

БЕЛАРУСЬ

А.Г. Аронов, Р.Р. Сероглазов, 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 2004 г. проводились, как и в 2003 г., на станциях «Минск» (МК), «Нарочь» (NAR), «Солигорск» (SOL), «Глушкевичи» (GLSH) (рис. 1), расположение которых осталось прежним [1]. Параметры сейсмических станций по состоянию на 2004 г. приведены в табл. 1, 2.

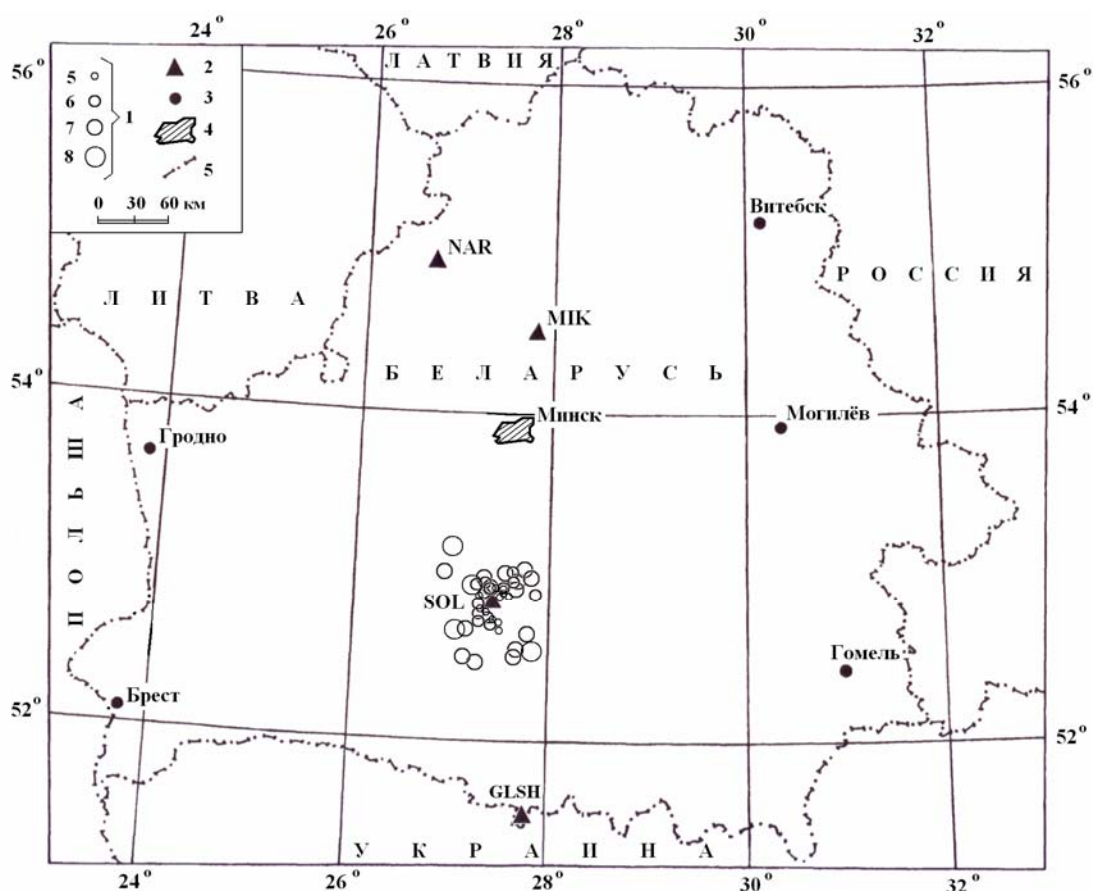


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Беларуси и карта эпицентров сейсмических событий за 2004 г.

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

Таблица 1. Сейсмические станции Беларуси (в хронологии их открытия), работавшие в 2004 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)	МК	03.01.1963		54.50	27.88	196	ССМ-СКМ	N	9410	0.95–1.6
									E	9240	1.06–1.6
									Z	9920	1.11–1.5

№	Станция		Дата		Координаты			Аппаратура					
	Название	Код	открытия	закрытия	φ°, N	λ°, E	$h_y, м$	Тип прибора	КомпONENTА	V_{max}	$\Delta T_{max}, c$		
2	Нарочь	NAR	17.08.1979	30.09.1989	54.92	26.73	167	ССМ-СКД	N	470	2.23–7.0		
									E	440	1.23–9.7		
			05.06.2002									SDAS – цифровая	
												Z	580
			01.10.1989				54.90	26.78	189	ССМ-СКМ	N	14480	0.65–0.9
											E	10050	0.84–1.2
											Z	14740	0.73–1.0
											ССМ-СКД	N	950
												E	880
											Z	1160	2.21–10.1
									ССМ-СД	N	180	4.03–30.4	
										E	180	4.10–32.8	
										Z	170	3.02–23.5	
										ССМ-КПЧ	N	90	3.61–23.0
											E	110	4.14–31.7
										Z	150	2.96–27.1	
										CSD-20 – цифровая			
										SDAS – цифровая			
3	Солигорск	SOL	01.01.1983		52.75	27.78	–436						
												00.01.1998	
			E	8330	0.30–0.7								
													Z
4	Глушкевичи	GLSH	25.04.2003		51.54	27.80				CSD-20 – цифровая			

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций в 2004 г.

Название станции	Тип АЦП и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с)
Нарочь	CSD-20+SL-210 CSD-20+SL-220 SDAS+CM-3-OC	BH(N, E, Z)v	0.01–10	20	22	$5.8 \cdot 10^8$
		LH(N, E, Z)v	0.01–10	1	22	$5.8 \cdot 10^8$
		BH(N, E, Z)v	0.02–10	20	16	$7.1 \cdot 10^8$
		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	$7.1 \cdot 10^8$
		LH(N, E, Z)v	0.02–10	20	16	$1.2 \cdot 10^7$
Глушкевичи	CSD-20+SL-210 CSD-20+SL-220	BH(N, E, Z)v	0.01–10	20	22	$5.8 \cdot 10^8$
		LH(N, E, Z)v	0.01–10	1	22	$5.8 \cdot 10^8$

В течение 2004 г. сейсмичность на территории Беларуси проявилась, как и ранее [1], 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 $N=56$ [6]. Из них наименьшее имеет

$K_p=4.7$, наибольшее – $K_p=8.5$ для толчков, зарегистрированных 23 сентября в 02^h08^m и 6 марта в 10^h22^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 2004 г.

Месяц	K_p				N_Σ	$\Sigma E,$ 10^9 Дж
	5	6	7	8		
I	2	1	2		5	0.0152
II	4	2	4	1	11	0.2033
III	1	2	1	3	7	0.5462
IV	1	1	1		3	0.0143
V			2		2	0.0050
VI		2	2		4	0.0112
VII	1	3			4	0.0038
VIII	7	1			8	0.0017
IX	2	1			3	0.0009
X	2		1		3	0.0054
XI	1		1		2	0.0041
XII	1	3			4	0.0040
Всего	22	16	14	4	56	0.8151

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

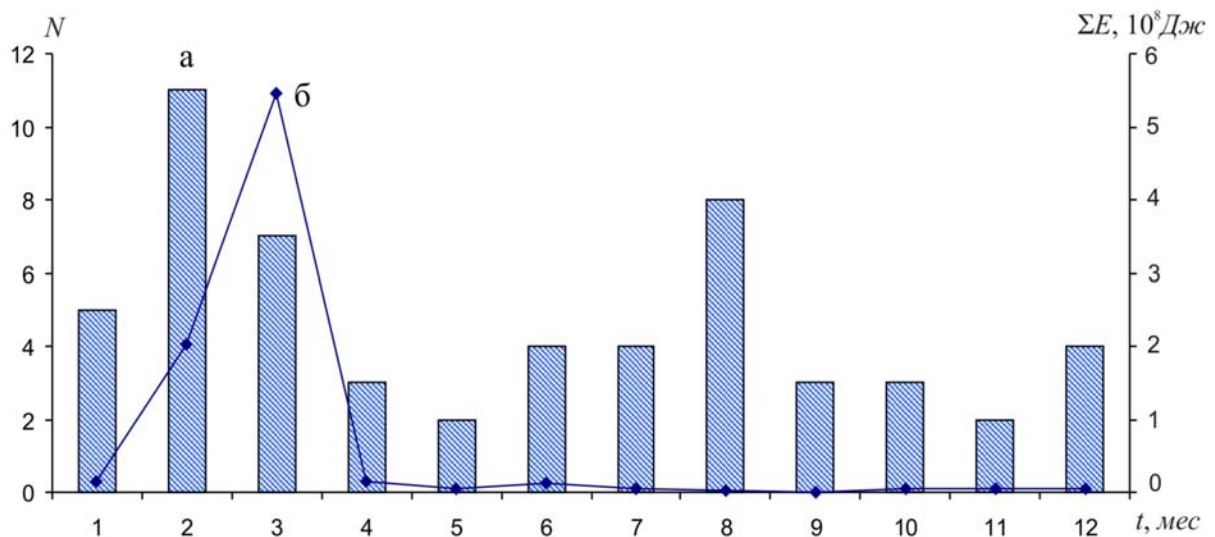


Рис. 2. Распределение числа сейсмических событий (а) и выделившейся энергии (б) за 2004 г.

Сопоставление данных 2004 г. с долговременными средними оценками N и ΣE за период 1983–2003 гг. (табл. 4) показало, что уровень выделившейся в 2004 г. сейсмической энергии ниже такового в 2003 г. в 1.4 раза и в 4.1 раза ниже среднего его значения за 21 год ($\Sigma E=3.26 \cdot 10^9 \text{ Дж}$). Число событий в 2004 и 2003 гг. близки (56 и 58), но ниже среднего долговременного значения ($\Sigma N=46.9$). В целом по региону продолжился спад сейсмической активности, наметившийся с 2000 г. (рис. 3).

Таблица 4. Годовые значения числа событий разных энергетических классов K_p и их суммарной сейсмической энергии на территории Беларуси за 1983–2003 гг. и 2004 г.

Год	K_p						N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^9 Дж
	4	5	6	7	8	9		
1983			8	4	10	1	23	2.2
1984		2	10	21	12		45	2.5
1985			1	9	12	1	23	5.0
1986			3	13	29		45	5.3
1987			5	10	5		20	1.0
1988		7	8	9	2		26	0.5
1989		2	1	2	7		12	1.6
1990		2	17	25	45		89	7.7
1991			6	11	13		30	3.0
1992		1	2	10			13	1.7
1993			2	10	20		32	4.8
1994		1	4	15	16		36	2.7
1995		1	6	12	25		44	4.2
1996		1	4	23	46		74	8.2
1997		17	22	31	14		84	2.6
1998		14	22	25	26		87	3.7
1999			15	25	39		79	7.3
2000			5	11	9		25	1.7
2001		6	22	20	2		50	0.6
2002	2	13	37	32	6		90	1.1
2003		8	16	26	8		58	1.1
Среднее за 21 год	0.095	5.77	10.29	16.38	17.30	0.047	44.90	3.26
2004		22	16	14	4		56	0.81

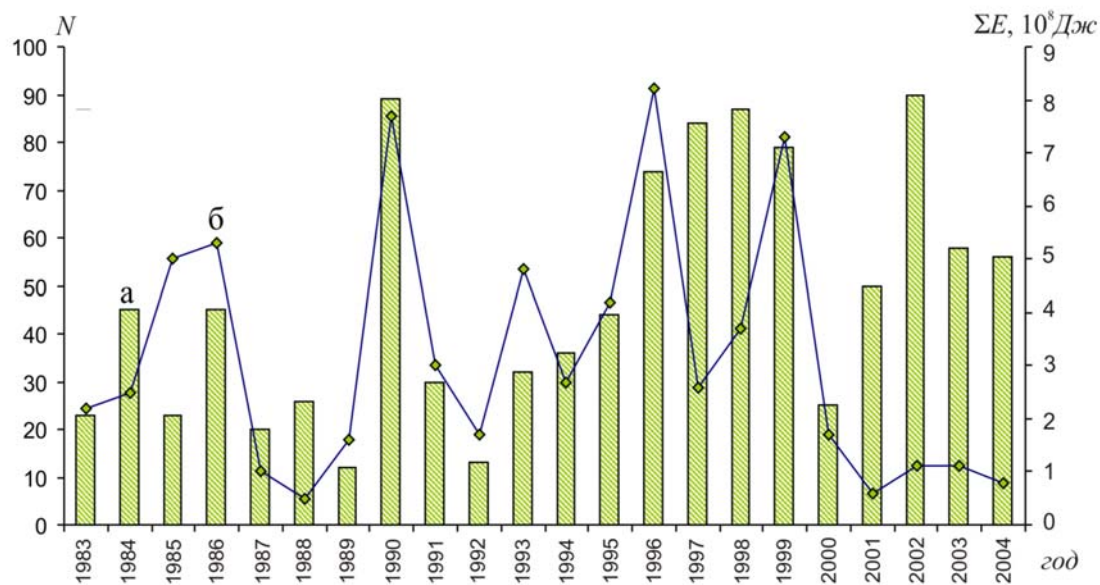


Рис. 3. Распределение числа сейсмических событий (а) и суммарной выделившейся энергии (б) по годам с 1983 г. по 2004 г.

В реальном времени все 56 событий за 2004 г. изображены условными масштабными прямыми по временной оси на рис. 4, на котором видны периоды затишья в апреле–мае и в октябре–ноябре. Период активности наблюдался в феврале–марте.

Распределение всех сейсмических событий за 2004 г. по часовым интервалам за сутки показано на рис. 5. На графике видны периоды повышения числа событий в ночное время – в 5^h, в дневное время – в 13^h и 17^h.

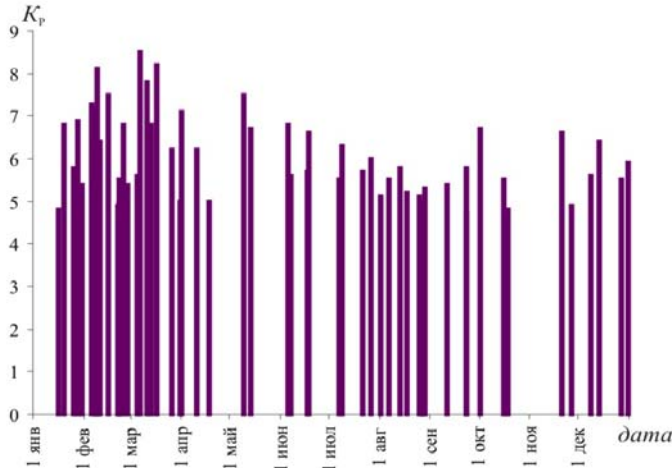


Рис. 4. Распределение во времени сейсмических событий разных классов K_r в 2004 г.

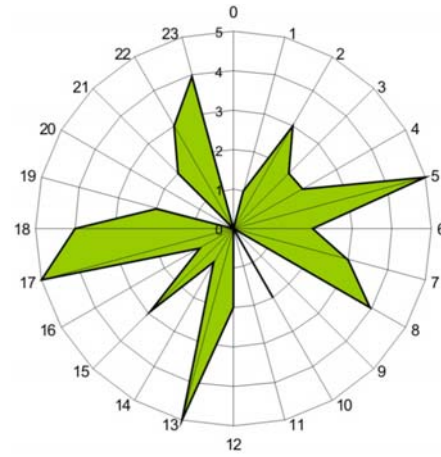


Рис. 5. Распределение сейсмических событий по часам суток в 2004 г.

В тектоническом плане основная часть событий, зарегистрированных в 2004 г., приурочена к зоне сочленения северо-западной части Припятского прогиба и Белорусской антеклизы [7]. Сопоставление пространственного распределения очагов землетрясений с тектонической характеристикой региона показывает, что большинство разломов здесь активны в сейсмическом отношении [8, 9]: сейсмические события группируются вдоль разломов различного направления или их звеньев, а также сконцентрированы в зонах их пересечения (рис. 6).

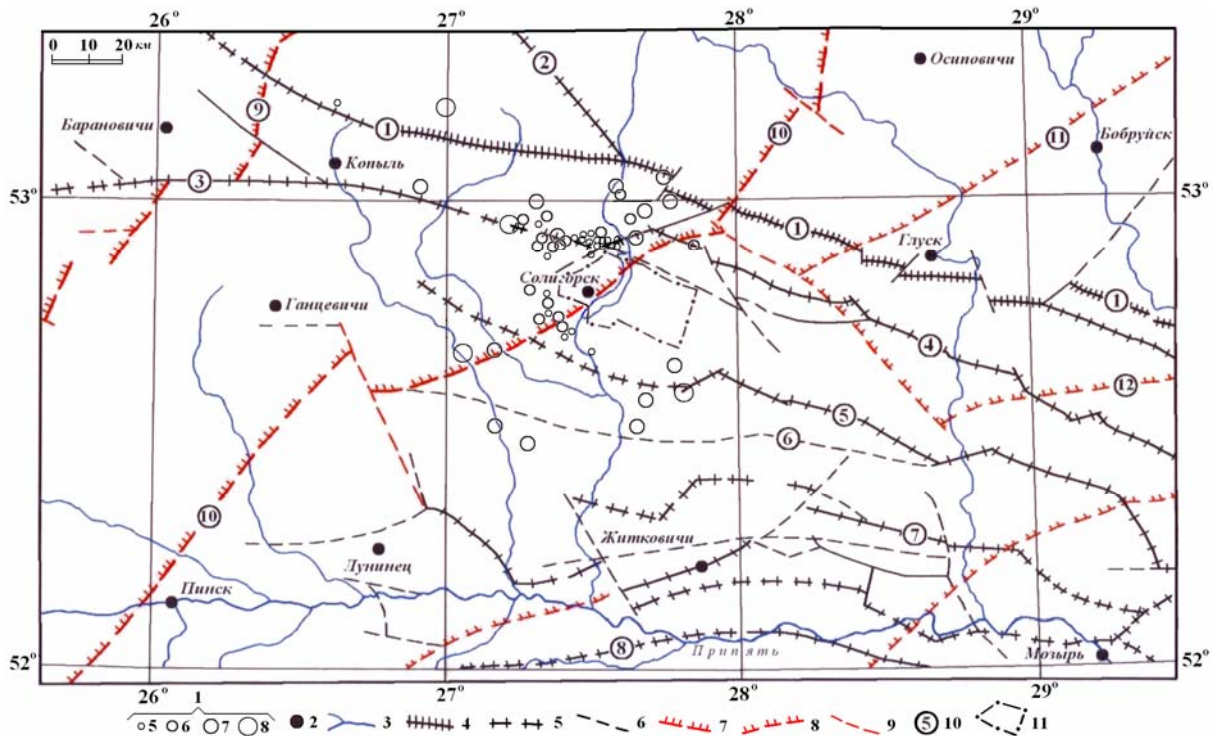


Рис. 6. Карта проявления сеймотектонических процессов в Припятском прогибе за 2004 г.

1 – энергетический класс K_r ; 2 – населенный пункт; 3 – реки; 4–6 – разломы, проникающие в чехол (4 – суперрегиональные, ограничивающие крупнейшие надпорядковые структуры; 5 – региональные ограничивающие крупные I, II порядка структуры; 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.

Наблюдается приуроченность землетрясений к следующим разломам: субмеридионального простирания – суперрегиональному Стоходско-Могилевскому доплатформенного заложения 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 около юго-западной границы шахтного поля Солигорского горно-промышленного района.

Л и т е р а т у р а

1. **Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И., Кулич О.Н.** Беларусь // Землетрясения Северной Евразии, 2003. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 211–216.
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 (Труды ИФЗ АН СССР; № 32(199)). – М.: Наука, 1964. – С. 88–93.
5. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР; № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
6. **Аронова Т.И (отв. сост.), Кулич О.Н.** Каталог землетрясений Беларуси за 2004 год. (См. Приложение к наст. сб. на CD).
7. **Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И.** Сейсмичность территории Беларуси // Землетрясения и микросейсмичность в задачах современной геодинамики Восточно-Европейской платформы. Кн. 1. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – С. 357–364.
8. **Аронова Т.И.** Особенности проявления сеймотектонических процессов на территории Беларуси // Літасфера. – 2006. – № 2 (25). – С. 103–110.
9. **Аронов А.Г., Аронова Т.И.** Сейсмическая активность разломов // Разломы земной коры Беларуси. – Минск: Красико-Принт, 2007. – С. 331–340.