

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 2008 г. проводились на станциях «Минск» (MIK), «Нарочь» (NAR), «Солигорск» (SOL), «Полоцк» (PLTS), «Могилёв» (MGL) (рис. 1), расположение которых осталось прежним [1]. В аппаратном оснащении станций произошли следующие изменения. На геофизической обсерватории «Нарочь» были прекращены наблюдения цифровой сейсмической станцией CSD-20. С аналоговой станции «Нарочь» в январе сняты два канала ССМ-СД и ССМ-КПЧ, которые были дополнительно установлены 2 января на аналоговой станции «Минск». Параметры сейсмических станций по состоянию на 2008 г. приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1. Сейсмические станции Беларуси (в хронологии их открытия), работавшие в 2008 г., и их параметры

№	Станция		Дата		Координаты			Аппаратура											
	Название	Код	открытия	закрытия	φ° , N	λ° , E	h_y , м	Тип прибора	Компонента	V_{\max}	ΔT_{\max} , с								
1	Минск (Плещеницы)	MIK	03.01.1963		54.50	27.88	196	ССМ-СКМ	N	11690	0.87–1.61								
									E	11230	1.05–1.79								
									Z	21640	1.10–1.59								
			02.01.2008							ССМ-СКД	N	400	1.65–13.1						
											E	440	1.09–17.5						
											Z	590	1.20–20.3						
			02.01.2008							ССМ-СД	N	130	1.50–32.7						
											E	110	1.47–20.2						
											Z	150	1.44–49.2						
			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	11280	0.70–0.92								
									E	9480	0.80–1.13								
									Z	12070	0.78–1.03								
			01.01.1998	22.01.2008						ССМ-СКД	N	720	1.86–18.6						
											E	950	1.84–14.3						
											Z	1000	1.81–19.1						
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	34230	0.37–0.85								
									E	7890	0.37–0.83								
									Z	24910	0.48–0.95								
27.07.2007											CSD-20								
4	Полоцк	PLTS	06.10.2006		55.66	28.96	187					SDAS							
5	Могилев	MGL	01.03.2007		53.95	30.94	206					SDAS							

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций в 2008 г.

Название станции	Тип ЦСС и сейсмометра	Перечень каналов	Частотный диапазон, Гц	Частота опроса данных, Гц	Эффективная разрядность АЦП	Чувствительность, велосиграф – отсчет/(м/с)
Нарочь	SDAS+CM-3-OC	VH(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	VH(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	VH(N,E,Z)v	0.1–10	100	16	$1.3 \cdot 10^5$
Могилев	SDAS+CM-3-KB	VH(N,E,Z)v	0.1–10	100	16	$1.3 \cdot 10^5$
Солигорск	CSD-20+CM-3-KB	VH(N,E,Z)v	0.01–10	20	16	$5.8 \cdot 10^8$

В течение 2008 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 [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 $N=35$ [6]. Из них три наименьших имеют $K_p=5.0$, наибольшее – 8.2. Самые слабые землетрясения зафиксированы 19 июля в 07^h52^m , 14 августа в 23^h49^m и 25 октября в 13^h23^m , самое сильное ($K_p=8.2$) – 21 февраля в 08^h22^m . Карта эпицентров всех событий показана на рис. 1.

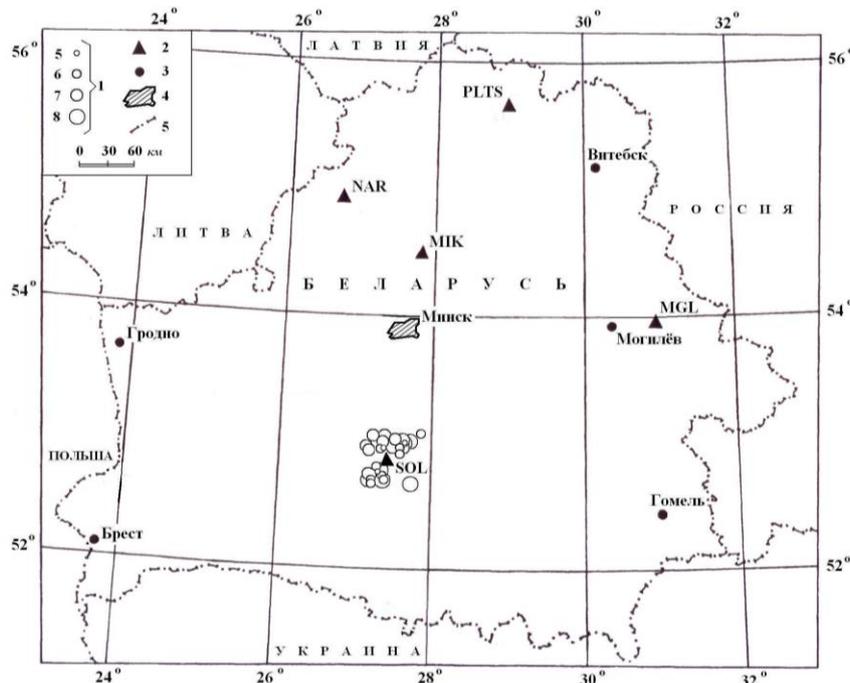


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Беларуси и эпицентры сейсмических событий за 2008 г.

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 2008 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	1	2		4	0.0661	VIII	1	1			2	0.0017
II	1	1	1	1	4	0.1720	IX	1	1	1		3	0.0218
III	2	1	1		4	0.0074	X	2				2	0.0004
IV	2	1			3	0.0013	XI	1	1	1		3	0.0107
V	2	1	1		4	0.0168	XII		1			1	0.0006
VI	1	1			2	0.0023	Всего	15	11	7	2	35	0.4276
VII	1	1		1	3	0.1265							

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

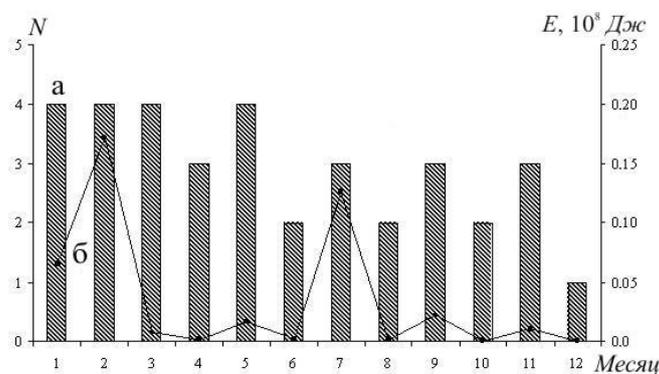


Рис. 2. Распределение числа сейсмических событий (а) и выделившейся энергии (б) за 2008 г.

Сопоставление данных 2008 г. с долговременными средними оценками N и ΣE за период 1983–2007 гг. (табл. 4) показало, что уровень выделившейся в 2008 г. сейсмической энергии, равный $0.428 \cdot 10^9 \text{ Дж}$, ниже такового ($0.815 \cdot 10^9 \text{ Дж}$) в 2007 г. в 1.9 раза, и в 6.6 раза ниже среднего его значения за 25 лет ($\Sigma E=2.809 \cdot 10^9 \text{ Дж}$). Число событий 2008 г. ($\Sigma N=35$) сравнимо с таковым в 2007 г. ($\Sigma N=34$), но меньше его среднего долговременного значения ($\Sigma N=46$) в 1.3 раза. В целом по региону наблюдается спад сейсмической активности, наметившийся с 2000 г., с небольшим увеличением в 2005 и 2007 гг. (рис. 3).

Таблица 4. Годовые значения числа событий разных энергетических классов K_p и их суммарной сейсмической энергии на территории Беларуси за 1983–2007 гг. и 2008 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

Год	K_p						N_{Σ}	$\Sigma E, 10^9 \text{ Дж}$
	4	5	6	7	8	9		
1996		1	4	23	45		73	8.080
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
2007		3	12	12	7		34	0.815
Сумма	5	122	280	381	359	3	1150	70.224
Среднее за 25 лет	0.20	4.88	11.20	15.24	14.36	0.12	46.0	2.809
2008		15	11	7	2		35	0.428

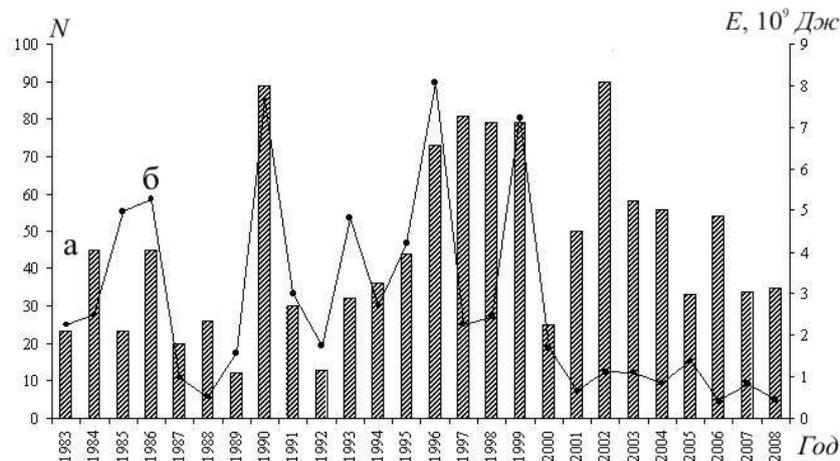


Рис. 3. Распределение числа сейсмических событий (а) и суммарной выделившейся энергии (б) по годам с 1983 по 2008 г.

В реальном времени все 35 событий за 2008 г. развернуты по временной оси на рис. 4, на котором видны два периода затишья с третьей декады января до середины февраля и с середины июня по первую декаду июля. Первый завершился событием (1) с $K_p=8.2$, зарегистрированным 21 февраля в $08^{\text{h}}22^{\text{m}}$, второй – событием (2) от 10 июля в $05^{\text{h}}43^{\text{m}}$ с $K_p=8.1$. Период активности наблюдался с января до середины июня с упомянутым выше наибольшим ($K_p=8.2$) землетрясением (1) за 21 февраля в $08^{\text{h}}22^{\text{m}}$ [6].

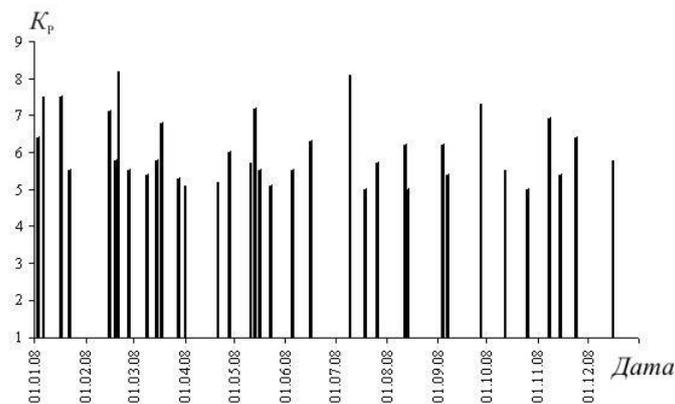


Рис. 4. Распределение во времени сейсмических событий разных классов K_p в 2008 г.

Распределение всех сейсмических событий за 2008 г. по часовым интервалам за сутки показано на рис. 5. На графике видны периоды повышения числа событий в ночное время – 22^h и 23^h, в дневное время – 13^h.

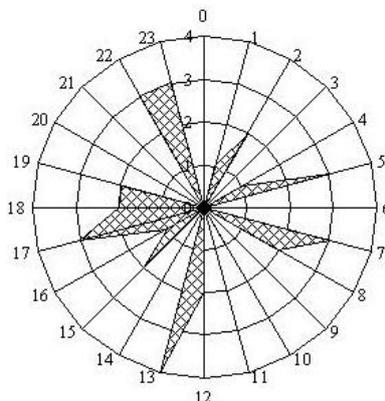


Рис. 5. Распределение сейсмических событий по часам суток в 2008 г.

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, 2007. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 236–241.
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.), Ацута О.Н., Аронов В.А. (сост.). Каталог землетрясений Беларуси за 2008 г. (N=35). (См. Приложение к наст. сб. на CD).