

БЕЛАРУСЬ

Т.И. Аронова, О.Н. Кулич

Центр геофизического мониторинга
Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, centr@cgm.org.by

Сейсмологические наблюдения на территории Беларуси в 2002 г. проводились станциями «Минск», «Нарочь», «Солигорск», «Гомель» (рис. 1), расположение которых осталось прежним [1].

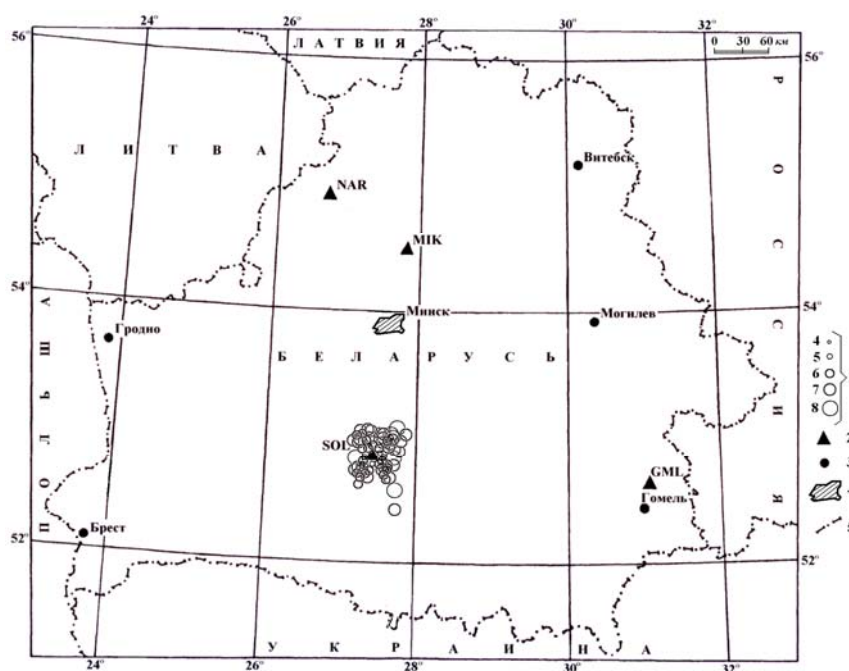


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Беларуси и карта эпицентров сейсмических событий за 2002 г.

1 – энергетический класс K_p ; 2 – сейсмическая станция; 3 – населенный пункт; 4 – г. Минск; 5 – государственная граница.

Центром геофизического мониторинга НАН Беларуси были заказаны в Геофизической службе РАН два комплекта цифровых сейсмических станций SDAS с комплектом сейсмоприемников СМ-3-ОС. Они были установлены на геофизических обсерваториях «Плещеницы» (5 июня 2002 г.) и «Нарочь» (28 ноября). Параметры сейсмических станций по состоянию на 2002 г. приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Сейсмические станции Беларуси (в хронологии их открытия), работавшие в 2002 г., и их параметры

№	Станция		Дата		Координаты			Аппаратура			
	Название	Код	открытия	закрытия	φ°, N	λ°, E	$h_y, м$	Тип прибора	Компонента	V_{max}	$\Delta T_{max}, с$
1	Минск (Плещеницы)	МИК	03.01.1963		54.50	27.88	196	ССМ-СКМ	N	10320	0.98–1.5
										E	9820
								Z	11000	1.10–1.5	
								ССМ-СКД	N	500	1.56–7.6
									E	500	1.58–8.9
									Z	590	1.94–8.2
			05.06.2002						SDAS – цифровая		

№	Станция		Дата		Координаты			Аппаратура										
	Название	Код	открытия	закрытия	φ°, N	λ°, E	$h_y, м$	Тип прибора	КомпONENTА	V_{max}	$\Delta T_{max}, с$							
2	Нарочь	NAR	17.08.1979	30.09.1989	54.92	26.73	167	ССМ-СКМ	N	16690	0.69–0.9							
			01.10.1989		54.90	26.78	189					ССМ-СКД	E	10530	0.75–1.1			
																Z	13950	0.77–1.0
												E	990	1.92–11.8				
															Z	1060	2.01–10.7	
												N	140	3.88–18.3				
															E	190	5.39–52.7	
												Z	320	5.02–26.9				
															N	100	3.43–18.9	
					E	110	4.14–46.7											
								Z	160	3.42–29.2								
			01.01.1998								CSD-20 – цифровая							
			28.11.2002					SDAS – цифровая										
3	Гомель	GML	02.04.1982	01.02.1989	52.30	31.00	132											
			01.02.1989	31.12.1997	52.60	31.08	159											
			01.01.1998							CSD-20 – цифровая								
4	Солигорск	SOL	01.01.1983		52.75	27.78	–436											
			00.01.1998		52.84	27.47	–436	ССМ-СКМ	N	26190	0.59–1.2							
								E	26660	0.35–0.7								
								Z	27250	0.72–1.2								

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень имеющихся каналов и их характеристики	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, велосигراف – отсчет/(м/с)
Гомель	CSD-20–SL-210	BH(N,E,Z)v	0.01–10	20	22	$5.8 \cdot 10^8$
	CSD-20–SL-220	LH(N,E,Z)v	0.01–10	1	22	$5.8 \cdot 10^8$
Нарочь	CSD-20–SL-210	BH(N,E,Z)v	0.01–10	20	22	$5.8 \cdot 10^8$
	CSD-20–SL-220	LH(N,E,Z)v	0.01–10	1	22	$5.8 \cdot 10^8$
	SDAS–CM-3-OC	BH(N,E,Z)v	0.02–10	20	16	$3.6 \cdot 10^8$
		LH(N,E,Z)v	0.02–10	20	16	$1.2 \cdot 10^7$
Минск	SDAS–CM-3-OC	BH(N,E,Z)v	0.02–10	20	16	$3.6 \cdot 10^8$
		LH(N,E,Z)v	0.02–10	20	16	$1.2 \cdot 10^7$

В течение 2002 г. сейсмичность на территории Беларуси проявилась, как и ранее [1], лишь в Солигорском горно-промышленном районе. Методика определения основных параметров регистрируемых толчков, по сравнению с таковой в [1], не изменилась. Локализация местных сейсмических событий производилась по данным одной станции – «Солигорск». Эпицентральные расстояния определялись по разнице времен ($t_S - t_P$) вступлений S- и P- волн с использованием регионального годографа [2]. Расчеты по определению азимутов на эпицентры проводились на основе полярности первых вступлений [3]. Для определения энергетического класса K_p сейсмических событий использовалась номограмма Т.Г. Раутиан [4], а их магнитуды получены пересчетом из энергетических классов K_p по формуле Т.Г. Раутиан [5]:

$$K_p = 4 + 1.8 M.$$

Общее число зарегистрированных событий составило $N=90$ [6]. Из них наименьшее значение $K_p=4.1$, наибольшее – $K_p=8.4$ для толчков, зарегистрированных 14 февраля в 03^h56^m и 21 июля в 03^h05^m соответственно. Карта эпицентров всех событий показана на рис. 1.

Распределение числа сейсмических событий по энергетическим классам и суммарной выделившейся сейсмической энергии по месяцам представлено в табл. 3.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE за январь–декабрь 2002 г.

Месяц	K_p					N_Σ	$\Sigma E,$ Джс
	4	5	6	7	8		
I	–	–	1	–	–	1	$0.0016 \cdot 10^9$
II	1	3	4	2	2	12	$0.2452 \cdot 10^9$
III	–	1	6	3	–	10	$0.0583 \cdot 10^9$
IV	1	1	3	4	–	9	$0.0561 \cdot 10^9$
V	–	–	3	4	–	7	$0.0585 \cdot 10^9$
VI	–	–	7	5	1	13	$0.1611 \cdot 10^9$
VII	–	2	4	5	1	12	$0.3325 \cdot 10^9$
VIII	–	3	2	6	–	11	$0.0514 \cdot 10^9$
IX	–	2	4	–	1	7	$0.0574 \cdot 10^9$
X	–	–	1	2	1	4	$0.0711 \cdot 10^9$
XI	–	1	2	1	–	4	$0.0193 \cdot 10^9$
XII	–	–	–	–	–	–	–
Всего	2	13	37	32	6	90	$1.1125 \cdot 10^9$

Рассматривая ход сейсмического процесса в течение года, можно отметить, что максимумы высвобождения сейсмической энергии приходятся на февраль (диапазон энергетических классов $K_p=4-8$) и июль ($K_p=5-8$), а максимумы числа событий N – на февраль–апрель и июнь–август. Минимальные значения выделившейся энергии приходятся на январь и ноябрь–декабрь, а для числа событий – январь и октябрь–декабрь (рис. 2).

Сопоставление данных 2002 г. с долговременными средними оценками N и ΣE за период 1983–2001 гг. (табл. 4) показало, что уровень выделившейся в 2002 г. сейсмической энергии выше такового в 2001 г. в 1.8 раза, но в 3.2 раза ниже среднего его значения за 19 лет.

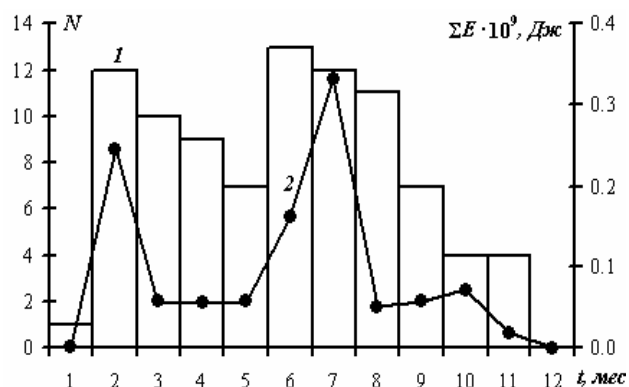


Рис. 2. Распределение числа сейсмических событий (1) и выделившейся энергии (2) за 2002 г.

Таблица 4. Годовые значения числа событий разных энергетических классов K_p и их суммарной сейсмической энергии на территории Беларуси за 1983–2001 гг. и 2002 г.

Год	K_p							N_Σ	$\Sigma E,$ Джс
	4	5	6	7	8	9			
1983	–	–	8	4	10	1	23	$2.2 \cdot 10^9$	
1984	–	2	10	21	12	–	45	$2.5 \cdot 10^9$	
1985	–	–	1	9	12	1	23	$5.0 \cdot 10^9$	
1986	–	–	3	13	29	–	45	$5.3 \cdot 10^9$	
1987	–	–	5	10	5	–	20	$1.0 \cdot 10^9$	
1988	–	7	8	9	2	–	26	$0.5 \cdot 10^9$	
1989	–	2	1	2	7	–	12	$1.6 \cdot 10^9$	
1990	–	2	17	25	45	–	89	$7.7 \cdot 10^9$	
1991	–	–	6	11	13	–	30	$3.0 \cdot 10^9$	
1992	–	1	2	10	–	–	13	$1.7 \cdot 10^9$	
1993	–	–	2	10	20	–	32	$4.8 \cdot 10^9$	
1994	–	1	4	15	16	–	36	$2.7 \cdot 10^9$	
1995	–	1	6	12	25	–	44	$4.2 \cdot 10^9$	

Год	K_p						N_{Σ}	$\Sigma E, Дж$
	4	5	6	7	8	9		
1996	–	1	4	23	46	–	74	$8.2 \cdot 10^9$
1997	–	17	22	31	14	–	84	$2.6 \cdot 10^9$
1998	–	14	22	25	26	–	87	$3.7 \cdot 10^9$
1999	–	–	15	25	39	–	79	$7.3 \cdot 10^9$
2000	–	–	5	11	9	–	25	$1.7 \cdot 10^9$
2001	–	6	22	20	2	–	50	$0.6 \cdot 10^9$
Среднее за 19 лет	–	4.91	8.58	15.05	18.44	1.00	44.05	$3.49 \cdot 10^9$
2002	2	13	37	32	6		90	$1.1 \cdot 10^9$

В целом по региону после периода сейсмической активности в 1996–1999 гг. наметился спад сейсмической активности в 2000 г. (рис. 3). Затем в 2001–2002 гг. произошло возрастание сейсмической активности, которое проявляется увеличением общего числа событий за счет слабых ($K_p \leq 7.5$) событий, поэтому годовые значения суммарной выделившейся энергии в период 2000–2002 гг. остаются ниже среднего значения за 19 лет $\Sigma E = 3.49 \cdot 10^9 Дж$ (табл. 4).

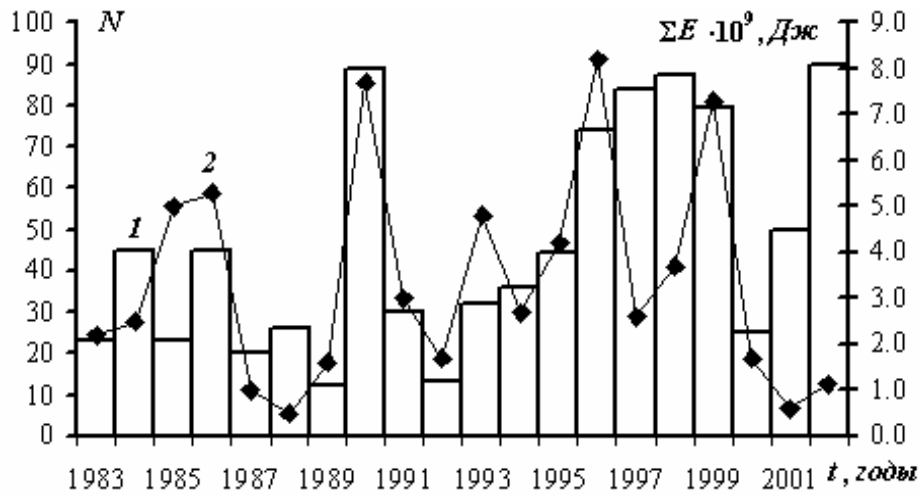


Рис. 3. Распределение числа сейсмических событий (1) и суммарной выделившейся энергии (2) по годам с 1983 г. по 2002 г.

В реальном времени все 90 событий за 2002 г. изображены условными масштабными прямыми по временной оси на рис. 4, на котором видны период затишья в январе и абсолютного затишья с середины ноября по декабрь.

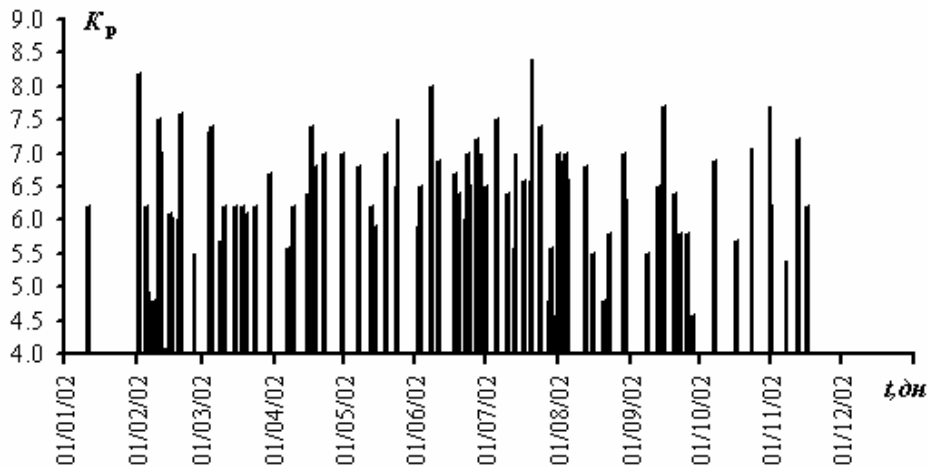


Рис. 4. Распределение во времени сейсмических событий разных классов K_p

Распределение всех сейсмических событий за 2002 г. по часовым интервалам за сутки показано на рис. 5. На графике видны периоды повышения числа событий в дневное время – 8–9^h и 17^h. Анализируя частоту реализации сейсмических событий в разные годы, можно отметить, что нет четкого проявления максимумов числа событий в определенное время суток.

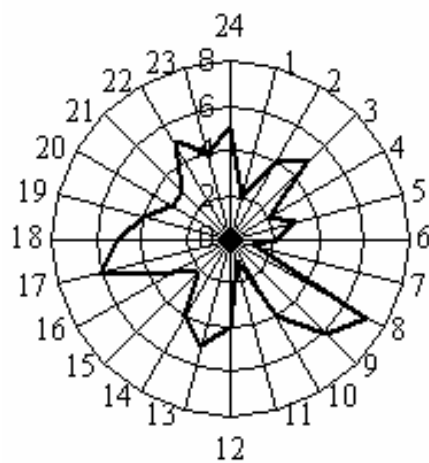


Рис. 5. Распределение сейсмических событий по часам суток

В тектоническом плане основная часть событий, зарегистрированных в 2002 г., приурочена к зоне сочленения северо-западной части Припятского прогиба и Белорусской антеклизы. Сопоставление пространственного распределения очагов землетрясений с тектоникой показывает, что большинство разломов здесь активны в сейсмическом отношении [7]: сейсмические события группируются вдоль разломов различного направления или их звеньев, а также сконцентрированы в зонах их пересечения (рис. 6). Наблюдается приуроченность землетрясений к следующим разломам: субмеридиональному простирания – суперрегиональному Стоходско-Могилевскому и субширотного простирания – суперрегиональному Северо-Припятскому, региональным: Ляховичскому, Речицкому, Червонослободско-Малодушенскому, Копаткевичскому. Отдельные землетрясения попадают в зоны пересечения субмеридиональных и субширотных разломов. Частично эпицентры сейсмических событий располагаются вдоль южной и северной границ шахтного поля Солигорского горно-промышленного района.

Частично эпицентры сейсмических событий располагаются вдоль южной и северной границ шахтного поля Солигорского горно-промышленного района.

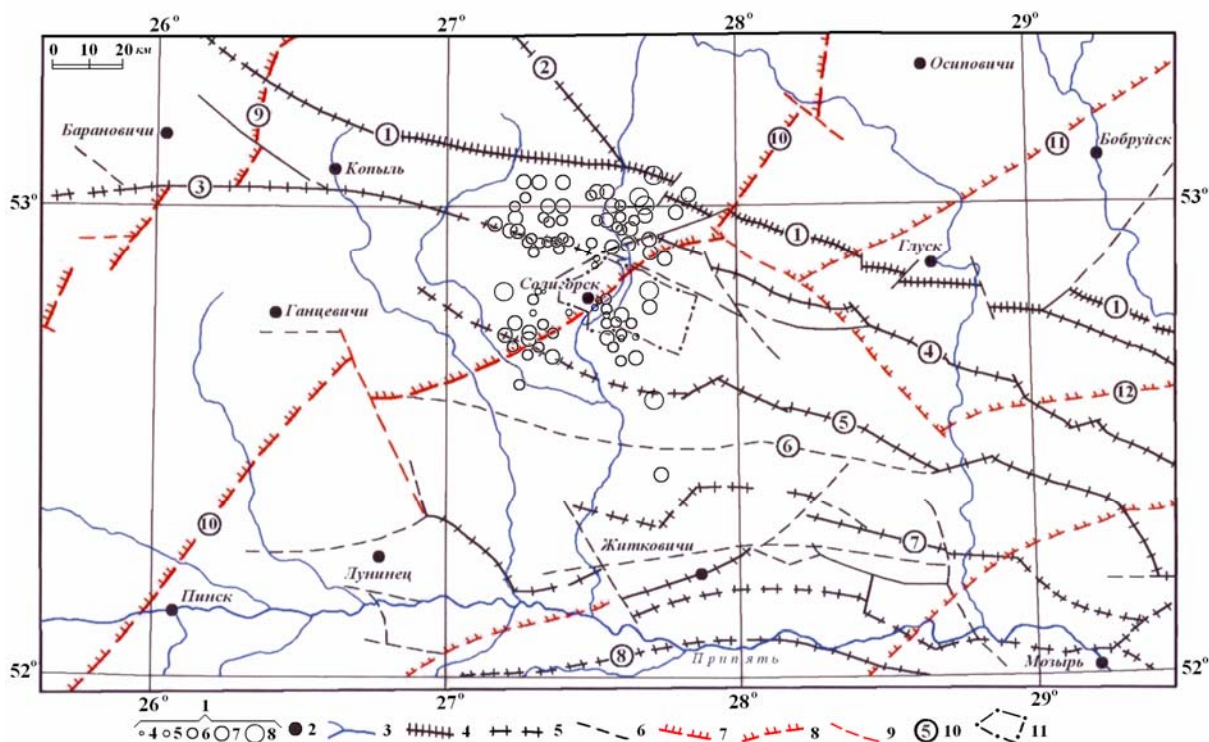


Рис. 6. Карта проявления сейсотектонических процессов в Припятском прогибе

1 – энергетический класс K_p ; 2 – населенный пункт; 3 – река; 4–6 – разломы, проникающие в чехол (4 – суперрегиональные, ограничивающие крупнейшие надпорядковые структуры); 5 – региональные, ограничивающие крупные структуры I, II порядка; 6 – локальные); 7–9 – разломы, не проникающие в чехол (7 – суперрегиональные, разграничивающие крупнейшие области разного возраста переработки; 8 – региональные, разграничивающие крупные области разного возраста переработки; 9 – локальные); 10 – разломы (цифры в кружках): 1 – Северо-Припятский, 2 – Налибокский, 3 – Ляховичский, 4 – Речицкий, 5 – Червонослободско-Малодушинский, 6 – Копаткевичский, 7 – Шестовичский, 8 – Сколодинский, 9 – Выжевско-Минский, 10 – Стоходско-Могилевский, 11 – Кричевский, 12 – Чечерский); 11 – граница шахтных полей Солигорского горно-промышленного района.

Л и т е р а т у р а

1. **Аронова Т.И.** Беларусь // Землетрясения Северной Евразии в 2001 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 243–247.
2. **Аронов А.Г.** Региональные годографы сейсмических волн запада Восточно-Европейской платформы // Сейсмологический бюллетень. Минск: ОКЖИОП, 1996. – С. 136–149.
3. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР.** – М.: Наука, 1982. – 273 с.
4. **Раутиан Т.Г.** Об определении энергии землетрясений на расстоянии до 3000 км // Экспериментальная сейсмика (Тр. ИФЗ АН СССР; № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
5. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Тр. ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
6. **Аронова Т.И (отв. сост.), Кулич О.Н.** Беларусь. (См. раздел VI (Каталоги землетрясений) в наст. сб. на CD).
7. **Аронова Т.И.** Особенности проявления сейсмотектонических процессов на территории Беларуси // Літасфера. – 2006. – № 2 (25). – С. 103–110.