

БЕЛАРУСЬ

А.Г. Аронов, Р.Р. Сероглазов, Т.И. Аронова, О.Н. Ацута, В.А. Аронов

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

Сейсмологические наблюдения на территории Беларуси в 2006 г. проводились на станциях «Минск» (MIK), «Нарочь» (NAR), «Солигорск» (SOL) (рис. 1), расположение которых осталось прежним [1]. Новая станция «Полоцк» (PLTS) была открыта 6 октября 2006 г., в 216 км к северо-востоку от г. Минска, в д. Кополь Полоцкого района. Станция расположена на северном борту Полоцко-Курземский пояс разломов субширотного простирания [2]. Район расположен в зоне сочленения структур платформенного чехла: Вилейского погребенного выступа, Латвийской седловины, Велижской седловины и Оршанской впадины [3]. Наблюдения проводятся цифровой сейсмической станцией SDAS, оборудованной комплектом короткопериодных сейсмометров СМ-3-КВ. Параметры сейсмических станций по состоянию на 2006 г. приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Сейсмические станции Беларуси (в хронологии их открытия), работавшие в 2006 г., и их параметры

№	Станция		Дата		Координаты			Аппаратура												
	Название	Код	открытия	закрытия	φ° , N	λ° , E	h_y , м	Тип прибора	Комп-нента	V_{\max}	ΔT_{\max} , с									
1	Минск (Плещеницы)	MIK	03.01.1963		54.50	27.88	196	ССМ-СКМ	N	13800	0.87–1.48									
									E	13450	1.06–1.66									
									Z	22740	1.09–1.53									
							ССМ-СКД	N	450	1.64–15.7										
								E	450	1.69–14.3										
								Z	550	1.27–22.7										
			05.06.2002						SDAS											
2	Нарочь	NAR	17.08.1979	30.09.1989	54.92	26.73	167													
												01.10.1989		54.90	26.78	189	ССМ-СКМ	N	10200	0.68–0.91
																	ССМ-СКД	E	9350	0.81–1.11
																Z		11400	0.78–1.01	
																N		970	1.00–14.8	
																	ССМ-СД	E	490	1.18–17.3
																Z		570	1.26–13.4	
																N		60	3.91–31.2	
																	ССМ-КПЧ	E	50	2.06–33.2
																Z		90	3.01–46.9	
				N	60	3.62–27.1														
						E	60	4.20–28.0												
						Z	80	3.05–32.5												
			01.01.1998					CSD-20												
			28.11.2002					SDAS												
3	Солигорск	SOL	01.01.1983		52.75	27.78	–436													
												00.01.1998		52.84	27.47	–436	ССМ-СКМ	N	32510	0.37–0.9
									E	8100	0.33–0.7									
									Z	25190	0.46–1.0									
4	Полоцк	PLTS	06.10.2006		55.66	28.96	187		SDAS											

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций в 2006 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	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	$1.3 \cdot 10^5$
		LH(N,E,Z)v	0.02–10	20	16	$1.3 \cdot 10^4$
Минск	SDAS+CM-3-OC	BH(N,E,Z)v	0.02–10	20	16	$1.3 \cdot 10^5$
		LH(N,E,Z)v	0.02–10	20	16	$1.3 \cdot 10^4$
Полоцк	SDAS+CM-3-KB	BH(N,E,Z)v	0.1–10	100	16	$1.3 \cdot 10^5$

В течение 2006 г. сейсмичность на территории Беларуси проявилась, как и ранее [1], в южной ее части, в Солигорском горно-промышленном районе, а одно событие зарегистрировано севернее его. Методика определения основных параметров регистрируемых толчков, по сравнению с таковой в [1], не изменилась. Локализация местных сейсмических событий производилась по данным станций «Солигорск» и «Полоцк». Эпицентральные расстояния определялись по разнице времен ($t_S - t_P$) вступлений *S*- и *P*-волн с использованием регионального годографа [4]. Расчеты по определению азимутов на эпицентры проводились на основе полярности первых вступлений [5]. Для определения энергетического класса K_p сейсмических событий использовалась номограмма Т.Г. Раутиан [6], а их магнитуды получены пересчетом из энергетических классов K_p по формуле Т.Г. Раутиан [7]:

$$K_p = 4 + 1.8 M.$$

Общее число зарегистрированных событий составило $N=54$ [8], из них наименьшее имеет $K_p=4.9$, наибольшее – $K_p=8.0$ для толчков, зарегистрированных 5 июня в $05^h 44^m$ и 4 апреля в $22^h 14^m$ соответственно. Карта эпицентров всех событий показана на рис. 1.

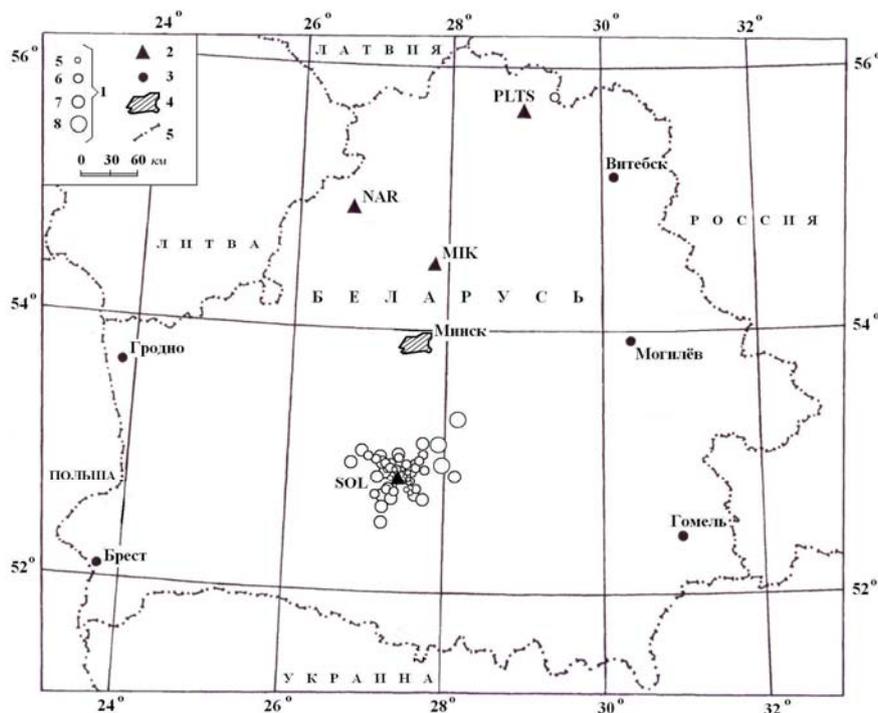


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Беларуси и область эпицентров сейсмических событий за 2006 г.

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

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 2006 г.

Месяц	K_p				N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^9 Дж
	5	6	7	8		
I	1	2	1		4	0.0092
II	2	3	2		7	0.0195
III	2	3	2		7	0.0301
IV		1	3	1	5	0.1355
V	1	1			2	0.0021
VI	5	3			8	0.0047
VII		1	1	1	3	0.0657

Месяц	K_p				N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^9 Дж
	5	6	7	8		
VIII		3			3	0.0041
IX	1	3		1	5	0.0436
X	1		2		3	0.0079
XI		2	1		3	0.0227
XII		2	2		4	0.0563
Всего	13	24	14	3	54	0.4015

Рассматривая ход сейсмического процесса в течение года, можно отметить, что максимумы высвобождения сейсмической энергии приходятся на апрель, июль и декабрь (диапазон энергетических классов $K_p=6-8$), а максимумы числа событий N – на февраль-март и июнь. Минимальные значения выделившейся энергии приходятся на май-июнь и август, а для числа событий – май (рис. 2).

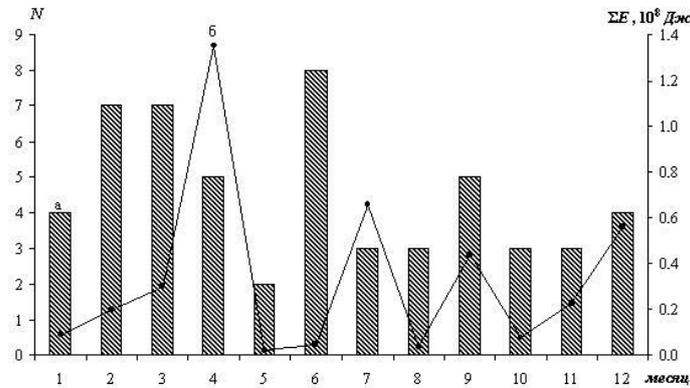


Рис. 2. Распределение числа сейсмических событий (а) и выделившейся энергии (б) за 2006 г.

Сопоставление данных 2006 г. с долговременными средними оценками N и ΣE за период 1983–2005 гг. (табл. 4) показало, что уровень выделившейся в 2006 г. сейсмической энергии ниже такового в 2005 г. в 3.5 раза и в 7.7 раза ниже среднего его значения за 23 года ($\Sigma E=3.07 \cdot 10^9$, Дж). Число событий 2006 г. больше в 1.6 раза, чем 2005 г., и в 1.2 раза больше его среднего долговременного значения ($\Sigma N=46.7$). В целом по региону продолжился спад сейсмической активности, наметившийся с 2000 г. (рис. 3).

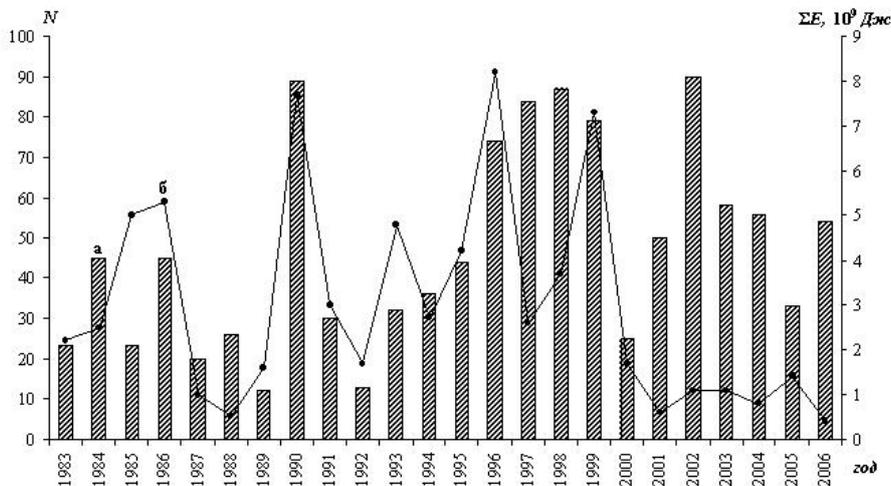


Рис. 3. Распределение числа сейсмических событий (а) и суммарной выделившейся энергии (б) по годам (1983 по 2006 г.)

Таблица 4. Годовые значения числа событий разных энергетических классов K_p и их суммарной сейсмической энергии на территории Беларуси за 1983–2005 и 2006 гг.

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
2004			22	16	14	4	56	0.8
2005	3	9	14	5	1	1	33	1.4
Среднее за 23 года	0.22	4.61	10.7	15.78	15.26	0.13	46.7	3.07
2006		13	24	14	3		54	0.4

В реальном времени все 54 события за 2006 г. изображены условными масштабными прямыми по временной оси на рис. 4, на котором видны периоды затишья с третьей декады апреля по вторую мая, со второй декады сентября по первую октября, с середины и до конца декабря. Период активности наблюдался в феврале–апреле.

Распределение всех сейсмических событий за 2006 г. по часовым интервалам за сутки показано на рис. 5. На графике видны периоды повышения числа событий в ночное время – 21^h и 7^h, в дневное время – 13^h.

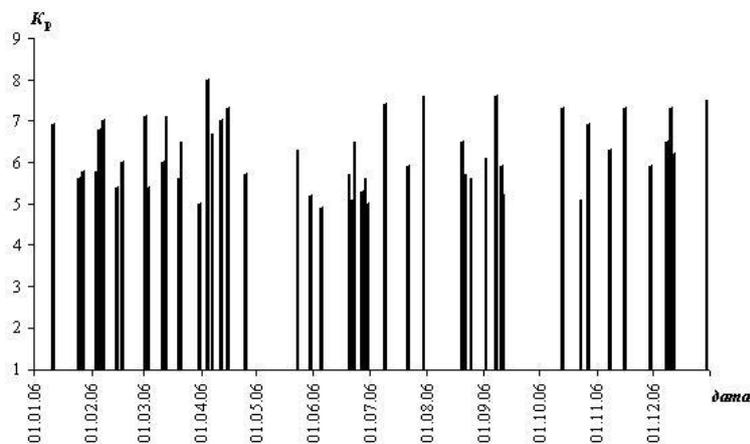


Рис. 4. Распределение во времени сейсмических событий разных классов K_p в 2006 г.

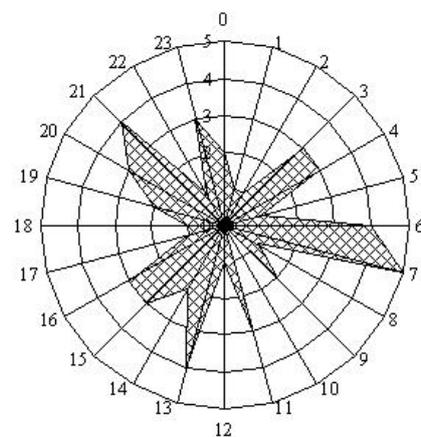


Рис. 5. Распределение сейсмических событий по часам суток в 2006 г.

В тектоническом плане основная часть событий, зарегистрированных в 2006 г., приурочена к зоне сочленения северо-западной части Припятского прогиба и Белорусской антеклизы

[3, 9]. Сопоставление пространственного распределения очагов землетрясений с тектонической характеристикой региона показывает, что большинство разломов здесь активны в сейсмическом отношении [10–12]: сейсмические события группируются вдоль разломов различного направления или их звеньев, а также сконцентрированы в зонах их пресечения (рис. 6).

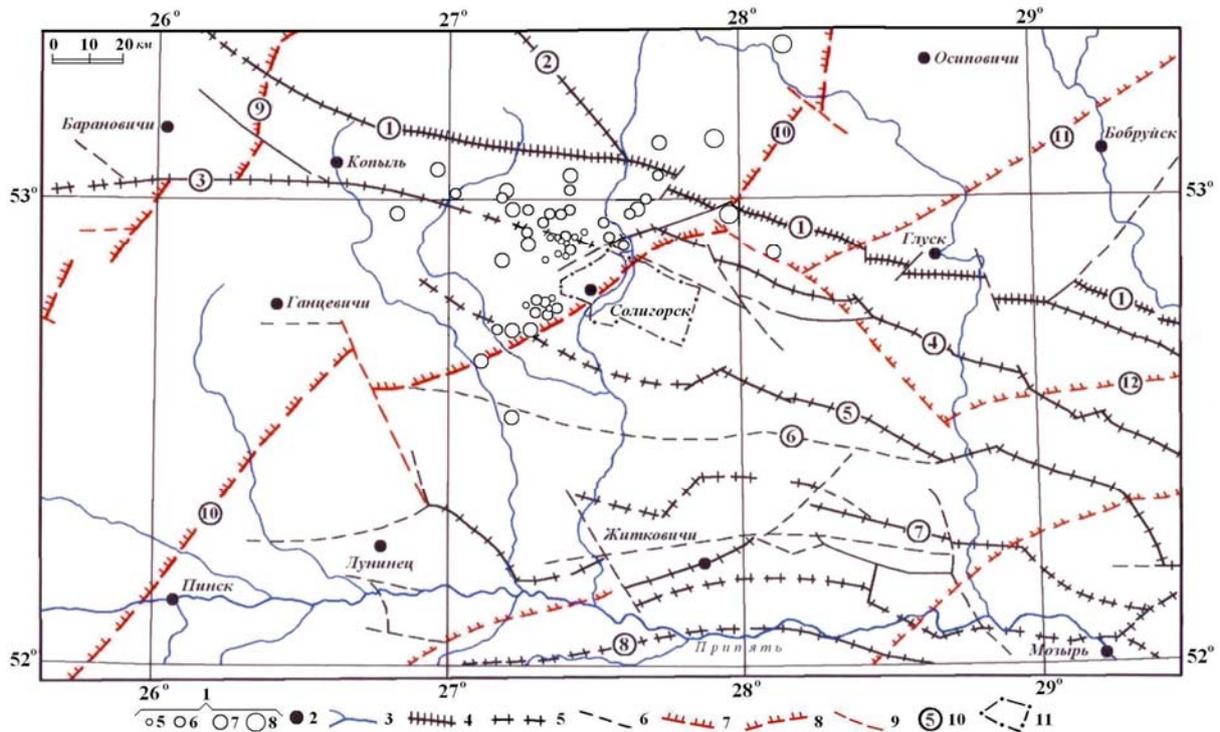


Рис. 6. Карта проявления сеймотектонических процессов в Припятском прогибе за 2006 г.

1 – энергетический класс K_p ; 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.

Л и т е р а т у р а

1. Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И. Беларусь // Землетрясения Северной Евразии, 2005 год. – Обнинск: ГС РАН, 2011. – С. 245–250.
2. Разломы земной коры Беларуси. – Минск: Красико-Принт, 2007. – 372 с.
3. Геология Беларуси. – Минск: ИГН НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
4. Аронов А.Г. Региональные годографы сейсмических волн запада Восточно-Европейской платформы // Сейсмологический бюллетень. – Минск: ОКЖИОП, 1996. – С. 136–149.
5. Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР. – М.: Наука, 1982. – 273 с.
6. 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.

7. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Тр. ИФЗ АН СССР, № 9(176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
8. **Аронова Т.И. (отв. сост.), Ацута О.Н., Аронов В.А.** Каталог землетрясений Беларуси за 2006 г. (N=54). (См. Приложение к наст. сб. на CD).
9. **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.
10. **Аронова Т.И.** Особенности проявления сейсмотектонических процессов на территории Беларуси // Литасфера. – 2006. – № 2 (25). – С. 103–110.
11. **Аронов А.Г., Аронова Т.И.** Сейсмическая активность разломов // Разломы земной коры Беларуси. – Минск: Красико-Принт, 2007. – С. 331–340.
12. **Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И., Колковский В.М., Кулич О.Н.** Сейсмичность Беларуси // Природные ресурсы. – 2009. – № 2. – С. 90–97.