

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 2005 г. проводились на станциях «Минск», «Нарочь», «Солигорск», «Глушкевичи» (рис. 1), расположение которых осталось прежним [1]. Однако сейсмическая станция «Глушкевичи» была закрыта 10 мая 2005 г. в связи с неудовлетворительными техногенными условиями (вблизи от станции возобновилась разработка карьера гранитного камня). Параметры сейсмических станций по состоянию на 2005 г. приведены в табл. 1, 2.

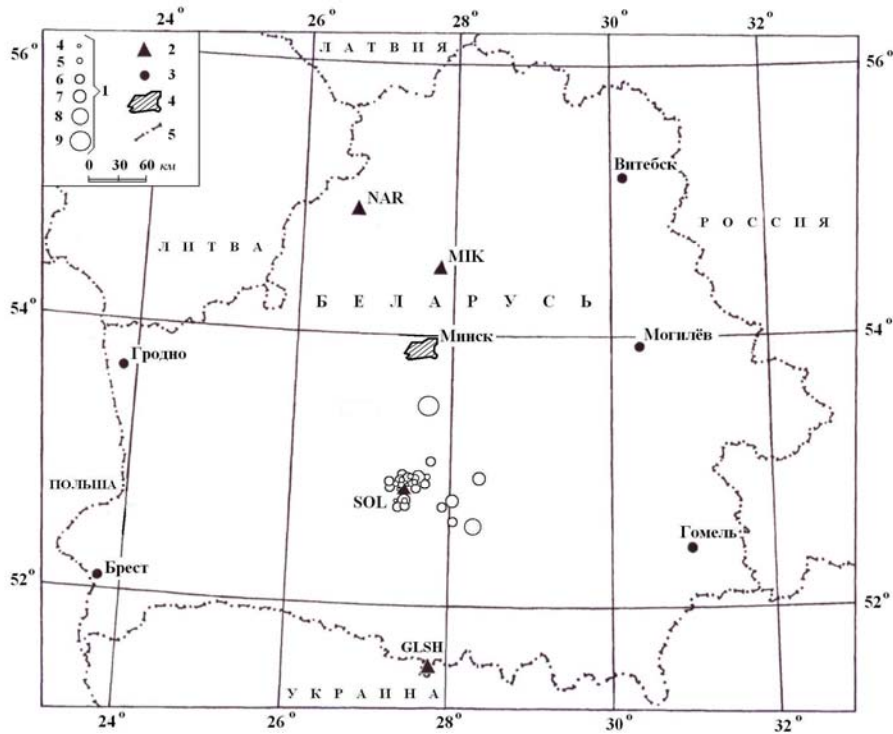


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Беларуси и область эпицентров сейсмических событий за 2005 г.

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

Таблица 1. Сейсмические станции Беларуси (в хронологии их открытия), работавшие в 2005 г., и их параметры

| № | Станция | | Дата | | Координаты | | | Аппаратура | | | |
|---|-------------------|-----|------------|----------|--------------------|--------------------|----------|-------------|------------|-----------|---------------------|
| | Название | Код | открытия | закрытия | φ°, N | λ°, E | $h_y, м$ | Тип прибора | КомпONENTА | V_{max} | $\Delta T_{max}, с$ |
| 1 | Минск (Плещеницы) | MIK | 03.01.1963 | | 54.50 | 27.88 | 196 | ССМ-СКМ | N | 8170 | 0.97–1.6 |
| | | | | | | | | | E | 8460 | 1.16–1.7 |
| | | | | | | | | ССМ-СКД | Z | 9430 | 1.14–1.5 |
| | | | | | | | | | N | 480 | 1.71–13.9 |
| | | | | | | | | | E | 490 | 1.74–11.0 |
| | | | | | | | | | Z | 560 | 1.24–13.6 |
| | | | 05.06.2002 | | | | | | | SDAS | |

| № | Станция | | Дата | | Координаты | | | Аппаратура | | | | | | | |
|---|------------|------|------------|------------|--------------------|--------------------|----------|-------------|-------------|-----------|---------------------|----------|----------|-----------|-----------|
| | Название | Код | открытия | закрытия | φ°, N | λ°, E | $h_y, м$ | Тип прибора | Комп- нента | V_{max} | $\Delta T_{max}, с$ | | | | |
| 2 | Нарочь | NAR | 17.08.1979 | 30.09.1989 | 54.92 | 26.73 | 167 | ССМ-СКМ | N | 15930 | 0.70–0.9 | | | | |
| | | | 01.10.1989 | | 54.90 | 26.78 | 189 | | | ССМ-СКД | E | 8720 | 0.79–1.1 | | |
| | | | | | | | | | | | Z | 19180 | 0.78–1.0 | | |
| | | | | | | | | | | | N | 1300 | 1.13–8.8 | | |
| | | | | | | | | | | | | ССМ-СД | E | 910 | 2.10–10.5 |
| | | | | | | | | | | | Z | | 1300 | 2.23–10.1 | |
| | | | | | | | | | | | N | | 110 | 3.18–26.9 | |
| | | | | | | | | | | | | ССМ-КПЧ | E | 80 | 3.40–22.1 |
| | | | | | | | | | | | Z | | 160 | 2.95–32.8 | |
| | | | | | | | | | | | N | | 110 | 2.45–28.8 | |
| | | | | | | | | E | 80 | 4.11–18.0 | | | | | |
| | | | | | | | | Z | 160 | 3.14–25.7 | | | | | |
| | | | 01.01.1998 | | | | | | CSD-20 | | | | | | |
| | | | 28.11.2002 | | | | | | SDAS | | | | | | |
| 3 | Солигорск | SOL | 01.01.1983 | | 52.75 | 27.78 | –436 | ССМ-СКМ | N | 32510 | 0.37–0.9 | | | | |
| | | | 00.01.1998 | | 52.84 | 27.47 | –436 | | | E | 8100 | 0.33–0.7 | | | |
| | | | | | | | | | | Z | 25190 | 0.46–1.0 | | | |
| 4 | Глушкевичи | GLSH | 25.04.2003 | 10.05.2005 | 51.54 | 27.80 | 100 | | | CSD-20 | | | | | |

Таблица 2. Данные об аппаратуре цифровых станций в 2005 г.

| Название станции | Тип АЦП и сейсмометра | Перечень каналов | Частотный диапазон, Гц | Частота опроса данных, Гц | Эффективная разрядность АЦП | Чувствительность, велосигграф – 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 | $1.3 \cdot 10^5$ |
| Минск | SDAS+CM-3-OC | LH(N, E, Z) v | 0.02–10 | 20 | 16 | $1.3 \cdot 10^4$ |
| | | BH(N, E, Z) v | 0.02–10 | 20 | 16 | $1.3 \cdot 10^5$ |
| Глушкевичи | CSD-20+SL-210 | 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 2005 г. сейсмичность на территории Беларуси проявилась, как и ранее [1], в южной 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]:

$$K_p = 4 + 1.8 M.$$

Карта эпицентров всех событий показана на рис. 1. Общее число зарегистрированных событий составило $N=33$ [6]. Из них наименьшее имеет $K_p=4.1$, наибольшее – $K_p=9.1$ для толчков, зарегистрированных 9 февраля в 17^h41^m и 13 мая в 16^h18^m соответственно. Землетрясение с $K_p=9.1$ произошло в 33 км к западу от г. Марьино Горка и в 31 км к северо-востоку от г. Узды. Эпицентр располагался в Минской области, в Пуховичском районе, в 4 км к западу от с. Сергеевичи в болотисто-лесном массиве. Каких-либо ощущений на поверхности не наблюдалось. С тектонической позиции эпицентр расположен к северо-западу от Стоходско-Могилевского и Борисовского разломов доплатформенного заложения. Землетрясение приурочено к Минской сейсмогенной зоне и входящей в ее состав Борисовской сейсмогенной подзоне, в пределах которой могут возникать землетрясения с магнитудой $M_{max}=3.7$ [7]. По данным ре-

гионального каталога [8], инструментально зарегистрированные землетрясения с $K_p \geq 9.0$ происходили вблизи ($\Delta < 80$ км) г. Солигорск в 1978, 1983 и 1985 гг. (табл. 3) [7–11].

Таблица 3. Основные сведения об инструментально зарегистрированных землетрясениях с $K_p \geq 9.0$ на территории Беларуси

| № | Дата | t_0 , ч мин с | Эпицентр | | h , км | K_p | M | I_0 , балл | Район эпицентра |
|---|------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------|-------|-----|-----------------|--|
| | | | φ°, N | λ°, E | | | | | |
| 1 | 10.05.1978 | 09 05 00 | 52.80 | 27.70 | 10 | 9.0 | 3.0 | 4–5 | г. Солигорск и его окрестности (д. Кулаки) |
| 2 | 01.12.1983 | 21 26 34 | 52.95 | 27.81 | 7 | 9.0 | 2.8 | 4–5 | в 3 км к югу от н. п. Повстынь и в 40 км к северо-востоку от г. Солигорска |
| 3 | 17.10.1985 | 01 32 24 | 52.90 | 28.40 | 7 | 9.5 | 3.1 | 3–4 | в 10 км к западу от г. Глуска и в 70–80 км к северо-востоку от г. Солигорска |

Распределение числа сейсмических событий по энергетическим классам и суммарной выделившейся сейсмической энергии по месяцам представлено в табл. 4.

Таблица 4. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам K_p и суммарная сейсмическая энергия ΣE за январь–декабрь 2005 г.

| Месяц | K_p | | | | | | N_Σ | ΣE , 10^8 Дж |
|-------|-------|---|---|---|---|---|------------|---------------------------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | |
| I | 1 | 2 | 1 | 1 | | | 5 | 0.01222 |
| II | 1 | 1 | 1 | | | | 3 | 0.00327 |
| III | | | 1 | | | | 1 | 0.00063 |
| IV | | 1 | | | | | 1 | 0.00013 |
| V | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 4 | 1.26001 |
| VI | | 1 | | 1 | 1 | | 3 | 0.05649 |
| VII | | 1 | | | | | 1 | 0.00004 |

| Месяц | K_p | | | | | | N_Σ | ΣE , 10^8 Дж |
|-------|-------|---|----|---|---|---|------------|---------------------------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | |
| VIII | | 1 | 3 | | | | 4 | 0.00611 |
| IX | | | 3 | | | | 3 | 0.00414 |
| X | | 1 | 1 | | | | 2 | 0.00178 |
| XI | | | 2 | 1 | | | 3 | 0.00648 |
| XII | | | 1 | 2 | | | 3 | 0.03863 |
| Всего | 3 | 9 | 14 | 5 | 1 | 1 | 33 | 1.38984 |

Рассматривая ход сейсмического процесса в течение года, можно отметить, что максимумы высвобождения сейсмической энергии приходятся на май–июнь (диапазон энергетических классов $K_p=4-9$), а максимумы числа событий N – на январь, май и август. Минимальные значения выделившейся энергии приходятся на апрель и июль, а для числа событий – март–апрель и июль (рис. 2).

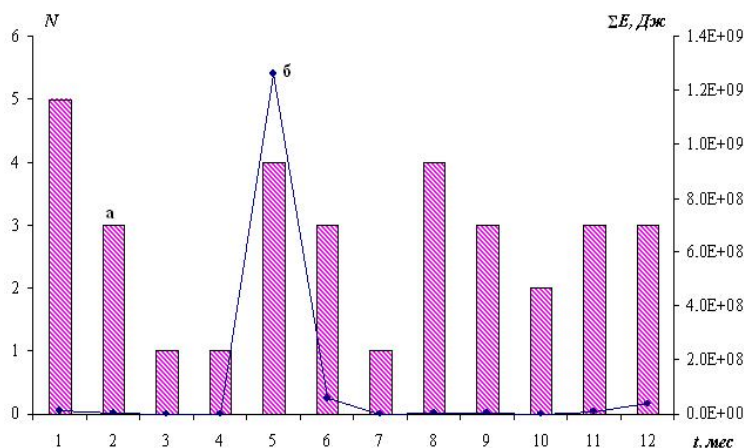


Рис. 2. Распределение числа сейсмических событий (а) и выделившейся энергии (б) за 2005 г.

Сопоставление данных 2005 г. с долговременными средними оценками N и ΣE за период 1983–2004 гг. (табл. 5) показало, что уровень выделившейся в 2005 г. сейсмической энергии выше такового в 2004 г. в 1.7 раза, но в 2.3 раза ниже среднего его значения за 22 года ($\Sigma E=3.15 \cdot 10^9$ Дж). Число событий в 2005 г. в 1.7 раз меньше, чем в 2004 г., и в 1.4 раза меньше его среднего долговременного значения $\bar{N}=47.3$.

Таблица 5. Годовые значения числа событий разных энергетических классов K_p и их суммарной сейсмической энергии на территории Беларуси за 1983–2004 гг. и 2005 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 |
| 2004 | | 22 | 16 | 14 | 4 | | 56 | 0.8 |
| Среднее за 22 года | 0.091 | 6.93 | 10.55 | 16.27 | 16.67 | 0.091 | 47.32 | 3.15 |
| 2005 | 3 | 9 | 14 | 5 | 1 | 1 | 33 | 1.39 |

В целом в исследуемом районе суммарная сейсмическая энергия находится на низком уровне уже шесть лет, начиная с 2000 г., в то время как число землетрясений с 2000 по 2002 г. возросло, затем виден спад (рис. 3).

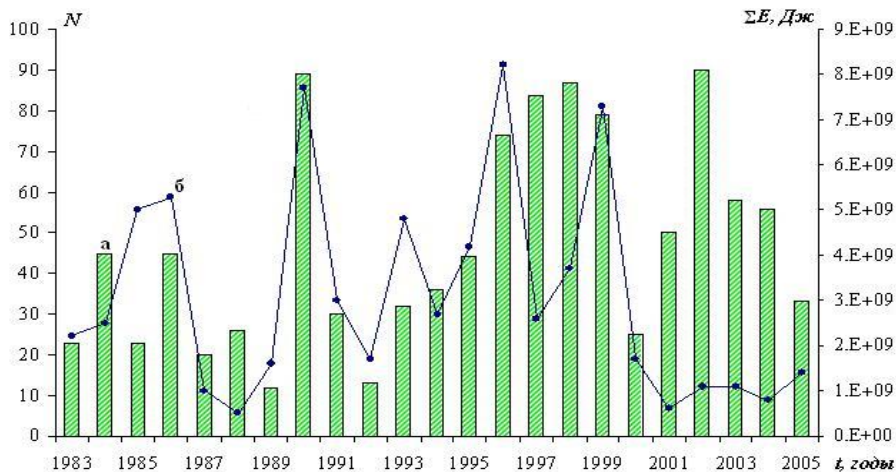


Рис. 3. Распределение числа сейсмических событий (а) и суммарной выделившейся энергии (б) по годам за 1983– 2005гг.

В реальном времени все 33 события за 2005 г. изображены условными масштабными прямыми по временной оси на рис. 4, на котором видны периоды затишья со второй декады февраля до конца марта, со второй декады апреля по первую мая и с третьей декады июля по вторую августа. Период активности наблюдался в мае–июне.

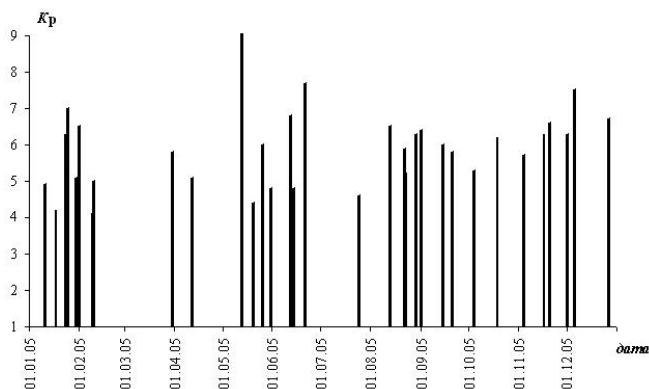


Рис. 4. Распределение во времени сейсмических событий разных классов K_p в 2005 г.

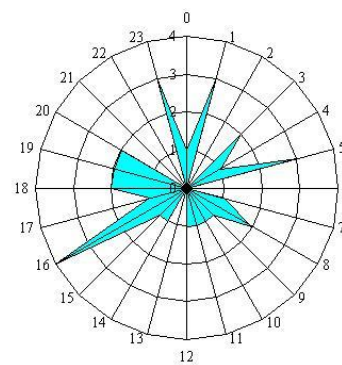


Рис. 5. Распределение сейсмических событий по часам суток в 2005 г.

Распределение всех сейсмических событий за 2005 г. по часовым интервалам за сутки показано на рис. 5. На графике видны периоды повышения числа событий в ночное время в 23^h, 1^h и 5^h, в дневное время – в 16^h.

В тектоническом плане основная часть событий, зарегистрированных в 2005 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 [9–11]: сейсмические события группируются вдоль разломов различного направления или их звеньев, а также сконцентрированы в зонах их пересечения (рис. 6).

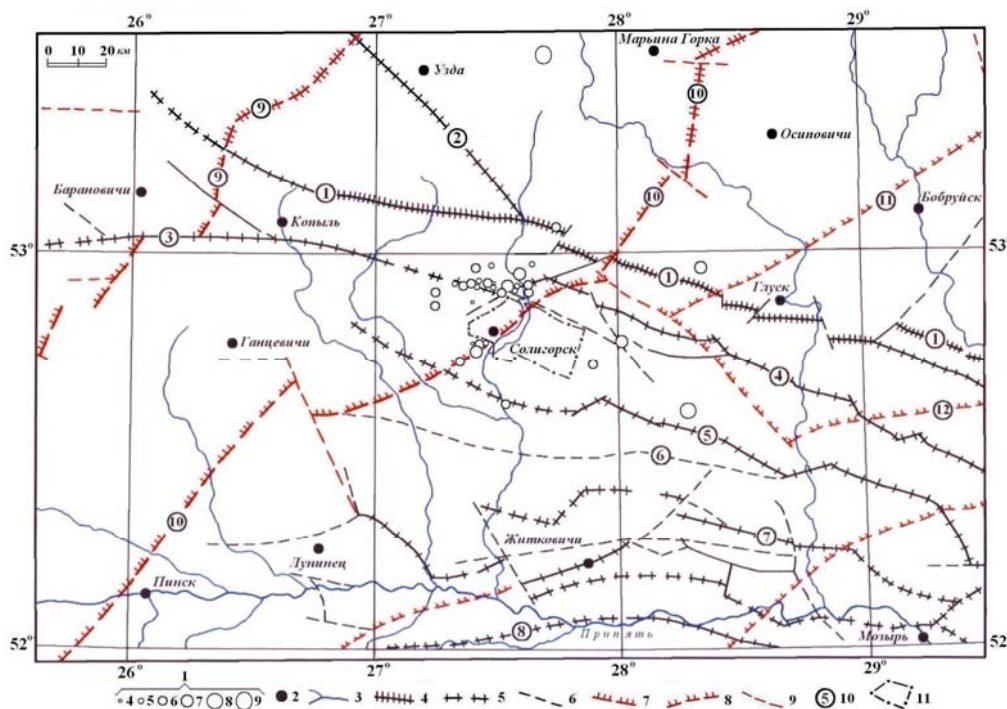


Рис. 6. Карта проявления сеймотектонических процессов в Припятском прогибе за 2005 г.

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 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., Кулич О.Н.** Беларусь // Землетрясения Северной Евразии, 2003 год. – Обнинск: ГС РАН, 2009. – С. 211–266.
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 2005 год ($N=35$). (См. Приложение г 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. **Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И.** Беларусь 1887–1997 гг. // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году: Каталоги землетрясений по регионам и территориям [Электронный ресурс] / Сборник научных трудов; отв. ред. О.Е. Старовойт. – Обнинск: 2003. – Электронные данные (CD-ROM).
9. **Аронова Т.И.** Особенности проявления сейсмотектонических процессов на территории Беларуси // Литасфера. – 2006. – № 2 (25). – С. 103–110.
10. **Аронов А.Г., Аронова Т.И.** Сейсмическая активность разломов // Разломы земной коры Беларуси. – Минск: Красико-Принт, 2007. – С. 331–340.
11. **Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И., Колковский В.М., Кулич О.Н.** Сейсмичность Беларуси // Природные ресурсы. – 2009. – № 2. – С. 90–97.