

БЕЛАРУСЬ

Т.И. Аронова, Г.А. Аронов, Т.А. Протасовицкая, В.А. Аронов

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

Аннотация. Представлен обзор сейсмичности территории Беларуси за год на основе данных двух аналоговых и 17 цифровых станций. Зарегистрировано 57 событий с $Kd=4.6-8.8$, все они проявились в южной части, включая Солигорский горнопромышленный район. Приведена карта эпицентров всех землетрясений. Представлена таблица распределения сейсмических событий по энергетическим классам Kd и сейсмической энергии по месяцам. Максимумы высвобождения сейсмической энергии приходятся на март, август, октябрь и ноябрь, а максимумы числа событий наблюдались в июле-августе и октябре-ноябре. Число событий в 2014 г. больше N_{cp} за период 1983–2013 гг. в 1.34 раза. Уровень выделившейся сейсмической энергии в 2014 г. выше такового в 2013 г. в 2.43 раза и ниже долговременного среднего значения ΣE_{cp} за 1983–2013 гг. в 2.05 раза. Распределение числа землетрясений по интервалам глубин показало, что в основном очаги землетрясений локализованы в верхних слоях земной коры до 20 км, однако на глубинах выше 10 км находятся очаги 47 событий. Рассчитан наклон графика повторяемости для диапазона представительных энергетических классов $Kd=6-8$ за 2014 г., который равен по модулю $\gamma=|0.48|$, что немного ниже этого показателя $\gamma=|0.5|$ за 2013 г. Представлено распределение всех событий за 2014 г. в реальном времени, определены периоды затишья и активизации сейсмического процесса. Реализация сейсмических событий по часовым интервалам показала периоды повышения числа событий в ночное и дневное время. Определены максимальные и минимальные значения N из распределения сейсмических событий по дням недели. Анализ сейсмичности показал, что уровень сейсмической активности в 2014 г. повысился относительно такового в 2013 г., но остается ниже среднего за много лет.

Ключевые слова: сейсмическая станция, землетрясение, каталог, эпицентр, энергетический класс Kd по длительности записи, расчетная магнитуда.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.20

Для цитирования: Аронова Т.И., Аронов Г.А., Протасовицкая Т.А., Аронов В.А. Беларусь // Землетрясения Северной Евразии. – 2020. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – С. 208–215. doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.20

Введение. Территория Беларуси расположена на западе древней Восточно-Европейской платформы и, в соответствии с сеймотектоническим районированием, относится к слабоактивному региону [1]. Наблюдения за сейсмическими процессами проводит Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси. В тектоническом плане сейсмические события, зарегистрированные в 2014 г., приурочены к зоне сочленения северо-западной части Припятского прогиба и Белорусской антеклизы, включая Солигорский горнопромышленный район [2].

Сеть сейсмических станций. В 2014 г. наблюдения проводились на станциях «Минск» (MIK) и «Нарочь» (NAR), где установлены регистраторы сейсмических сигналов как аналоговых станций «ССМ», так и цифровых станций «SDAS» (Seismic digital acquisition station) российского производства, изготовленные фирмой «Геотех+» (г. Обнинск) [3] с широкополосными сейсмодатчиками СМ-3-ОС. Продолжили работу восемь станций Солигорской локальной сети: «Волоты» (VOL), «Тесово» (TES), «Устронь» (UST), «Чижовка» (CHJ), «Копачевичи» (KAP), «Новый луг» (NVL), «Махновичи» (MAH), «Листопадовичи» (LST) и семь станций Островецкой локальной сети: «Градовщица» (GRD), «Вадатишки» (VDT), «Бояры» (BOR), «Селище» (SEL), «Горная Каймина» (GRK), «Воробьи» (VRB), «Литвяны» (LTV). Расположение всех сейсмических станций показано на рис. 1. В наблюдательной сети произошли следующие изменения относительно [4]: 1 мая была закрыта сейсмическая станция «Могилёв» (MGL) и на пункте «Волоты» (VOL) 4 декабря произведена замена цифровой станции «SDAS» на цифровую станцию «Дельта-03».

На Солигорской и Островецкой локальных сетях непрерывные наблюдения проводились аппаратурой, состоящей из регистраторов сейсмических сигналов «Дельта-03» (изготовитель – фирма «ГЕОТЕХ», Россия [5]) и короткопериодных сейсмоприемников «Le 3DLite» (изготовитель – фирма «LENNARTZ», Германия [6]). Все цифровые станции работали в режиме on-line с непрерывной передачей информации через мобильную сеть в центр сбора информации в г. Минск.

Сведения о всех станциях и параметрах регистрирующей аппаратуры приведены в Приложении [7] к настоящему ежегоднику на CD.



Рис. 1. Сеть сейсмических станций Беларуси за 2014 г., внешняя рамка карты соответствует границе зоны ответственности территории Беларусь

1 – сейсмическая станция; 2 – город; 3 – г. Минск; 4 – государственная граница.

Методика обработки записей сейсмических событий.

Обработка землетрясений осуществлялась с помощью современных стандартных компьютерных программ, подробно изложенных в [8]. Телесеismicкие и региональные землетрясения обрабатывались с использованием современных стандартных компьютерных программ: WSG (система обработки

сейсмических данных), разработанной в Геофизической службе РАН [9], и пакета компьютерных программ из [10], разработанных и адаптированных в Центре геофизического мониторинга НАН Беларуси: IdSeism – идентификация сейсмических явлений: выделение телесеismicких, региональных, местных (локальных) событий и взрывов; UniViewer – визуальное отображение сейсмических данных от различных файлов: файлов станций «SDAS» и файлов типа DDB от станций «Дельта-03»; EmulEq – решение прямой задачи распространения сейсмических волн.

Программа HYPOSAT была адаптирована и использовалась в Центре для локализации местных сейсмических событий на станциях Солигорской локальной сети. По времени вступления *P*- и *S*-волн вычислялись очаговые параметры: время t_0 возникновения землетрясения, положение гипоцентра (φ , λ , h). При этом определяются как общая погрешность δt_0 по времени t_0 в очаге и погрешности $\delta\varphi^\circ$, $\delta\lambda^\circ$, δh – по положению гипоцентра (φ , λ , h), так и ошибка каждого отдельного вступления. Наряду с региональным годографом [11] в программе предусмотрено применение мирового годографа IASPEI [12].

Энергетический класс сейсмических событий Kd определялся по длительности колебаний на записи, где τ – длительность записи от начала колебаний до момента слияния с микросейсмами [8, 13]. Соотношение (1) между длительностью записи τ (сек) и энергетическим классом $K_P=Kd$ было получено экспериментально [8] в виде:

$$K_P=Kd=7.2 \lg\tau-6.8. \tag{1}$$

Определение расчетных магнитуд получено традиционно [4, 8] пересчетом из энергетических классов Kd по формуле Т.Г. Раутиан из [14], в предположении о возможности ее использования и для классов Kd :

$$M=(Kd-4)/1.8. \tag{2}$$

Каталог землетрясений. На территории Беларуси сейсмическими станциями в 2014 г. было зарегистрировано 57 землетрясений с $Kd=4.6-8.8$ с определением всех параметров [15]. Самое слабое землетрясение с $Kd=4.6$ зафиксировано 3 марта в 04^h31^m, а максимальное землетрясение с $Kd=8.8$ отмечено 18 ноября в 00^h19^m. Это землетрясение произошло в 20 км к северо-востоку от г. Солигорск на глубине $h=11$ км. Эпицентр находился в 1.5 км к юго-западу от д. Дарасино на заболоченной местности. Сведений об ощущениях сотрясений от жителей не поступало.

Анализ сейсмичности. Пространственное положение эпицентров землетрясений по территории Беларуси показало, что эпицентры располагаются в ее южной части. На западе, севере, востоке и в центральной части не было зарегистрировано ни одного землетрясения. На карте (рис. 2) изображены эпицентры землетрясений с классификацией по классам Kd .

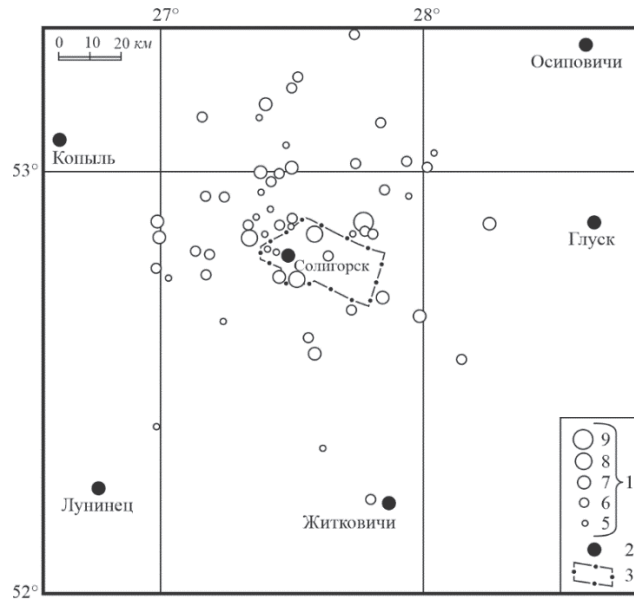


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений в южной части Беларуси за 2014 г.

1 – энергетический класс Kd ; 2 – город; 3 – граница шахтных полей Старобинского месторождения калийных солей.

Распределение числа сейсмических событий по энергетическим классам Kd и суммарной выделившейся сейсмической энергии по месяцам представлено в табл. 1.

Таблица 1. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам Kd и суммарная сейсмическая энергия ΣE за январь–декабрь 2014 г.

Месяц	Kd					N_{Σ}	$\Sigma E,$ 10^9 Дж
	5	6	7	8	9		
I	1	1	1	–	–	3	0.0284
II	1	3	–	–	–	4	0.0034
III	2	1	–	1	–	4	0.1021
IV	–	3	1	–	–	4	0.0100
V	1	2	1	–	–	4	0.0182
VI	1	3	1	–	–	5	0.0096
VII	3	2	1	–	–	6	0.0156
VIII	2	3	1	1	–	7	0.1328
IX	–	2	1	–	–	3	0.0217
X	2	2	1	1	–	6	0.1243
XI	2	3	–	–	1	6	0.6359
XII	1	2	2	–	–	5	0.0420
Всего	16	27	10	3	1	57	1.1439

Расположение очагов землетрясений по интервалам глубин показано в табл. 2. В основном очаги землетрясений (22) локализованы в верхних слоях земной коры $h=0-20 \text{ км}$, в слое $h=21-40 \text{ км}$ зафиксировано 26 событий, остальные (9) в слое $h=41-60 \text{ км}$. Число землетрясений с глубиной гипоцентров $h=0-30 \text{ км}$ (38) почти не изменилось по сравнению с таковым в 2013 г. (39) [4]. Из приведенной таблицы распределения глубин очагов следует отрицание приповерхностного характера сейсмичности в Солигорском горнопромышленном регионе, т.к. на глубинах $h>10 \text{ км}$ находится 82.46 % событий.

Таблица 2. Распределение числа землетрясений по интервалам глубин h в 2014 г.

$h_1-h_2, \text{ км}$	0–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	N_{Σ}
$N(h)$	10	12	16	10	6	3	57

График повторяемости землетрясений, характеризующий представительность регистрации в рассматриваемой области в 2014 г., построен по данным табл. 1 и представлен на рис. 3.

Параметры графика повторяемости, рассчитанные для диапазона представительных энергетических классов $Kd=6-8$, имеют вид (3):

$$\lg N = 4.309 - 0.477Kd \quad (3)$$

Наклон графика повторяемости землетрясений за 2014 г. составил по модулю $\gamma=|0.48|$.

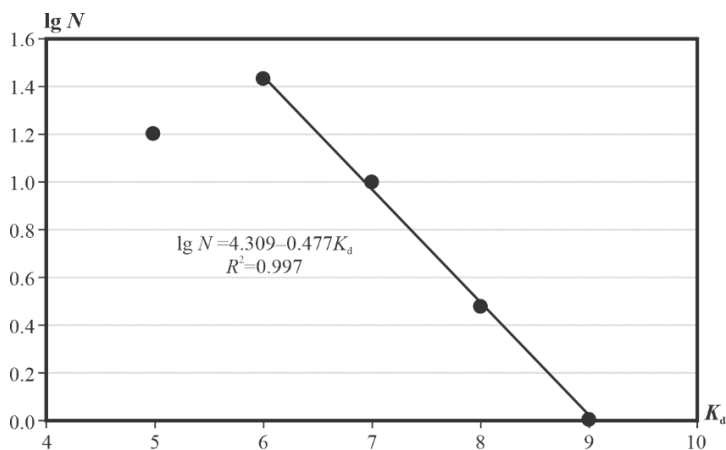


Рис. 3. График повторяемости землетрясений за 2014 г.

Рассматривая на рис. 4 ход сейсмического процесса в течение года, можно отметить, что максимум высвобождения сейсмической энергии приходится на ноябрь ($Kd=8.8$), а максимум числа событий N – на август. Минимальные значения выделившейся энергии приходятся на февраль, числа событий – на январь и сентябрь.

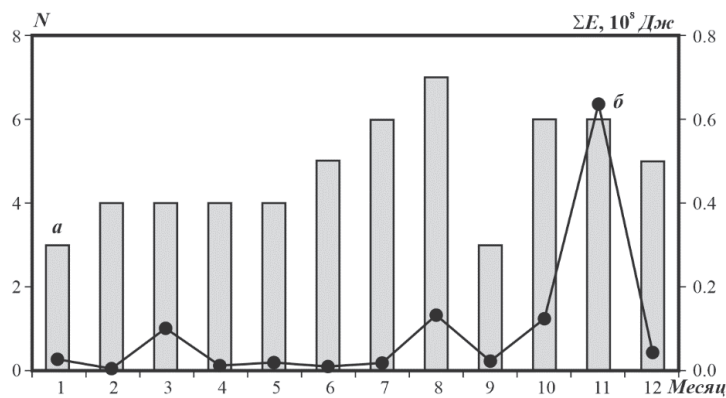


Рис. 4. Распределение числа сейсмических событий (а) и выделившейся энергии (б) за 2014 г.

Сопоставление данных 2014 г. с долговременными среднегодовыми оценками N_{Σ} и ΣE за период 1983–2013 гг. (табл. 3) показало, что уровень выделившейся в 2014 г. сейсмической энергии, равный $\Sigma E = 1.144 \cdot 10^9$ Дж, выше такового в 2013 г. ($\Sigma E = 0.470 \cdot 10^9$ Дж [4]) в 2.43 раза и в 2.05 раз ниже среднего его значения $\Sigma E_{\text{ср}} = 2.347 \cdot 10^9$ Дж за 31 год. Число событий 2014 г. ($N_{\Sigma} = 57$) больше в 1.33 раза, чем в 2013 г. ($N_{\Sigma} = 43$ [4]), и больше в 1.34 раза относительно его среднего долговременного значения, равного $N_{\Sigma \text{ср}} = 42.65$.

Таблица 3. Годовые значения числа событий разных энергетических классов Kp и их суммарной сейсмической энергии на территории Беларуси за 1983–2011 гг. и классов Kd по длительности записи за 2012–2014 гг.

Год	Kp						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 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
2007	–	3	12	12	7	–	34	0.815
2008	–	15	11	7	2	–	35	0.428
2009	–	1	8	17	5	–	31	0.796
2010	–	2	15	8	2	–	27	0.287
2011	–	4	11	3	1	–	19	0.299
	K_d							
2012	–	2	11	3	1	–	17	0.249
2013	–	9	20	12	2	–	43	0.470
Сумма	5	155	356	431	372	3	1322	72.753
Среднее за 31 год	0.16	5.00	11.48	13.90	12.00	0.10	42.65	2.347
2014	–	16	27	10	3	1	57	1.144

В целом по региону наблюдается спад суммарной сейсмической энергии после 1999 г. с $\Sigma E=7.227 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ с небольшими колебаниями до $\Sigma E=0.249 \cdot 10^9 \text{ Дж}$ в 2012 г., а также почти монотонный спад суммарного числа землетрясений с 2002 г. от $N_{\Sigma}=90$ до $N_{\Sigma}=17$ в 2012 г. (табл. 3, рис. 5). В 2013–2014 гг. намечился рост значений выделившейся суммарной сейсмической энергии и суммарного числа землетрясений. Следует отметить отсутствие устойчивой корреляции между этими двумя параметрами как в 2014, так и в 1983–2014 гг.

В реальном времени 57 событий за 2014 г. развернуты по временной оси на рис. 6, на котором видны четыре периода затишья: с третьей декады марта до второй декады апреля, со второй декады мая до конца мая, во второй половине октября и в середине декабря. Три периода активности наблюдались с середины января по вторую декаду марта (в этот период 14 марта зафиксировано землетрясение с $Kd=8.0$ [15]), с июня до середины октября (наблюдалось два землетрясения 11 августа с $Kd=8.1$ и 13 октября с $Kd=8.0$ [15]), с конца октября по первую декаду декабря, когда 18 ноября произошло наибольшее землетрясение с $Kd=8.8$ [15].

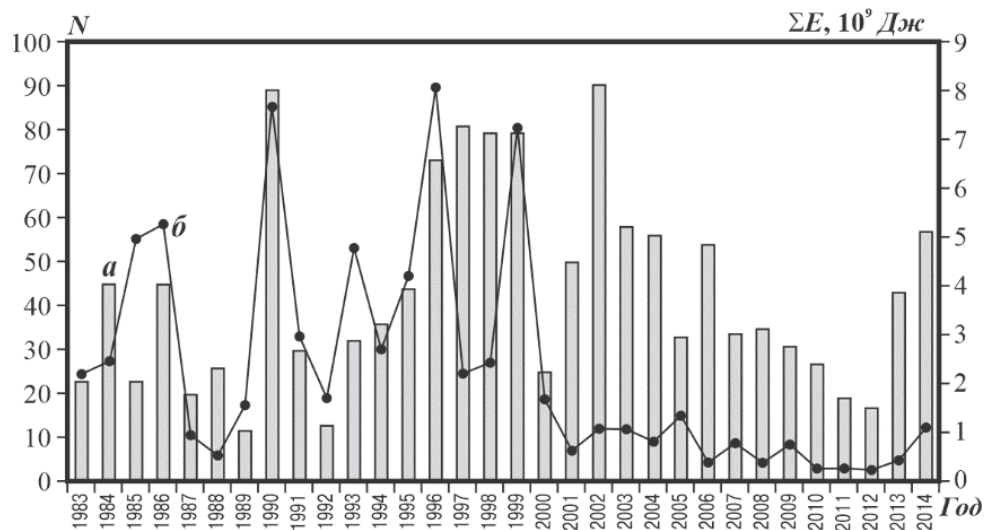


Рис. 5. Распределение числа сейсмических событий (а) и суммарной выделившейся энергии (б) по годам с 1983 г. по 2014 г.

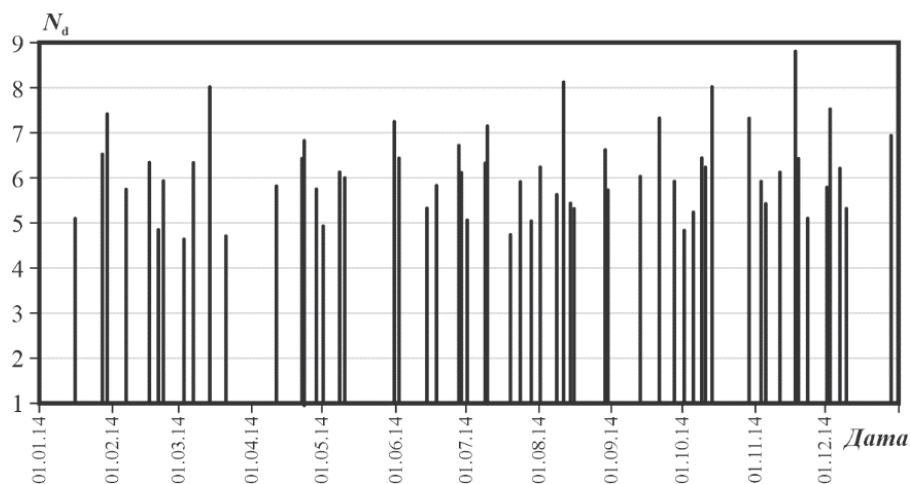


Рис. 6. Развертка сейсмических событий разных классов Kd по временной оси в 2014 г.

Распределение всех 57 событий за 2014 г. по часовым интервалам показано на рис. 7. На графике видны периоды повышения числа событий в ночное время – 03^h00^m , в дневное время – в 19^h00^m .

На рис. 8 показано распределение всех землетрясений за 2014 г. по дням недели, среди которых максимум с $N=9$ преобладает в понедельник, четверг, пятницу и субботу, минимум наблюдается во вторник с $N=6$.

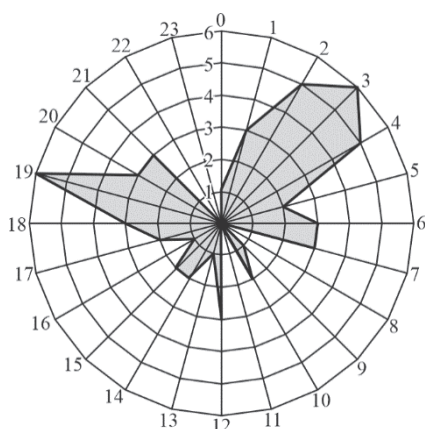


Рис. 7. Реализация сейсмических событий по часам суток в 2014 г.

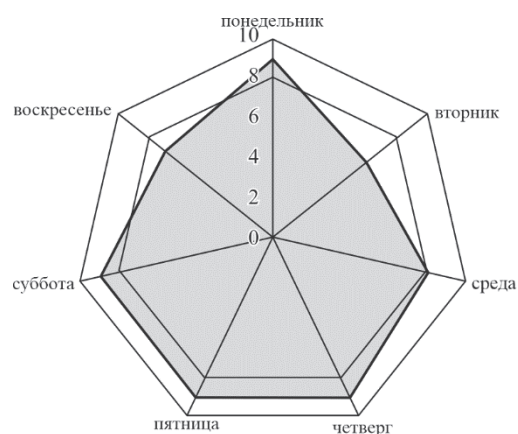


Рис. 8. Распределение сейсмических событий по дням недели в 2014 г.

Заключение. Обзор сейсмичности территории Беларуси за год представлен на основе анализа работы данных двух аналоговых и 17 цифровых станций. Все цифровые станции работали в режиме on-line с непрерывной передачей информации через мобильную сеть в центр сбора информации. Обработка зафиксированных сейсмических событий осуществлялась с помощью современных стандартных компьютерных программ.

В 2014 г. на территории Беларуси зарегистрировано 57 землетрясений с $Kd=4.6-8.8$. Землетрясение с наибольшим энергетическим классом $Kd=8.8$ произошло 18 ноября в 00^h19^m . По-прежнему природная сейсмическая активность наблюдается в южной части территории, включая Солигорский горнопромышленный район.

Анализ сейсмичности показал, что уровень сейсмической активности в 2014 г. повысился относительно такового в 2013 г., но остается ниже среднего за много лет.

Л и т е р а т у р а

1. Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И. Сейсмичность и сейсмоструктура // Сейсмоструктура плит древних платформ в области четвертичного оледенения / Под ред. Р.Г. Гарецкого, С.А. Несмеянова. – М.: «Книга и Бизнес», 2009. – С. 122–137.

2. Геология Беларуси / Под общ. ред. А.С. Махнача [и др.]. – Минск: ИГН НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
3. Результаты проведения комплексных сейсмологических и геофизических наблюдений и обработки данных на базе стационарных и мобильных сейсмических сетей // Отчет ЦОМЭ ГС РАН за 1999 год под общей ред. Д.Ю. Мехрюшева. – Обнинск: Фонды ГС РАН, 2000. – 87 с.
4. Аронова Т.И., Сероглазов Р.Р., Аронов Г.А., Ацута О.Н., Аронов В.А. Беларусь // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 22 (2013 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. – С. 240–246. doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.21
5. Регистратор сейсмических сигналов «Дельта-03». Руководство по эксплуатации. ИТЛЯ.416611.004 РЭ. – М.: 2007. – 20 с.
6. Техническая документация фирмы «Lennartz electronic GmbH». LE-xD Seismometer Family, DN: 990-0073. – Tübingen, Germany, 2012. – 30 с.
7. Сероглазов Р.Р., Колковский В.М., Аронов Г.А. (сост.). Сейсмические станции Беларуси в 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.
8. Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И., Колковский В.М., Аронов В.А., Ацута О.Н., Аронов Г.А. Беларусь // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – С. 218–227.
9. Акимов А.П., Красилов С.А., Пойгина С.Г. Система обработки сейсмических данных WSG // Электронный ресурс. – URL: ftp://ftp.gsras.ru/pub/wsg/WSG/DOC/WSG_adm.doc
10. Специальные работы по геофизическому мониторингу опасных геодинамических явлений и процессов за 2014 год // Отчет Центра геофизического мониторинга НАН Беларуси. – Минск: Фонды ЦГМ НАНБ, 2015. – 424 с.
11. Аронов А.Г. Региональные годографы сейсмических волн запада Восточно-Европейской платформы // Сейсмологический бюллетень. – Минск: ОКЖИОП, 1996. – С. 136–149.
12. Kennet B.L.N. (editor). IASPEI 1991 Seismological Tables. – Sydney: Research School of Earth Sciences Australian National University, 1991. – 167 p.
13. Маламуд А.С. Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений // Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений, Т. II. – М.: АН СССР, 1974. – С. 180–194.
14. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности (Труды ИФЗ АН СССР, № 9 (176)). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
15. Аронова Т.И. (отв. сост.), Ацута О.Н., Аронов В.А. Каталог землетрясений Беларуси за 2014 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 23 (2014 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2020. – Приложение на CD-ROM.

BELARUS

T.I. Aronova, G.A. Aronov, T.A. Protasovitskaya, V.A. Aronov

*Centre of Geophysical Monitoring of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Belarus, centr@cgm.org.by*

Abstract. The review of annual seismicity in the territory of Belarus based on the data of two analog and seventeen digital stations is presented. 57 events with $Kd=4.6-8.8$ are recorded, all of them are located in the southern part of the territory, including the Soligorsk mining area. The maximum seismic energy released in March, August, October and November. The maximum number of earthquakes was observed from July to August and from October to November. The $N(K)$ and ΣE functions in 2014 were compared with those within 1983–2013. The number of events in 2014 is 1.34 times more than its average value for previous 31 years. The level of the seismic energy released in 2014 is 2.43 times more than in 2013 and 2.05 times lower than its long-time average value. The distribution of earthquakes by depth intervals showed that the earthquake foci are mostly located in the upper 20 km part of the Earth's crust. However, the foci of 47 earthquakes are located at depths below 10 km. A slope of the graph showing the recurrence of the events with representative energy classes $Kd=6-8$ in 2014 was calculated. Its modulus $\gamma=|0.48|$ is lower than the value $\gamma=|0.5|$ in 2013. The distribution of all the events in 2014 is represented in real time. Quiet seismic periods and seismic activation periods were determined. The distribution of the seismic events by the hourly intervals showed the periods of the daytime and nighttime increase of the seismic event number. The maximum and minimum values N in the seismic event distribution by the days of the week were determined. The seismicity analysis has shown that the seismic activity level in 2014 was higher than that in 2013, but lower than its long-time average value.

Keywords: seismic station, earthquake, catalogue, epicenter, energy class, magnitude.

DOI: 10.35540/1818-6254.2020.23.20

For citation: Aronova, T.I., Aronov, G.A., Protasovitskaya, T.A., & Aronov, V.A. (2020). [Belarus]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), 208–215. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2020.23.20

References

1. Aronov, A.G., Seroglazov, R.R., & Aronova, T.I. (2009). [Seismicity and seismotectonics]. In *Seismotektonika plit drevnikh platform v oblasti chetvertichnogo oledeneniia* [Seismotectonics of the Plates of the Old Platforms within an Area of the Quarternary Glaciation] (pp. 122–137). Moscow, Russia: Kniga i Biznes Publ. (In Russ.).
2. Makhnach, A.S., Goretsky, G.I., Matvejeva, A.V., & Anoshko, J.I. (2001). *Geologiya Belarusi* [Geology of Belarus]. Minsk, Belarus: The Institute of Geological Science Publ., 815 p. (In Russ.).
3. [Results of complex seismological and geophysical observations and data processing on the basis of the stationary and mobile seismic networks] (2000). In *Otchet COME GS RAN za 1999 god pod obshchej redaktsiyei D.Ju. Mehrjusheva* [Report of CEME GS RAS for 1999, D.Yu. Mehryushev, General Editor]. Obninsk, Russia: Funds of GS RAS., 87 p. (In Russ.).
4. Aronova, T.I., Seroglazov, R.R., Aronov, G.A., Atsuta, O.N., & Aronov, V.A. (2019). [Belarus]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), 240–246. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.21.
5. *Registrator seismicheskikh signalov "Delta-03". Rukovodstvo po ekspluatatsii ITLIA. 416611.004 RE.* [Seismic signal recorder "Delta-03". Operations Manual]. (2007). Moscow, Russia, 20 p. (In Russ.).
6. *Technical Documentation «Lennartz electronic GmbH»* (2012). LE-xD Seismometer Family, DN: 990-0073. Tübingen, Germany, 30 p. (In Russ.).
7. Seroglazov, R.R., Kolkovsky, V.M., & Aronov, G.A. (2020). [Seismic Stations of Belarus in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).
8. Aronov, A.G., Seroglazov, R.R., Aronova, T.I., Kolkovsky, V.M., Aronov, V.A., Atsuta, O.N., & Aronov, G.A. (2018). [Belarus]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 21(2012), 218–227. (In Russ.).
9. Akimov, A.P., Krasilov, S.A., & Poygina, S.G. (2007). [Seismic Data Processing System WSG]. Retrieved from ftp://ftp.gsras.ru/pub/wsg/WSG/DOC/WSG_adm.doc
10. [Special works on geophysical monitoring of dangerous geodynamic phenomena and processes in 2014]. (2015). In *Otchet Tsentra geofizicheskogo monitoringa NAN Belarusi* [Report of the Centre of Geophysical Monitoring of the NAS of Belarus]. Minsk, Belarus: Funds of CGM NASB., 424 p. (In Russ.).
11. Aronov, A.G. (1996). [Regional Travel-Time Curves of Seismic Waves of the East European Platform West]. *Seismologicheskii biulleten'* [Seismological Bulletin] (pp. 136–149). Minsk, Belarus. (In Russ.).
12. Kennet, B.L.N. (1991). IASPEI 1991 Seismological Tables. Sydney: Research School of Earth Sciences Australian National University.
13. Malamud, A.S. (1974) [The use of the oscillation duration for the energy classification of earthquakes]. In *Magnituda i energeticheskaya klassifikaciya zemletrjasenij, T. II* [Magnitude and the energy classification of the earthquakes, vol. II] (pp. 180–194). Moscow: USSR Academy of Sciences Publ. (in Russ.).
14. Rautian, T.G. (1960) [Energy of the Earthquakes] In *Metody detal'nogo izucheniya seismichnosti. Trudy IFZ ANSSSR, 9(176)*. [Methods of Detailed Study of the Seismicity. Proceedings of the IFZ SA USSR № 9(176)] (pp. 75–114). Moscow, IFZ AN SSSR. (In Russ.).
15. Aronova, T.I., Atsuta O.N., & Aronov, V.A. (2020). [Catalogue of the Earthquakes of Belarus in 2014]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 23(2014), Appendix on CD. (In Russ.).