

**КОЛОЧАВСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 2 октября 2011 г.****с  $K_p=10.3$ ,  $MSHA=3.5$ ,  $I_0=5$  (Украина, Закарпатье)****Р.С. Пронишин**

Отдел сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины,  
г. Львов, [pronrom@gmail.com](mailto:pronrom@gmail.com)

**Инструментальные данные.** 2 октября 2011 г. в  $10^h14^m32.2^s$  на глубине  $h=9$  км произошло землетрясение с энергетическим классом  $K_p=10.3$  и магнитудой  $MSHA=3.5$  [1, 2]. Координаты землетрясения ( $\varphi=48.50^\circ N$  и  $\lambda=23.81^\circ E$  в табл. 1) получены по данным 17-ти сейсмических станций Отдела сейсмичности Карпатского региона Института геофизики НАН Украины и 2-х станций Крыма [3]. Как отмечено в [4], параметры определялись с помощью программы NYRO [5], используя региональный Карпатский годограф [6].

Землетрясение было записано и обработано в ряде европейских и мировых агентств, решения которых приведены в табл. 1. Сравнение величины землетрясения по данным разных агентств показывает, что по поверхностным волнам есть лишь оценка  $M_{SISC}=3.1$ , но определенная всего по трем станциям. К ней близка магнитуда  $M_d=3.3$  по длительности записи. Магнитуды по объемным волнам ( $MSHA$ ,  $m_b$ ,  $ML$ ) варьируют в диапазоне 3.8–4.7, но приведенная ниже пересчетная из класса  $K_p$  магнитуда, равная  $M^P=3.5$ , по-видимому, соответствует некоей средней достоверной величине и может быть использована для расчета интенсивности сотрясений в эпицентре.

**Таблица 1.** Основные параметры Колочаевского землетрясения 2 октября 2011 г. с  $K_p=10.3$ ,  $MSHA=3.5$  по региональным данным (КОМСП) в сопоставлении с определениями других агентств

Агентство	$t_0$ , ч мин с	$\delta t_0$ , с	Гипоцентр						Магнитуда	Источник
			$\varphi^\circ, N$	$\delta\varphi$ , км	$\lambda^\circ, E$	$\delta\lambda$ , км	$h$ , км	$\delta h$ , км		
КОМСП	10 14 32.2	0.1	48.50	0.01	23.81	0.01	9.1	1	$K_p=10.3/12$ , $K_d=9.9/14$ , $MSHA=3.5/13$ , $M_d=3.3/16$	[1, 2]
MOS	10 14 31.5	1.19	48.50	5.8	23.08	4.5	10f		$MPSP=4.3/8$	[7]
ISC	10 14 32.9	0.25	48.49	2.3	23.88	2.2	10.5	6.3	$M_s=(3.1\pm 0.1)/3$ , $m_b=(4.4\pm 0.4)/18$	[8]
ISCJB	10 14 33.3	0.28	48.57	2.8	23.75	2.0	22.3		$m_b=4.4$	– " –
NEIC	10 14 32.9	0.34	48.66	6.3	23.78	4.7	10f		$m_b=4.7/8$	– " –
CSEM	10 14 34.0	0.09	48.54	2.8	23.79	2.3	15		$m_b=4.4/13$	– " –
IDC	10 14 31.7		48.45		23.83		0		$m_b=3.8/9$	– " –
PRU	10 14 30.6		48.34		23.89		0		$ML=4.7$	– " –

Примечание. Расшифровка кодов агентств дана в обозначениях к наст. ежегоднику.

Взаимное расположение разных решений эпицентра в плане показано на рис. 1. Как видим, региональное решение, изображенное на рис. 1 прямым крестом, находится в компактной группе решений агентств ISC (ISCJB), IDC, CSEM. На север и на юг от прямого креста КОМСП примерно одинаково «отскакивают» решения NEIC и PRU. С наибольшей ошибкой, по-видимому, получено решение в MOS.

**Макросейсмические данные.** Расчетная магнитуда  $MLH$  по уравнению Т.Г. Раутиан [9]

$$K_p = 4 + 1.8 M$$

оказалась равной  $MLH=3.5$ . Тогда, при глубине гипоцентра  $h=9$  км, возможная интенсивность сотрясений  $I_0$  в эпицентре, рассчитанная на основе уравнения макросейсмического поля для региона Карпаты из [10]

$$I_0 = 1.5 MLH - 3.5 \lg h + 3.0,$$

составила  $I_0 = \sim 5$  баллов по шкале MSK-64 [11].

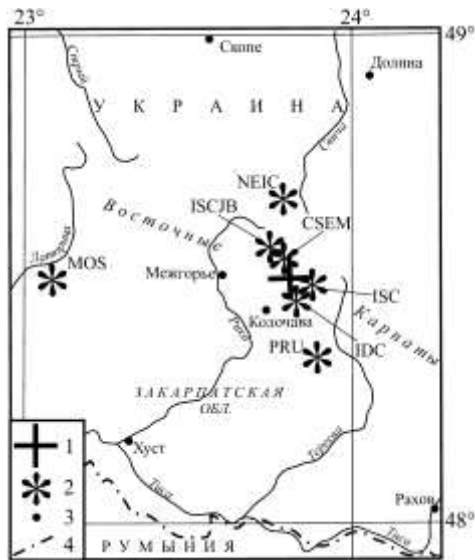


Рис. 1. Решения эпицентра Колочавского землетрясения 2 октября 2011 г. с  $K_p=10.3$ ,  $MSHA=3.5$  по данным разных агентств

1 – инструментальный эпицентр КОМСП по [1, 2]; 2 – решения других агентств; 3 – населенный пункт; 4 – государственная граница.

Макросейсмическое обследование последствий землетрясения было выполнено через несколько дней после Колочавского землетрясения, когда в Межгорский район Закарпатской области выехали сотрудники Отдела сейсмичности Карпатского региона ИГФ Украины. Опрос проводился в сельсоветах, школах, а также среди жителей населенных пунктов по пути следования в районе обследования. Ближайший населенный пункт Колочава (рис. 1) находится от эпицентра на расстоянии  $\Delta=9$  км.

Наиболее сильно подземный толчок ощущался в радиусе 9–16 км от эпицентра с интенсивностью сотрясений  $I_i=4-5$  баллов в следующих населенных пунктах: Свобода, Синевирская Поляна, Синевир, Негровец и Колочава. В небольшом одноэтажном здании лесничества, находившемся между населенными пунктами Синевиром и Синевирской Поляной, после землетрясения образовалась трещина в штукатурке. Большинство опрошенных жителей ощутили сильный толчок, стоящие заметили, как будто земля уходит из-под ног. Многие жители сел слышали подземный гул, похожий на рев самолета или на гул проезжающей рядом тяжелой машины. В домах был слышен звон посуды в сервантах, дребезжание стекол окон, колебались люстры. Некоторые люди ощутили колебание домов или дрожание дома.

В домах ничего не опрокинулось, не разбилось. Землетрясение продолжалось довольно коротко.

Сотрясения с интенсивностью  $I=4$  балла были отмечены в 12 населенных пунктах на расстояниях 10–26 км от эпицентра (табл. 2).

В результате обследования удалось собрать, обработать данные об осязутимости, определить балльность и расстояния до инструментального эпицентра для 24 населенных пунктов, в шести пунктах землетрясение не ощущалось (табл. 2).

Эпицентр землетрясения, согласно инструментальным данным, находится в горах, где никто не проживает. Поэтому определить местоположение макросейсмического эпицентра оказалось невозможным.

Таблица 2. Макросейсмические данные о Колочавском землетрясении 2 октября 2011 г. в  $10^{14}$  м с  $K_p=10.3$ ,  $MSHA=3.5$

№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E	№	Пункт	$\Delta$ , км	$\varphi^\circ$ , N	$\lambda^\circ$ , E
<u>4–5 баллов</u>					17	с. Запеределье	23	48.48	23.50
1	с. Колочава (а)	9	48.44	23.74	18	с. Лопушне	24	48.65	23.59
2	с. Колочава (б)	10	48.41	23.77	19	с. Торунь	25	48.68	23.61
3	с. Колочава (в)	12	48.42	23.70	20	с. Верхний Быстрый	26	48.62	23.54
4	Острицкое лесничество	13	48.53	23.64	<u>3–4 балла</u>				
5	с. Синевирская Поляна	13	48.57	23.68	21	с. Подчумаль	21	48.39	23.58
6	с. Негровец	13	48.45	23.65	22	с. Вильшаны	22	48.35	23.62
7	с. Синевир (а)	14	48.50	23.62	23	с. Вышков	28	48.72	23.66
8	с. Свобода	16	48.63	23.75	<u>3 балла</u>				
<u>4 балла</u>					24	с. Голятин	30	48.62	23.45
9	с. Колочава (г)	10	48.42	23.74	<u>Не ощущалось</u>				
10	с. Синевир (б)	11	48.49	23.66	25	с. Осмолода	22	48.64	24.02
11	с. Заверхняя Кичера	14	48.48	23.63	26	с. Широкое	25	48.40	23.52
12	с. Немецкая Мокрая	14	48.37	23.85	27	с. Ниж. Быстрый	26	48.36	23.53
13	с. Мерешор	15	48.40	23.66	28	с. Майдан	27	48.60	23.48
14	с. Стригальня	19	48.57	23.57	29	с. Забродь	29	48.29	23.58
15	с. Вучкове	21	48.45	23.54	30	с. Лозянский	29	48.54	23.43
16	пгт Межгорье	23	48.52	23.51					

По данным табл. 2 составлена карта изосейст, которая представлена на рис. 2. Каждая точка на карте с соответствующей балльностью выставлена по координатам, которые были сняты по GPS непосредственно во время сбора макросейсмических данных. На карте проведены лишь две изосейсты с  $I=4$  и 4–5 баллов. В связи с быстрым затуханием интенсивности с расстоянием и отсутствием населенных пунктов с западной стороны 3-балльную изосейсту выделить не удалось.

**Сейсмотектоническая позиция.** Эпицентр Колочавского землетрясения расположен в надвиговой зоне Карпат в Горганах в зоне Боринского разлома, отмеченного на рис. 3 цифрой 2. Все землетрясения, которые происходили до 2011 г., были расположены в основном в Солотвинской впадине и между Пенинским и Черноголовским разломами.

**История сейсмичности.** Рассматриваемое событие произошло в том районе, где на протяжении последних десятков лет не было зафиксировано ни одного сильного землетрясения. Ближе всего к эпицентру Колочавского землетрясения находится Углянское-III землетрясение 14.12.2010 г. с  $K_p=9.7$  [13, 14], расположенное в 35 км на юго-запад ( $AZM=200^\circ$ ), которое произошло в районе с. Угля Тячевского района.

В табл. 3 приведен список всех других землетрясений, произошедших в данной зоне за 2008–2011 гг. [1, 15–19]. Они изображены на рис. 3. Как видим, эпицентры землетрясений сосредоточены в основном в юго-восточной части Закарпатья, причем намного южнее Колочавского землетрясения. Поэтому не было смысла загружать карту большим количеством землетрясений на площади от Хуста до Рахова и на север до Угли и Усть Черной за более длительный предшествующий промежуток времени.



Рис. 2. Карта изосейст Колочавского землетрясения 2 октября 2011 г. с  $K_p=10.3$ ,  $MSHA=3.5$



Рис. 3. Фрагмент карты разломных структур Солотвинской впадины Закарпатского прогиба и смежных территорий из [12], на котором нанесены эпицентры землетрясений за 2008–2011 гг.

Разломы: 2 – Боринский; 3 – Черноголовский; 4 – Гуцульский; 5 – Пенинский.

**Таблица 3.** Список землетрясений, произошедших в юго-восточной части Закарпатья  
( $\Delta\varphi=47.90-48.60^\circ N$ ,  $\Delta\lambda=23.30-24.30^\circ E$ ) за 2008–2011 гг.

№	Дата, д мес	$t_0$ , ч мин с	Эпицентр		$h$ , км	$K_p$	Источ- ник
			$\varphi^\circ, N$	$\lambda^\circ, E$			
2008							
1	19.04	21 23 58.7	48.27	23.56	2.0	6.3	[15, 16]
2	27.10	23 02 19.0	48.18	23.91	2.0	7.6	– " –
3	31.10	12 44 24.3	48.30	24.10	1.6	7.3	– " –
2009							
4	05.02	11 26 32.9	48.19	23.34	4.7	7.6	[17, 18]
5	27.02	02 12 22.0	47.90	23.83	4.5	7.3	– " –
6	29.03	07 00 34.2	48.30	24.12	6.0	6.2	– " –
7	11.07	06 54 52.7	47.99	23.76	2.1	7.8	– " –
8	30.09	03 13 49.7	48.11	23.59	4.4	8.0	– " –
9	30.09	03 18 51.2	48.12	23.52	5.0	6.1	– " –
10	25.10	03 13 39.4	48.18	23.85	5.1	8.0	– " –
11	06.12	22 01 36.0	48.22	23.38	2.0	6.6	– " –
2010							
12	02.01	17 53 27.0	48.10	23.66	3.8	7.3	[19, 20]
13	05.08	13 12 43.2	48.19	23.94	2.6	7.8	– " –
14	11.08	23 38 19.8	48.12	23.48	2.0	6.5	– " –
15	12.08	00 34 41.2	48.27	23.90	6.0	7.2	– " –
16	19.11	13 09 00.9	48.11	23.87	9.6	8.0	– " –
17	14.12	19 50 13.6	48.21	23.65	11.1	9.7	– " –
2011							
18	19.04	07 43 30.8	48.47	23.66	6.0	6.0	[1, 2]
19	02.10	10 14 32.2	48.50	23.81	9.1	10.3	– " –
20	04.10	12 25 11.8	48.25	23.87	1.0	7.9	– " –
21	14.11	05 03 16.7	48.17	23.96	2.0	7.5	– " –

Как видим, за четыре года на исследуемой территории локализовано 21 землетрясение, причем в основном слабые. Максимальные события были лишь на уровне 10-го класса (14.12.2010 г. с  $K_p=9.7$  и 02.10.2011 г. с  $K_p=10.3$ ) и реализовались через 9.5 месяцев на небольшом (34 км) удалении друг от друга, но в зонах влияния разных разломов: Пенинского № 5 – Углянское-III и Боринского № 2 – Колочавское (рис. 3). Положительным моментом в этой паре землетрясений, несмотря на небольшую их величину, является факт макросейсмического обследования с построением карт изосейст.

#### Л и т е р а т у р а

1. Чуба М.В., Келеман И.Н., Гаранжа И.А., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Плишко С.М., Вербицкая О.Я., Давыдяк О.Д., Олейник Г.И., Добротвир Г.А., Герасименюк Г.А. (ИГФ НАНУ), Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В. (ИГиГ АНМ). Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2011 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2011 год. – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2012. – С. 140–142.
2. Чуба М.В. (отв. сост.), Келеман И.Н., Гаранжа И.А., Пронишин Р.С., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Плишко С.М., Вербицкая О.Я., Давыдяк О.Д., Олейник Г.И., Добротвир Х.В., Герасименюк Г.А., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В. (сост.). Каталог землетрясений Карпат за 2011 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD-ROM.
3. Подробные данные о карпатских землетрясениях в 2011 г. // Сейсмологический бюллетень Украины за 2011 год. – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2012. – С. 206–207.
4. Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Келеман И.Н., Гаранжа И.А., Вербицкий Ю.Т. Сейсмичность Карпат в 2011 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2011 год. – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2012. – С. 36–46.
5. Herrman R.V. FASTHYPO – a hypocenter location program // Earthquake notes. – 50. – N 2. – P. 25–37.
6. Кутас В.В., Пронишин Р.С., Руденская И.М. Использование макросейсмических данных при расчете закарпатского годографа  $P$ - и  $S$ -волн // Сейсмологический бюллетень Украины за 2002 год. – Севастополь: ИГ НАНУ, КЭС, 2004. – С. 119–126
7. Сейсмологический бюллетень (ежедекадный) за 2011 год / Отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: ГС РАН, 2011–2012. – URL: [ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic\\_bulletin/2011](ftp://ftp.gsras.ru/pub/Teleseismic_bulletin/2011).
8. International Seismological Centre (ISC), On-line Bulletin, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2014. – URL: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/bulletin/>.
9. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.

10. **Шебалин Н.В.** Коэффициенты уравнения макросейсмического поля по регионам I–XIV // Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. – М.: Наука, 1977. – С. 30.
11. **Медведев С.В. (Москва), Шпонхойер В. (Иена), Карник В. (Прага).** Шкала сейсмической интенсивности MSK-64. – М.: МГК АН СССР, 1965. – 11 с.
12. **Карта разрывных нарушений и основных зон линейментов юго-запада СССР;** М: 1:1000000 (с использованием материалов космической съемки) (Под ред. Н.А. Крылова). – М.: Мингео СССР, 1988. – 4 листа.
13. **Вербицкий С.Т., Стасюк А.Ф., Чуба М.В., Пронишин Р.С., Келеман И.Н., Паранджа И.А., Вербицкий Ю.Т.** Сейсмичность Карпат в 2010 году // Сейсмологический бюллетень Украины за 2010 год. – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2011. – С. 24–33.
14. **Пронишин Р.С.** Углянское-III землетрясение 14 декабря 2010 г. с  $K_p=9.7$ ,  $MSHA=3.3$ ,  $I_0=5$  (Украина, Закарпатье) // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – С. 376–381.
15. **Чуба М.В., Келеман И.Н., Паранджа И.А., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Щепиль О.И., Плишко С.М., Добротвир Х.В., Вербицкая О.Я., Герасименюк Г.А., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В.** Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2008 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2008 год. – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2010. – С. 89–170.
16. **Чуба М.В. (отв. сост.), Келеман И.Н., Паранджа И.А., Стасюк А.Ф., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Щепиль О.И., Плишко С.М., Добротвир Х.В., Вербицкая О.С., Герасименюк Г.А., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.Е.** Каталог землетрясений Карпат за 2008 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2008 год. – Обнинск: ГС РАН, 2014. – (На CD).
17. **Чуба М.В., Келеман И.Н., Паранджа И.А., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Щепиль О.И., Плишко С.М., Вербицкая О.Я., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В.** Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2009 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2009 год. – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2011. – С. 142–241.
18. **Чуба М.В. (отв. сост.), Келеман И.Н., Паранджа 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., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В. (сост.).** Каталог землетрясений Карпат за 2009 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ГС РАН, 2015. – (На CD).
19. **Чуба М.В., Келеман И.Н., Паранджа И.А., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Щепиль О.И., Плишко С.М., Добротвир Х.В., Вербицкая О.Я., Давыдяк О.Д., Олейник Г.И., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В.** Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2010 год // Сейсмологический бюллетень Украины за 2010 год. – Севастополь: НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2011. – С. 115–182
20. **Чуба М.В. (отв. сост.), Келеман И.Н., Паранджа И.А., Стасюк А.Ф., Пронишин Р.С., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Плишко С.М., Вербицкая О.Я., Давыдяк О.Д., Олейник Г.И., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В. (сост.).** Каталог землетрясений Карпат за 2010 г. // Землетрясения Северной Евразии, 2010 год. – Обнинск: ГС РАН, 2016. – (На CD).