	4.6
6	29 03	19 18 05.3	45.62	26.53	130	4.8	4.3
7	03 04	12 38 57.4	45.47	26.40	124	4.6	4.6
8	24 08	07 12 49.0	45.61	26.32	147	4.1	4.6
9	10 09	19 45 57.8	45.66	26.42	100	5.1	4.8
10	03 11	13 19 59.0	45.57	26.40	118	3.8	4.5
11	22 11	19 14 15.6	45.98	27.12	40	5.6	5.7
12	07 12	21 04 05.0	45.90	27.17	38	4.2	4.5
13	12 12	08 25 38.0	45.74	26.78	120	3.7 pv	4.0

2. МАКРОСЕЙСМИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА

Рассмотрим особенности проявления на земной поверхности событий, указанных в таблице 1.

12 января. Кишинев (2 балла) Землетрясение ощущали отдельные люди на верхних этажах зданий. Почувствовали два толчка, один сильный, второй слабее. (7 этаж 9-ти этажного дома).

23 января. Кагул (3–4 балла). Опрошено 52 человека, землетрясение почувствовали – 14, некоторые люди испугались, отдельные люди проснулись. На верхних этажах наблюдалось сотрясение мебели, слышался звон стекол в серванте.

Леово (3–4 балла) Со ссылкой на интервью жителей Леова, землетрясение произошло 23.01.2014 г. в 8 ч 15 м по местному времени.

В общей сложности было опрошено шесть жителей города, разных возрастов, которые живут в разных частях города в различных типах жилья.

Первый резидент (живет в многоквартирном доме, 3-й этаж, в центре города). "Я готовился кормить ребенка. В какой-то момент, я почувствовал легкое сотрясение и интуитивно понял, что это возможно землетрясение. Я невольно посмотрел на часы, было 8 ч 14 м и побежал к моему ребенку, который оставался спокойным. Вечером по ТВ я слышал, что произошло землетрясение".

Второй житель (живет в одноэтажном доме, центр): "Я пошел дать пищу птицам и навести порядок в сарае. Куры мне показались беспокойными, и я почувствовал слабое сотрясение, которое продолжалось очень короткое время. Я не знаю, точное время, но я предполагаю, что это было где-то в 8 ч 15 м. Я понял, что это может быть небольшое землетрясение".

Третий житель: "В момент землетрясения я шел на рынок, и мне казалось, что все собаки лаяли на улице в унисон. Я не наблюдал сотрясения или других явлений. О вероятности землетрясения услышал на рынке".

Четвертый житель (живет в зоне Роза, в одноэтажном доме): "В то время я готовился сесть в машину, и поехать на работу. Я почувствовал, что автомобиль немного трясется. Это было 8 ч 15 м. Я не придавал большого значения этому событию. Я услышал о землетрясении по телевидению и вспомнил, как утром дрожала машина".

Пятый житель (проживает в 2-х этажном доме): "Когда было землетрясение, я был на верхнем этаже дома и смотрел утренние новости. В какой-то момент, я услышал лай собаки и, когда я выглянул в окно, почувствовал легкое сотрясение. Я посмотрел и увидел, что люстра немного качается. Я испугался и направился к выходу. Это было где-то между 8:10 и 8:15".

Шестой житель (находился в больнице, в центре города, на 4-м этаже): "В то время я почувствовал странную тишину и покачивание кровати. Мне показалось, что оно довольно большое. Потом я услышал какой-то шум в коридоре и понял, что это землетрясение. Я не запаниковал".

Кишинев (3 балла) Ощущалось на всех этажах зданий. Наблюдалось лёгкое сотрясение (1 этаж), чувствовались толчки (2–3 этажи), раскачивалась люстра, слышались дребезжание двери и звон посуды (2 этаж).

3 февраля. Кагул (2 балла) Опрошено 43 человека, двое из них проснулись.

24 февраля. Кагул (2 балла) Опрошено 56 человек, ощутили двое. Один из них проснулся от резкого толчка, второй почувствовал слабое сотрясение, находясь в состоянии бодрствования.

26 марта. Кагул (2 балла) Опрошено 57 человек, из них 2 человека ощутили слабое сотрясение.

Землетрясение 29 марта 2014 г.

Землетрясению 29 марта с $M = 4.8$ предшествовали два относительно крупных землетрясения 26 марта 19 ч 46 м с $M = 4.6$ и 29 марта в 01 ч 55 м с $M = 4.3$. Наиболее сильное событие 29 марта ощущалось в Румынии интенсивностью в 4 балла в городах Бузэу, Бакэу, Констанца, Текуч, Бырлад, Васлуй, Фокшаны

В субботу вечером в 21 ч 18 м местного времени кишиневцы вздрогнули – подземные толчки ощущались во всех районах города. У жильцов верхних этажей качались шкафы и диваны. В одном случае на 1 этаже наблюдалось колебание двери.

В соцсетях сообщалось, что за минуту до землетрясения сильно беспокоились собаки. Кошки мирно спали.

В Кагуле землетрясение ощущалось сильнее, чем в Кишиневе. Опрошено 83 человека, ощутили – 55, из них 46 слышали гул. Люди чувствовали легкий испуг, ощутили сотрясения, слышали скрип полов, дверей.

Рошу. Один быстрый толчок в течение 3–4 сек ощутили большинство жителей. Некоторые испугались.

Вулканешты. Немногие ощутили 1–2 толчка. Дрожали окна, двери, слегка качалась люстра.

Балаурешты. Большинство спящих проснулись, но не испугались. До толчка был слышен шум.

Чимишлия, Каушаны, Резина, Чадыр-Лунга, Комрат. Почувствовали люди, находящиеся в состоянии покоя.

В Сороках оно было слабее.

Землетрясение почувствовали немногие люди в Тирасполе. В одной квартире на 3-м этаже ощущалось 4-5 колебаний как в едущем поезде. Сильно ощущалось и на пятом этаже.

В Рыбнице тряхнуло на третьем этаже. В Днестровске ощущалось на 4 этаже.

В Измаиле тряслись шкафы и дрожал пол. Люди ощутили 4 толчка небольшой силы. Некоторые жители Южноукраинска почувствовали слабые колебания.

В таблице 2 представлены результаты обработки макросейсмической информации в населенных пунктах Молдовы и Украины.

Таблица 2.

Пункты-баллы землетрясения 29 марта 2014 г. на территории Молдовы и Украины

№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.	№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.
	<i>4 балла</i>			11	Днестровск	29.91	46.62
1	Кагул	28.20	45.90	12	Комрат	28.66	46.32
	<i>3-4 балла</i>			13	Новая Сарата	28.39	46.49
2	Вулканешты	28.40	45.68	14	Резина	28.96	47.74
3	Измаил	28.83	45.35	15	Рыбница	29.02	47.76
4	Леово	28.26	46.48	16	Тирасполь	29.62	46.85
5	Рошу	28.19	45.95		<i>2 балла</i>		
	<i>3 балла</i>			17	Сороки	28.30	48.16
6	Балаурешты	28.14	46.94	18	Южноукраинск	31.17	47.82
7	Каушаны	29.42	46.64		<i>Не ощущалось</i>		
8	Кишинёв	28.84	47.02	19	Дубоссары	29.16	47.27
9	Чадыр-Лунга	28.83	46.06	20	Корнешты	28.00	47.36
10	Чимишлия	28.79	46.52	21	Флорешты	28.30	47.89
	<i>2-3 балла</i>			22	Штефан-Водэ	29.66	46.52

В Институте физики Земли [1] составлена таблица из 40 пунктов-баллов на территории Румынии по шкале Меркалли (Табл. 3).

Таблица 3.

Пункты-баллы землетрясения 29 марта 2014 г. на территории Румынии

№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.	№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.
1	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
	<i>4-5 балла</i>				<i>3-4 балла</i>		
1	Фокшаны	27.19	45.70	21	Урзичень	26.64	44.71
	<i>4 балла</i>				<i>3 балла</i>		
2	Бакэу	26.92	46.57	22	Александрия	25.33	43.97
3	Брэила	27.96	45.27	23	Брашов	25.60	45.65
4	Бузэу	26.82	45.15	24	Бухарест	26.10	44.43

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В КАРПАТСКОМ РЕГИОНЕ В
2014 ГОДУ

Продолжение таблицы 3.

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Бырлад	27.67	46.23	25	Буфтя	25.95	44.57
6	Васлуй	27.73	46.64	26	Волунтарь	26.19	44.49
7	Галац	28.04	45.43	27	Каракал	24.35	44.11
8	Ковасна	26.17	45.84	28	Кэлэрашь	27.33	44.20
9	Морень	25.64	44.98	29	Овидиу	28.56	44.27
10	Мэрэшешть	27.23	45.87	30	Олтеница	26.64	44.09
11	Мэчин	28.14	45.25	31	Питешть	24.87	44.86
12	Текуч	27.43	45.86	32	Роман	26.93	46.93
	3–4 балла			33	Рымникул-Вылча	24.37	45.11
13	Болдешть-Скэень	26.03	45.03	34	Синая	25.55	45.35
14	Гэешть	25.32	44.72	35	Слобозия	27.37	44.56
15	Констанца	28.64	44.17	36	Тулча	28.80	45.18
16	Кымпина	25.74	45.12	37	Тырговиште	25.46	44.93
17	Онешть	26.79	46.25	38	Чернавода	28.04	44.34
18	Плоешть	26.03	44.94	39	Яссы	27.59	47.16
19	Рымникул Сэрат	27.05	45.38		2–3 балла		
20	Сфынтул Георге	25.79	45.86	40	Сучава	26.26	47.65

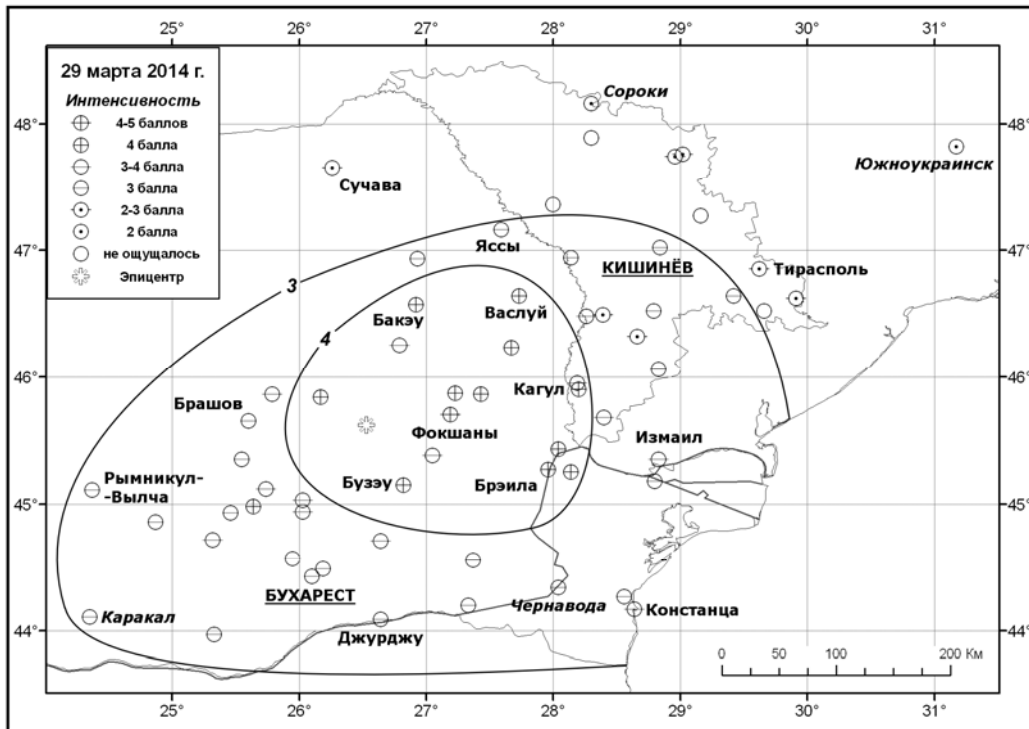


Рис. 3. Распределение интенсивности сотрясений землетрясения 29 марта 2014 г. на территории Молдовы, Украины и Румынии.

3 апреля. Кагул (3 балла) Опрошено 43 человека, ощутили лёгкие сотрясения – 31 человек. 5 из них почувствовали землетрясение в движении, остальные – в спокойном состоянии. Кишинев (2 балла) На верхних этажах зданий дребезжали стёкла.

24 августа. Кагул (2 балла) Опрошено 38 человек, только 1 человек ощутил лёгкие колебания и услышал гул. Был сильный дождь.

Землетрясение 10 сентября 2014 г.

Землетрясение 10 сентября 2014 г. хотя и уступает по своим энергетическим характеристикам сильнейшим землетрясениям области Вранча, но значительно превосходит по магнитуде уровень сейсмического фона.

Землетрясение в Кишиневе произошло в 22 ч 45 м по местному времени. Не все спящие просыпались, но находящиеся в покое ощутили явственные колебания. Жительницу второго этажа на Телецентре подбросило с кровати. Н.А. Симонова почувствовала землетрясение, находясь на улице. Перед землетрясением слышался гул.

Кагул. Опрошено 102 человека, ощутили два толчка и слабые колебания – 81. Некоторые слегка испугались и вышли на улицу. Слышался гул, шум, треск. Скрипели потолки, двери, мебель. Раскачивались люстры. Беспокоились собаки. Внутри помещений образовались небольшие трещины.

Балаурешты. Ощущалось большинством 3–4 толчка. Колебались окна, двери. Трещала крыша.

Джурджулешты. Одно короткое горизонтальное колебание. Колебались цветы в вазонах.

С. Ивановка Хынчештского района. Большинство спящих проснулось. Один быстрый толчок с юго-запада. Перед землетрясением был слышен гул. Тонкие трещины в старых стенах.

Оницканы. Многие спящие проснулись. Почувствовали в течение 30 сек горизонтальные колебания. Качались люстры, цветы в вазонах, колебались двери. Беспокоились собаки. Цвет неба стал красным.

Кантемир. В квартире на 4 этаже до землетрясения был слышен гул как от тяжело груженного транспорта, лаяли собаки. Затем ощущались две волны колебаний с севера на юг, дребезжала посуда, колебались люстры. Спящие дети не проснулись.

Вулканешты. Чимишлия. Бендеры. Магдачешты. Кацалены. Старые Редены. Новая Сарата. Ощущалось многими людьми, находящимися в покое в течение нескольких секунд.

Бельцы. Тирасполь. Резина. Твардица. Корнешты. Некоторые ощутили слабое колебание. Один толчок ощущался в Страшенах, Рошу.

Жители Измаила ощутили небольшие подземные толчки, в результате которых дребезжала посуда, качались люстры и тряслась мебель.

В таблице 4 представлены результаты обработки макросейсмической информации в населенных пунктах Молдовы.

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В КАРПАТСКОМ РЕГИОНЕ В
2014 ГОДУ

Таблица 4.

Пункты-баллы землетрясения 10 сентября 2014 г. на территории Молдовы

№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.	№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.
	<i>4 балла</i>				<i>3 балла</i>		
1	Балаурешты	28.14	46.94	15	Новая Сарата	28.39	46.49
2	Ивановка	28.20	46.88	16	Старые Редены	28.00	47.29
3	Кагул	28.20	45.90	17	Чимишлия	28.79	46.52
	<i>3-4 балла</i>				<i>2-3 балла</i>		
4	Вулканешты	28.40	45.68	18	Корнешты	28.00	47.36
5	Дезгинже	28.62	46.42	19	Резина	28.96	47.74
6	Джурджулешты	28.20	45.48	20	Страшены	28.61	47.14
7	Измаил	28.83	45.35	21	Твардица	28.97	46.15
8	Кантемир	28.23	46.28		<i>2 балла</i>		
9	Кацалены	28.18	46.92	22	Бельцы	27.92	47.76
10	Кишинёв	28.84	47.02	23	Тирасполь	29.62	46.85
11	Оницканы	29.07	47.15		<i>Не ощущалось</i>		
12	Рошу	28.19	45.95	24	Калинешты	27.48	47.57
	<i>3 балла</i>			25	Пырлица	27.88	47.32
13	Бендеры	29.46	46.82	26	Штефан-Водэ	29.66	46.52
14	Магдачешты	28.83	47.14				

По данным бюллетеня ISC [2] землетрясение ощущалось на территории Румынии с интенсивностью колебаний в 4 балла в городах Бакэу. Тыргу-Окна. Галац. Кымпина. Васлуй.

В таблице 5 приводятся результаты обработки макросейсмической информации на румынской территории [1].

Таблица 5.

Пункты-баллы землетрясения 10 сентября 2014 г. на территории Румынии

№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.	№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.
	<i>5 баллов</i>				<i>3-4 балла</i>		
1	Бэйкой	25.88	45.03	13	Плопень	25.96	45.05
	<i>4-5 баллов</i>			14	Пятра-Нямц	26.37	46.93
2	Онешть	26.79	46.25	15	Роман	26.93	46.93
3	Тыргу-Окна	26.62	46.28	16	Синая	25.55	45.35
	<i>4 балла</i>			17	Сфынтул-Георге	25.79	45.86
4	Бакэу	26.92	46.57	18	Яссы	27.59	47.16
5	Буззу	26.82	45.15		<i>3 балла</i>		
6	Буфта	25.95	44.57	19	Агнита	24.62	45.97
7	Васлуй	27.73	46.64	20	Александрия	25.33	43.97
8	Галац	28.04	45.43	21	Брашов	25.60	45.65
9	Морень	25.64	44.98	22	Бухарест	26.10	44.43
10	Плоешть	26.03	44.94	23	Джурджу	25.97	43.90
11	Текуч	27.43	45.86	24	Констанца	28.64	44.17
	<i>3-4 балла</i>			25	Мангалия	28.57	43.82
12	Кэлэрашь	27.33	44.20	26	Сучава	26.26	47.65

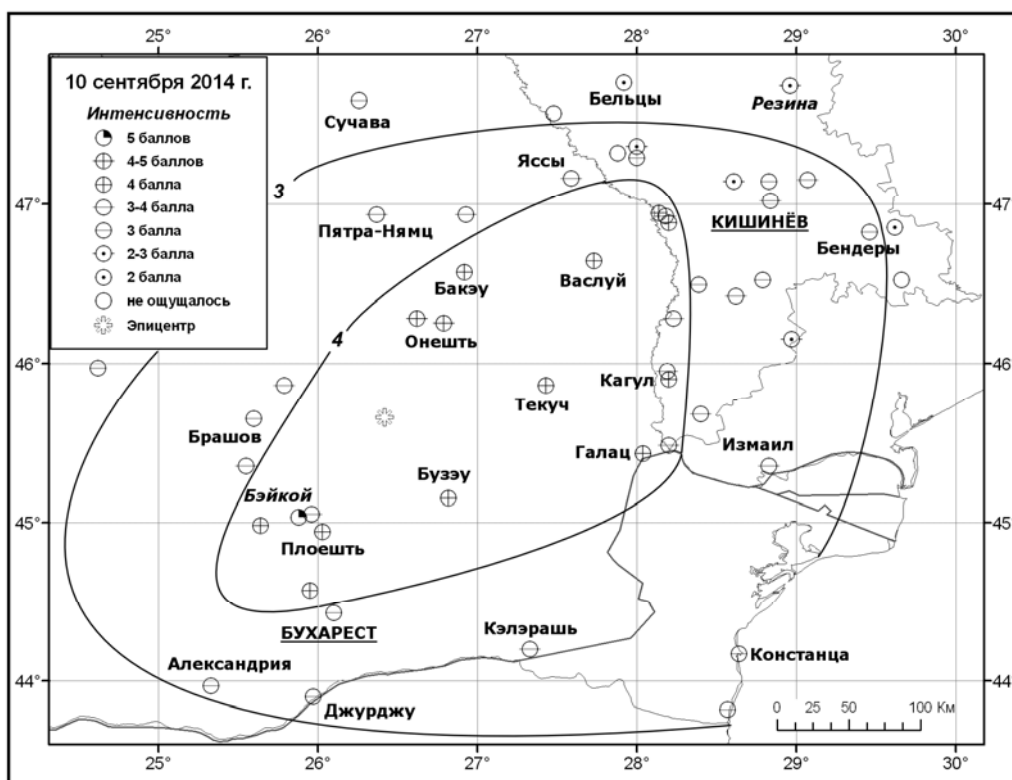


Рис. 4. Распределение интенсивности сотрясений землетрясения 10 сентября 2014 г. на территории Молдовы, Украины и Румынии.

3 ноября. Кагул. (2 балла) Опрошено – 48 человек. Только трое из них что-то почувствовали.

Землетрясение 22 ноября 2014 г.

Наиболее значительным коровым событием за инструментальный период наблюдений было землетрясение 22 ноября 2014 г. с магнитудой $M = 5.7$ и глубиной очага 40 км. Сеть сейсмических станций Румынии отметила 75 афтершоков в течение 72 часов с наибольшей магнитудой $M = 3.1$ в интервале глубин 16–47 км. Землетрясения в данной зоне продолжались вплоть до 19 января 2015 г. Наибольшим был афтершок 7 декабря с $M = 4.5$. Очаги связаны с активизацией разлома Печеняга-Камена.

Землетрясение ощущалось в Румынии и соседних странах: Болгарии, Молдове, Украине.

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

В Варне землетрясение продолжалось всего 10 сек, в Бургасе – около минуты, жители выбегали на улицу. В Софии – не ощущалось [4].

На территории Молдовы землетрясение проявилось следующим образом.

Кагул. Опрошено 114 человек, ощутили – 112. Большинство ощутили два толчка, сильные колебания. Многие вышли на улицу. Слышался гул. В домах слышался скрип стен и полов, звенела посуда. Наблюдалось падение лёгких предметов (2 случая). Раскачивалась мебель в юго-западном направлении. Из наполненных сосудов выплёскивалась вода. В отдельных домах обнаружены лёгкие трещины.

Кишинев. Ощущали большинство. Все звонившие на станцию люди чувствовали горизонтальные колебания в течение 2–3 минут, некоторые испугались.

На сейсмостанцию «Кишинев» пришло 17 писем от постоянных сейсмокорреспондентов.

Чимишлия, Ивановка Хынчештского района. Падали легкие предметы, появились мелкие трещины в стенах.

Макарешты, Устье. Ощущалось большинством жителей.

Бушила. Один быстрый толчок.

Плоп-Штюбей, Новая Сарата. Некоторые спящие проснулись.

Балаурешты. Дрожал пол, колебалась вода в вазах.

Магдачешты. Изменился уровень воды в колодцах.

Попоуцы, Гординешты, Мешены и Царёвка. Дребезжали стекла. Некоторые жители проснулись и испугались

22 ноября по данным соцсетей землетрясение в Молдове ощущалось в Вулканештах, Тараклии, Слободзии, Тирасполе, Дубоссарах, Днестровске, Бельцах.

В Вулканештах на одной из подстанций взорвался трансформатор.

В южных областях Украины землетрясение ощущалось в городах: Измаил, Одесса, Ильичевск, Болград, Котовск, Южноукраинск, Николаев, Херсон.

В Измаиле (4 балла) раскачивались люстры, и звенела посуда в квартирах. Многие жители покинули свое жилье. Наблюдалась перебои с электроэнергией, неустойчивая мобильная связь, пропал Интернет.

В Одессе на верхних этажах отмечалось слабое покачивание, колебание висячих предметов (3 балла).

Землетрясение также проявилось в Виннице, Запорожье, Кривом Роге, Черновцах, Днепропетровске, Кировограде, Тернополе, Черкассах, Ирпене и даже в нескольких районах Киева.

В результате обработки имеющейся информации составлены таблицы 6–8.

Макросейсмическая картина для коровых землетрясений Карпатского региона имеет определенные закономерности. Максимальная интенсивность сотрясений фиксируется в ближайших от эпицентра населенных пунктах, с расстоянием макросейсмический эффект убывает. Первые изосейсты повторяют форму очага. Как правило, макросейсмический эпицентр близок с инструментально определенным или же совпадает с ним.

Таблица 6.

Пункты-баллы землетрясения 22 ноября 2014 г. на территории Молдовы

№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.	№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.
	<i>4-5 балла</i>				<i>3-4 балла</i>		
1	Ивановка	28.20	46.88	12	Макарешты	27.97	47.06
2	Кагул	28.20	45.90	13	Новая Сарата	28.39	46.49
	<i>4 балла</i>			14	Плоп-Штубей	29.54	46.67
3	Балаурешты	28.14	46.94	15	Устье	29.12	47.25
4	Вулканешты	28.40	45.68		<i>3 балла</i>		
5	Кацалены	28.18	46.92	16	Бельцы	27.92	47.76
6	Кишинёв	28.84	47.02	17	Бушила	27.80	47.39
7	Комрат	28.66	46.32	18	Гординешты	28.80	47.70
8	Тараклия	28.67	45.90	19	Днестровск	29.91	46.62
9	Чимишлия	28.79	46.52	20	Мешены	28.64	47.67
	<i>3-4 балла</i>			21	Попоуцы	28.92	47.80
10	Дубоссары	29.16	47.27	22	Слободзея	29.71	46.73
11	Магдачешты	28.83	47.14	23	Тирасполь	29.62	46.85

Таблица 7.

Пункты-баллы землетрясения 22 ноября 2014 г. на территории Украины

№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.	№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.
	<i>4 балла</i>				<i>2-3 балла</i>		
1	Болград	28.62	45.68	10	Южноукраинск	31.17	47.82
2	Измаил	28.83	45.35		<i>2 балла</i>		
	<i>3 балла</i>			11	Днепропетровск	35.00	48.46
3	Ильичёвск	30.65	46.30	12	Запорожье	35.14	47.84
4	Котовск	29.53	47.74	13	Ирпень	30.24	50.52
5	Одесса	30.72	46.46	14	Киев	30.51	50.44
6	Черновцы	25.94	48.30	15	Кировоград	32.26	48.51
	<i>2-3 балла</i>			16	Кривой Рог	33.39	47.91
7	Винница	28.48	49.23	17	Тернополь	25.60	49.55
8	Николаев	31.99	46.98	18	Черкассы	32.07	49.43
9	Херсон	32.62	46.64				

Таблица 8.

Пункты-баллы землетрясения 22 ноября 2014 г. на территории Румынии [1]

№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.	№	Населённый пункт	с. ш.	в. д.
1	2	3	4	5	6	7	8
	<i>5-6 баллов</i>				<i>4 балла</i>		
1	Аджуд	27.18	46.10	19	Констанца	28.64	44.17
	<i>5 баллов</i>			20	Кэлэрашь	27.33	44.20
2	Брэила	27.96	45.27	21	Нэводарь	28.61	44.32
3	Галац	28.04	45.43	22	Пятра-Нямц	26.37	46.93
4	Мэрэшешть	27.23	45.87	23	Слобозия	27.37	44.56
5	Онешть	26.79	46.25	24	Тыргу-Окна	26.62	46.28
6	Рымникул-Сэрат	27.05	45.38	25	Урзичень	26.64	44.71
7	Сфынтул-Георге	25.79	45.86	26	Яссы	27.59	47.16

ОСОБЕННОСТИ СЕЙСМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В КАРПАТСКОМ РЕГИОНЕ В
2014 ГОДУ

Продолжение таблицы 8.

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Текуч	27.43	45.86		3 балла		
9	Тулча	28.80	45.18	27	Ботошань	26.66	47.75
10	Фокшаны	27.19	45.70	28	Зимнича	25.37	43.66
	4 балла			29	Зэрнешть	25.34	45.57
11	Бабадаг	28.72	44.89	30	Ковасна	26.17	45.84
12	Бакэу	26.92	46.57	31	Питешть	24.87	44.86
13	Болдешть-Скэень	26.03	45.03	32	Плоешть	26.03	44.94
14	Брашов	25.60	45.65	33	Синая	25.55	45.35
15	Бузэу	26.82	45.15	34	Сучава	26.26	47.65
16	Бухарест	26.10	44.43		2–3 балла		
17	Бырлад	27.67	46.23	35	Аюд	23.73	46.31
18	Васлуй	27.73	46.64	36	Беклян	24.18	47.18

Характерным примером служит карта изосейст землетрясения 22 ноября 2014 года (Рис. 5).

Наибольшие ощущаемые на территории Молдовы коровые землетрясения, приуроченные к гипоцентральной зоне исследуемого события 22 ноября, отмечены 4 марта 1894 г., 25 мая 1912 г., 31 мая 1959 г. За инструментальный период наблюдений землетрясение 22 ноября 2014 г. оказалось наибольшим по величине магнитуды.

7 декабря 2014 г. коровое землетрясение в этой зоне ощущалось на территории Румынии с интенсивностью 4 балла по шкале Меркалли в городах Бухарест. Бакэу. Бузэу. Фокшаны. Галац; 3 балла в Брашов. Констанца. Плоешть. В Кишиневе особенно ощущалось на верхних этажах (3–4 балла).

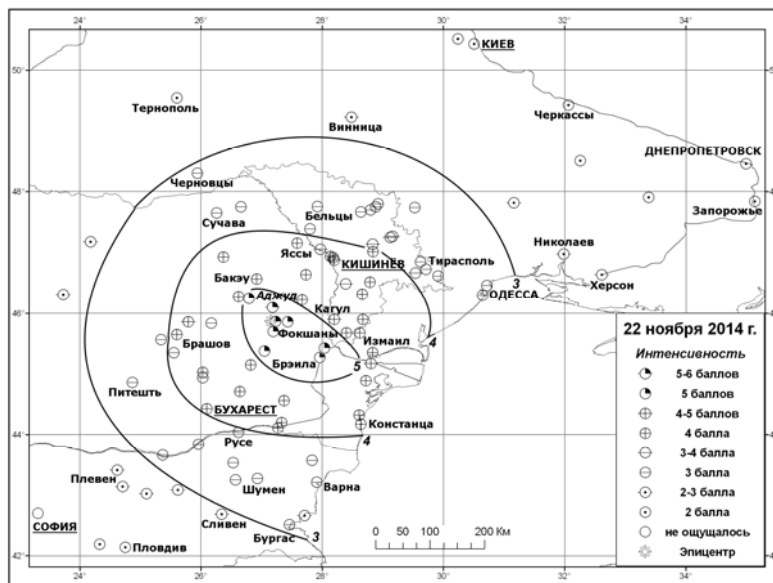


Рис. 5. Распределение интенсивности сотрясений землетрясения 22 ноября 2014 г. на территории Молдовы, Украины, Румынии и Болгарии.

Кагул (3–4 балла). Опрошено 52 человека, ощутили все опрошенные. Колебания чувствовались 3–4 секунды. 17 человек проснулись от землетрясения. Некоторые испугались. Землетрясение ощущалось на разных этажах зданий. Некоторые слышали звон стёкол в окне. Во время землетрясения беспокоились животные и птицы.

Кишинев (2 балла). Слабое покачивание ощутили отдельные люди.

12 декабря. Кагул (2 балла). Опрошено 29 человек, ощутили слабые колебания – 3, “кажется, что-то было” – 1.

3. МЕХАНИЗМЫ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 2014 ГОДА

Имеются варианты решения 4 механизмов очагов землетрясений 2014 г. по методу первых вступлений *P*-волн и по методу тензора момента центроида [1, 2, 5]. Решения представлены в табличном (Табл. 9) и в графическом виде (Рис. 6–9) в проекции нижней полусферы.

Таблица 9.
Параметры механизмов очагов карпатских землетрясений 2014 г.

№	Дата	Плоскость			Плоскость			Напряжения						Источник
		NP1			NP2			P		B		T		
		Stk	Dp	Slip	Stk	Dp	Slip	Az	Pl	Az	Pl	Az	Pl	
1	29 03	352	36	96	160	54	84	256	10	162	6	54	80	BUC
		22	31	82	211	59	95	298	14	29	4	134	76	GCMТ
		33	37	102	198	53	81	295	8	204	7	73	79	MED
		1	37	76	198	55	100	281	9	12	8	144	78	GFZ
2	10 09	296	63	104	89	30	66	16	14	109	13	238	70	BUC
		287	60	96	93	32	78	16	15	102	6	196	76	GFZ
3	22 11	134	76	-86	295	15	-106	50	60	311	5	220	30	BUC
		251	58	-141	138	58	-39	105	49	284	41	14	0	ИОЦ ГС РАН
		248	47	-166	148	80	-44	98	37	318	45	205	21	NEIC
		238	33	-179	148	89	-57	82	45	304	30	215	36	IPGP
		247	30	-162	140	82	-72	82	56	316	78	210	30	INGV
		144	87	-80	252	11	-162	65	47	324	10	225	41	MED
4	07 12	140	84	-74	249	17	-160	67	48	318	16	216	37	GCMТ
		289	33	-108	130	59	-78	68	72	304	10	212	14	BUC
		148	75	-56	259	37	-154	95	49	318	33	213	23	MED

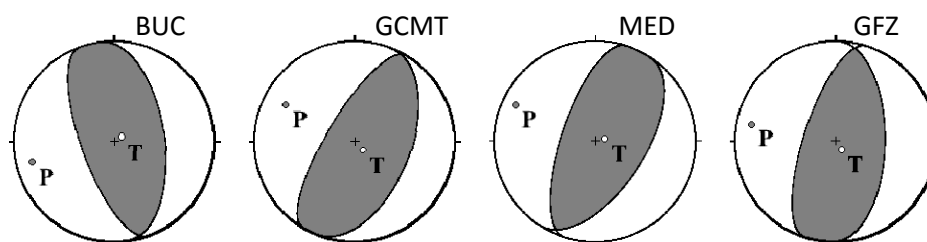


Рис. 6. Стереграммы механизмов очага землетрясения 29 марта 2014 года в проекции нижней полусферы (зачернены области сжатия).

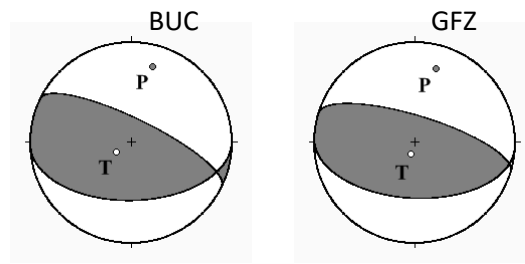


Рис. 7. Стереогаммы механизмов очага землетрясения 10 сентября 2014 года в проекции нижней полусферы (зачернены области сжатия).

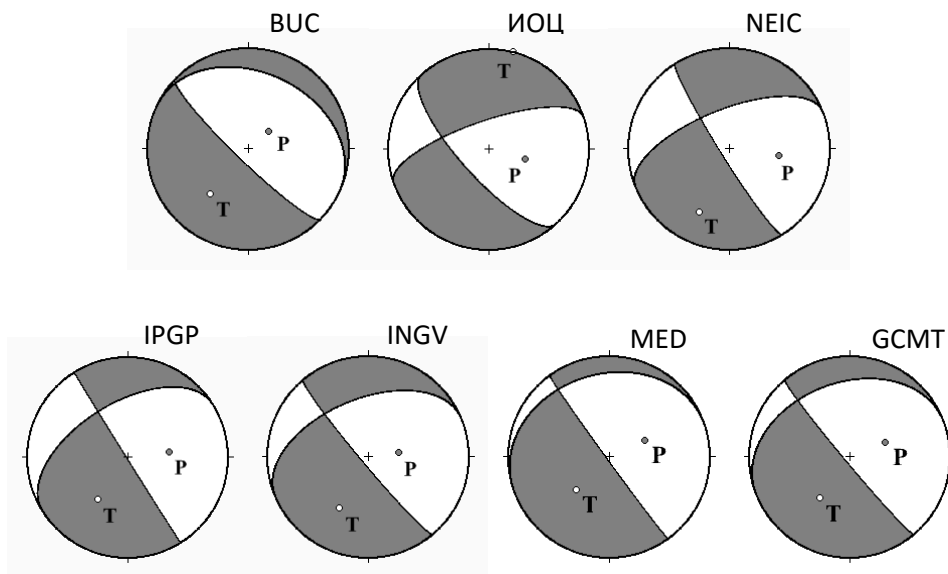


Рис. 8. Стереогаммы механизмов очагов землетрясений 22 ноября 2014 года в проекции нижней полусферы (зачернены области сжатия).

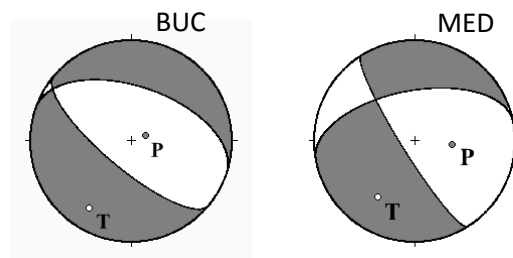


Рис. 9. Стереогаммы механизмов очагов землетрясений 2014 года в проекции нижней полусферы (зачернены области сжатия).

В каталоге [1] имеется решение механизма очага 29 марта по 59 знакам вступлений волн P на сейсмических станциях мира. Знаки хорошо разделяются на стереографической проекции. Обе нодальные плоскости ориентированы в направлении северо-запад – юго-восток. Ось сжатия близгоризонтальна и направлена на юго-запад. Ось растяжения близвертикальна. В очаге произошла надвиговая подвижка.

В решениях GCMT, GFZ, MED RCMT [2] изменились ориентации нодальных плоскостей по сравнению с первым решением.

Имеется решение механизма очага 10 сентября по 68 знакам вступлений [1]. Знаки хорошо разделяются на стереографической проекции. Одна из нодальных плоскостей крутая и ориентирована в направлении северо-запад – юго-восток. Другая альтернативная плоскость пологая и ориентирована в направлении запад-восток. Ось сжатия близгоризонтальна и направлена на северо-восток. Ось растяжения близвертикальна. При изучении механизма очага выявлено, что станции Кишинев (KIS) и Малые Милешты (MILM) лежат вблизи нодальной плоскости NP2 (поверхности, на которой смещения в продольных волнах или определенные компоненты в поперечных равны нулю). По этой плоскости произошла надвиговая подвижка. На сейсмограммах отмечена малая величина амплитуд в волне P .

Решение GFZ [2] совпадает с предыдущим.

В каталоге [1] имеется решение механизма очага землетрясения 22 ноября по 54 знакам вступлений волн P на сейсмических станциях Румынии и Молдовы. По данным ИОЦ ГС РАН [5] решение механизма очага получено по знакам на 60 станциях мира. Знаки хорошо разделяются на стереографической проекции. Одна из плоскостей крутая, вторая возможная плоскость пологая. Движение в очаге возникло под действием растягивающих напряжений.

Приведены механизмы очага по данным Национального центра информации о землетрясениях Геологической службы США. USGS NEIC на основе W-phase Moment Tensor, по данным центра Quick CMT, IGP, INGV [5], MED RCMT, GCMT [2].

Решения по данным разных центров подобны. Во всех случаях одна из нодальных плоскостей имеет юго-восточное простирание ($Stk=246-295^\circ$) и наклонена к горизонту близвертикально ($Dp=58-84^\circ$). Тип движения – левосторонний сдвиг с компонентами сброса. Другая альтернативная плоскость залегает как полого, так и под большим углом ($Dp=15-58^\circ$).

Близкое решение получено по 50 знакам для корового события 7 декабря 2014 г. [1]. Решение MED согласуется с предыдущим. Ось растяжения близгоризонтальна ($P1=14-23^\circ$), ось сжатия наклонна ($P1=49-72^\circ$).

Анализ механизмов очагов средних по энергетике землетрясений 2014 года 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

В 2014 году в районе зоны Вранча произошла разрядка напряженности практически на всех этажах глубин фокальной зоны в диапазоне глубин 85–145 км. Максимальными событиями с промежуточной глубиной очага были землетрясения 29 марта и 10 сентября 2014 г. Землетрясение области Вранча 29 марта ощущалось в г. Кишинев с интенсивностью 3–4 балла, а 10 сентября – на территории на юго-западе Молдовы до 4 баллов. Наиболее значительным событием за инструментальный период наблюдений было землетрясение 22 ноября 2014 г. с магнитудой $M = 5.7$, произошедшее в земной коре на глубине очага 40 км. Оно ощущалось в Румынии и соседних странах: Болгарии, Молдове, Украине. Четырехбалльные колебания достигли г. Кишинева.

Анализ механизмов очагов средних по энергии землетрясений 2014 года 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. Землетрясения надвигового типа с промежуточной глубиной очага произошли под действием сил субгоризонтального сжатия.

Список литературы

1. Institutul Național pentru Fizica Pamântului C.P. MG-2. Bucuresti Magurele. România. <http://www1.infp.ro/arhiva-in-timp-real/>.
2. Bulletin of the International Seismological Centre. /<http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>
3. Raport cutremur 22 11 2014. Zona Vrancea. http://www.infp.ro/wp-content/uploads/2014/11/2014_11_22.pdf.
4. Румынское землетрясение в Болгарии 22 ноября 2014 г. <http://varyadavydova.com/rumynskoe-zemletryasenie-v-bolgarii-22-oktyabrya-2014/>.
5. ИОЦ ГС РАН Информационное сообщение об ощущимом землетрясении в Румынии 22 ноября 2014 г. http://www.ceme.gsras.ru/cgi-bin/ceme/quake_stat.pl?sta=20144272&l=0

PECULIARITIES OF THE SEISMIC PROCESS IN THE CARPATHIAN REGION IN 2014

Stepanenko N.Ya., Cardanets V.Yu., Simonova N.A.

*Institute of Geology and Seismology, Academy of Sciences of Moldova, Chisinau
E-mail: seismolab@rambler.ru*

Seismicity of the Carpathian region in 2014 is considered on the basis of observations by the network of seismic stations of Moldova and the data of the National Institute for Earth Physics in Bucharest.

The distribution by months of the year of the number of undercrust earthquakes, maximum magnitudes and the depths of foci of the Vrancea region are shown. The earthquakes occurred at the depth of 85–145 km. The maximum events with intermediate depth of the earthquake center were the earthquakes on 29 March and 10 September 2014.

The most significant crustal event in the instrumental period of observations was the earthquake on November 22, 2014, with the magnitude of $M = 5.7$ and the focus depth 40 km. The foci are connected with the activation of the fault Pecenyaga-Kamena.

Maps of isoseismals of intermediate earthquakes on March 29, 10 September 2014 were built. The earthquake in the Vrancea region on March 29 was felt in the epicenter with intensity 4–5, in Chisinau it was felt with intensity 3–4 points. The map of isoseismals of the September 10 earthquake was constructed on the basis of 52 points. In the epicenter it was 4–5 points, in the South-West of Moldova, the intensity of oscillations did not exceed 4 points.

The earthquake on November 22 was felt in Romania and the neighboring countries: Bulgaria, Moldova, Ukraine. The 5 point contour surrounds the territory in the South-East of Romania, in the area of Adjud, Fokshani, Rimnicul-Serat, Braila. The four point fluctuation has reached Chisinau.

3 point contour goes through the arc of the Chernovtsy – Vinnitsa – Odessa. Solutions of 4 focal mechanisms of earthquakes in 2014 by the method of first arrivals of P-waves and by the method of centroid moment tensor have been described. In the sources of 29 March and 10 September earthquakes there were thrust shifts. Crustal events of November 22 and December 7 occurred under the action of tensile stresses and are fault displacements in nature.

Solutions according to the data of different centers are similar. In all cases, one of the nodal planes has a South-East strike and is inclined to the horizon nearly vertically. The type of motion is a left-hand shift with fault components. Another alternative plane lies both gently and at a large angle.

Analysis of focal mechanisms of medium-energy earthquakes of 2014 showed that in a small seismogenic volume chaotic orientation of the planes of rupture is observed in accordance with the confinement of the epicenters to the various parts of the Carpathian mountain arc. Earthquake foci are in different floors of the depth. The thrust type earthquakes with intermediate depth of the focus have occurred under the action of subhorizontal compression.

Key words: Vrancea region, intensity, isoseists, focal mechanism, aftershock, stress, nodal plane.

References

1. Institutul Național pentru Fizica Pamântului C.P. MG-2. Bucuresti Magurele. România. <http://www1.infp.ro/arhiva-in-timp-real/>.
2. Bulletin of the International Seismological Centre. <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/>.
3. Raport cutremur 22 11 2014. Zona Vrancea. http://www.infp.ro/wp-content/uploads/2014/11/2014_11_22.pdf.
4. The Romanian earthquake in Bulgaria on November 22 2014 <http://varyadavydova.com/rumynskoe-zemletryasenie-v-bolgarii-22-oktyabrya-2014/>.
5. IPC GS RAS Information message about appreciable earthquake in Romania on November 22 2014 http://www.ceme.gsras.ru/cgi-bin/ceme/quake_stat.pl?sta=20144272&l=0