

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 2007 г. проводились на станциях «Минск» (МК), «Нарочь» (NAR), «Солигорск» (SOL), «Полоцк» (PLTS) (рис. 1), расположение которых осталось прежним [1]. Новая станция «Могилёв» (MGL) была открыта 1 марта 2007 г. Она находится в 216 км к востоку от г. Минск, в д. Рагозинка Чаусского района. Станция расположена на южном борту Стоходско-Могилевского суперрегионального разлома доплатформенного заложения [2]. Район расположен в зоне сочленения структур платформенного чехла: Могилевской мульды и Оршанской впадины. Платформенный чехол сложен среднедевонским-среднетриасовым (герцинским) комплексом [3]. Наблюдения проводятся цифровой сейсмической станцией SDAS с комплектом короткопериодных сейсмометров СМ-3-КВ. На станции «Солигорск» с 27 июля дополнительно установлена цифровая сейсмическая станция CSD-20 также с комплектом короткопериодных сейсмометров СМ-3-КВ. Параметры сейсмических станций по состоянию на 2007 г. приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Сейсмические станции Беларуси (в хронологии их открытия), работавшие в 2007 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}	$\Delta T_{max}, с$								
1	Минск (Плещеницы)	МК	03.01.1963		54.50	27.88	196	ССМ-СКМ	N	11650	0.95–1.53								
									E	11560	1.05–1.76								
									Z	20400	1.11–1.59								
									ССМ-СКД	N	420	1.76–21.3							
										E	450	1.40–12.3							
										Z	530	2.06–22.4							
		05.06.2002																	
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	8730
				ССМ-СКД	E	5690	0.80–1.14												
					Z	9140	0.78–1.03												
					N	890	1.23–21.1												
				ССМ-СД	E	930	1.35–15.7												
					Z	1100	1.17–20.0												
					N	130	1.49–32.7												
				ССМ-КПЧ	E	110	1.47–20.2												
					Z	150	1.45–49.2												
					N	70	3.36–17.7												
					01.01.1998														
					28.11.2002														
3	Солигорск	SOL	01.01.1983	00.01.1998	52.75	27.78	–436	ССМ-СКМ	N	34230	0.37–0.85								
									E	7890	0.37–0.83								
									Z	24910	0.48–0.95								
											27.07.2007								
4	Полоцк	PLTS	06.10.2006		55.66	28.96	187												
5	Могилев	MGL	01.03.2007		53.95	30.94	206												

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций в 2007 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	$1.3 \cdot 10^5$
		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	$1.3 \cdot 10^5$
Могилев	SDAS+CM-3-KB	BH (N, E, Z) v	0.1–10	100	16	$1.3 \cdot 10^5$
Солигорск	CSD-20+CM-3-KB	BH (N, E, Z) v	0.01–10	20	16	$5.8 \cdot 10^8$

В течение 2007 г. сейсмичность на территории Беларуси проявилась, как и ранее [1], в южной ее части, включая Солигорский горно-промышленный район. 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 [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 $N=34$ [8]. Из них наименьшее имеет $K_p=4.6$, два наибольших – 8.2. Самое слабое землетрясение зафиксировано в конце года – 30 декабря в 23^h33^m, наибольшее ($K_p=8.2$) значение энергетического класса отмечено 17 января в 16^h05^m и 2 февраля в 00^h23^m.

Карта эпицентров всех событий показана на рис. 1.

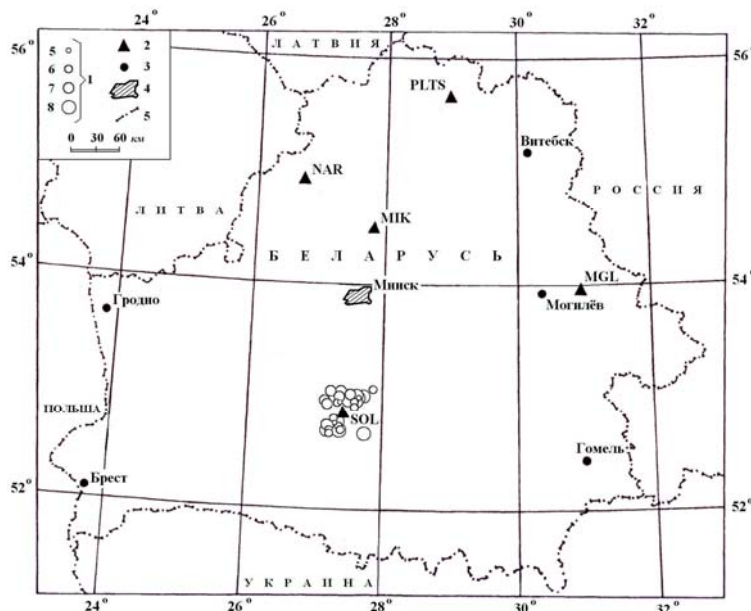


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Беларуси и область эпицентров сейсмических событий за 2007 г.

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 2007 г.

Месяц	K_p				N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^9 Дж	Месяц	K_p				N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^9 Дж
	5	6	7	8				5	6	7	8		
I			1	5	6	0.4198	VIII				—	—	
II	1	2	2	2	7	0.2426	IX	1	1		2	0.0005	
III		2	3		5	0.0533	X		1		1	0.0004	
IV		2	2		4	0.0192	XI		1		1	0.0013	
V		1	1		2	0.0209	XII	1			1	0.00004	
VI			3		3	0.0551	Всего	3	12	12	7	34	0.8148
VII		2			2	0.0017							

Рассматривая на рис. 2 ход сейсмического процесса в течение года, можно отметить, что максимумы высвобождения сейсмической энергии приходятся на январь и июнь (диапазон энергетических классов $K_p=7-8$), а максимумы числа N событий – на январь–март. Минимальные значения выделившейся энергии приходятся на август–октябрь и декабрь, а для числа событий – август и октябрь–декабрь.

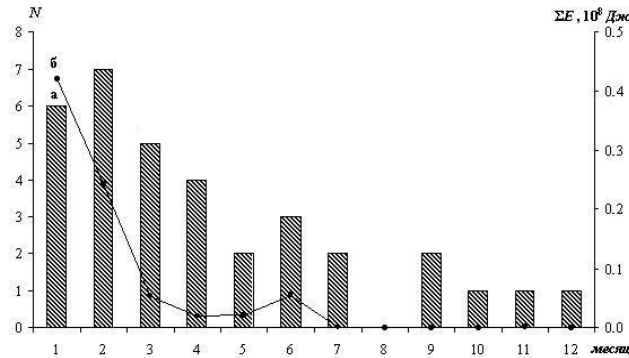


Рис. 2. Распределение числа сейсмических событий (а) и выделившейся энергии (б) за 2007 г.

Сопоставление в табл. 4 данных 2007 г. с долговременными средними оценками N и ΣE за период 1983–2006 гг. показало, что уровень выделившейся в 2007 г. сейсмической энергии, равный $0.815 \cdot 10^9 \text{ Дж}$, выше такового в 2006 г. почти в 2 раза, но в 3.7 раза ниже среднего его значения за 24 года ($\Sigma E=2.892 \cdot 10^9 \text{ Дж}$). Число событий в 2007 г. меньше в 1.6 раза, чем в 2006 г., и в 1.4 раза меньше его среднего долговременного значения ($\Sigma N=46.5$).

Таблица 4. Годовые значения числа событий разных энергетических классов K_p и их суммарной сейсмической энергии на территории Беларуси за 1983–2006 гг. и 2007 г.

Год	K_p						N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^9 Дж
	4	5	6	7	8	9		
1983			8	4	10	1	23	2.238
1984		2	10	21	12		45	2.487
1985			1	9	12	1	23	4.975
1986			3	13	29		45	5.281
1987			5	10	5		20	0.969
1988		7	8	9	2		26	0.518
1989		2	1	2	7		12	1.580
1990		2	17	25	45		89	7.680
1991			6	11	13		30	2.990
1992		1		2	10		13	1.754
1993			2	10	20		32	4.806
1994		1	4	15	16		36	2.709
1995		1	6	12	25		44	4.217
1996		1	4	23	45		73	8.080

Год	K_p						N_{Σ}	$\Sigma E, 10^9 \text{ Дж}$
	4	5	6	7	8	9		
1997		17	22	31	11		81	2.254
1998		14	22	25	18		79	2.434
1999			15	25	39		79	7.227
2000			5	11	9		25	1.701
2001		6	22	20	2		50	0.651
2002	2	13	37	32	6		90	1.112
2003		8	16	26	8		58	1.087
2004		22	16	14	4		56	0.847
2005	3	9	14	5	1	1	33	1.390
2006		13	24	14	3		54	0.422
Сумма	5	119	268	369	352	3	1116	69.410
Среднее за 24 года	0.21	4.96	11.17	15.38	14.67	0.13	46.50	2.892
2007		3	12	12	7	0	34	0.815

В целом по региону наблюдается спад сейсмической активности, наметившийся с 2000 г, с небольшим увеличением в 2007 г. (рис. 3).

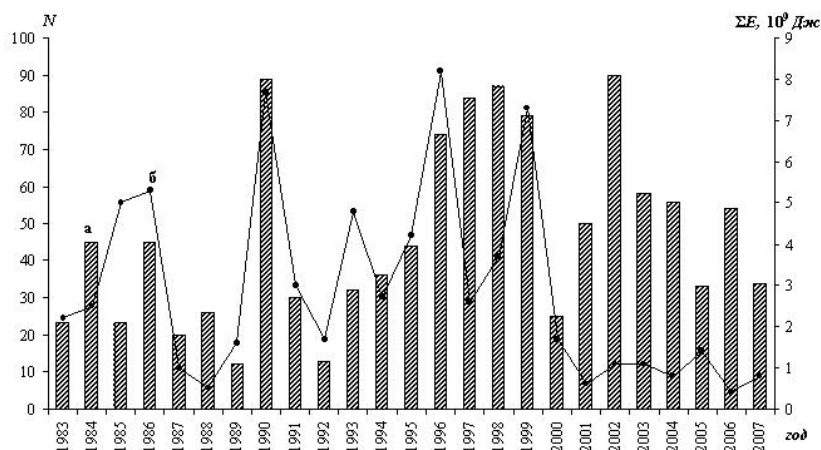


Рис. 3. Распределение числа сейсмических событий (а) и суммарной выделившейся энергии (б) по годам (с 1983 по 2007 г.)

В реальном времени все 34 события за 2007 г. изображены условными масштабными прямыми по временной оси на рис. 4, на котором видны периоды затишья с третьей декады июля по первую сентября, со второй декады октября по первую ноября, с середины ноября и до конца декабря. Период активности наблюдался в январе–апреле.

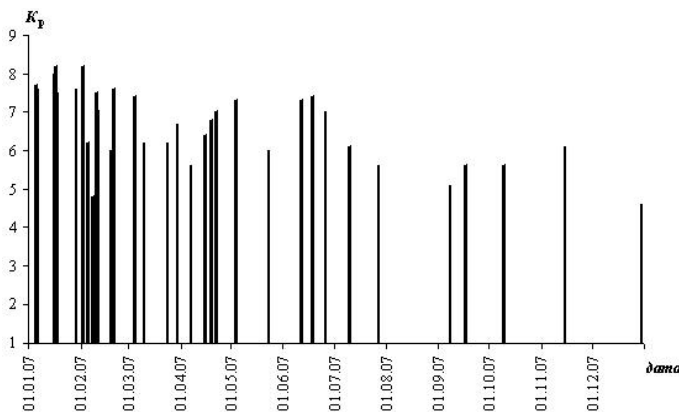


Рис. 4. Распределение во времени сейсмических событий разных классов K_p в 2007 г.

Распределение всех сейсмических событий за 2007 г. по часовым интервалам за сутки показано на рис. 5. На графике видны периоды повышения числа событий в ночное время – в 23^h и 4^h, в дневное время – в 11^h и 12^h, 15^h и 16^h.

В тектоническом плане основная часть событий, зарегистрированных 2007 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 пересечения (рис. 6).

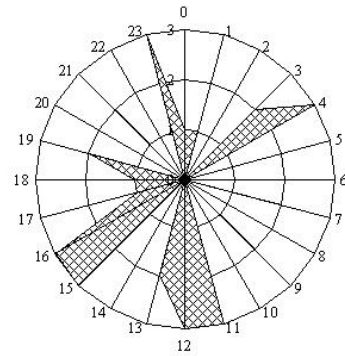


Рис. 5. Распределение сейсмических событий по часам суток в 2007 г.

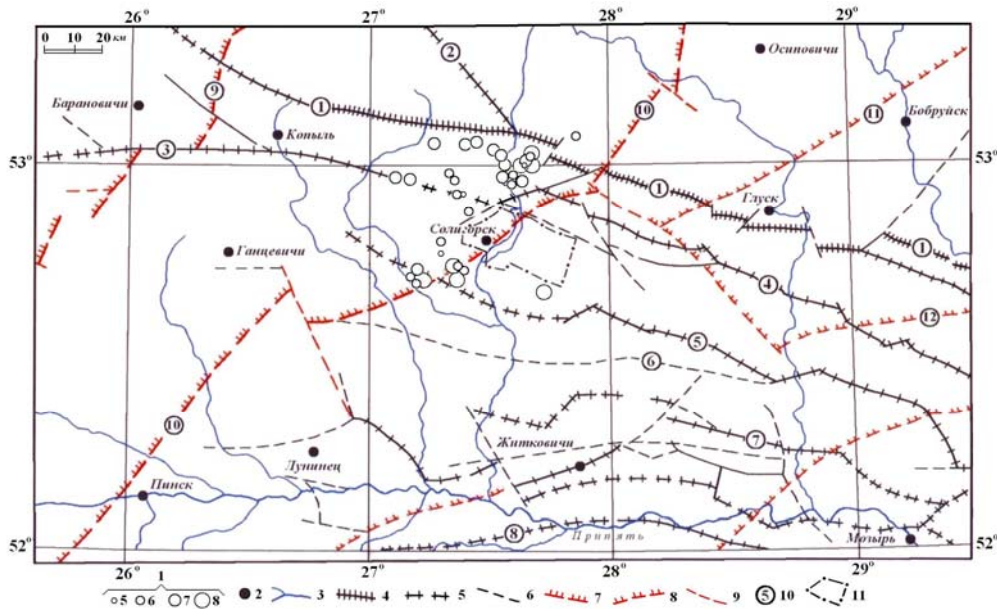


Рис. 6. Карта проявления сеймотектонических процессов в Припятском прогибе за 2007 г.

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 I, II-го 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. 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., Ацута О.Н., Аронов В.А. Беларусь // Землетрясения Северной Евразии, 2006. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 232–237.

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 2007 г. (N=34). (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 // Літасфера. – 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.