

БЕЛАРУСЬ

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

*Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси,
г. Минск, centr@cgm.org.by*

Аннотация. Представлен обзор сейсмичности территории Беларуси за год на основе данных двух аналоговых и 15 цифровых станций. Всего зарегистрировано 17 событий с $Kd=5.0-8.2$, которые проявились в южной части, включая Солигорский горнопромышленный район. Приведена карта эпицентров всех событий и таблица распределения по месяцам. Описано сравнение функции $N(K)$ за 2012 г. с таковыми за 1983–2011 гг. Уровень выделившейся сейсмической энергии в 2012 г. в 1.2 раза ниже, чем в 2011 г. и в 9.98 раз ниже среднего значения за 29 предыдущих лет. Дано распределение числа событий по энергетическим классам и суммарной сейсмической энергии по месяцам в 2012 г., а также в целом за 30 лет (с 1983 по 2012 г.). Представлено распределение всех событий за 2012 г. в реальном времени, по часовым интервалам и дням недели.

Abstract. The annual review of seismicity in the territory of Belarus based on the data of two analog and 15 digital stations is given. In all 17 events with $Kd=5.0-8.2$ were recorded, and these were confined to the southern part of the territory, the Soligorsk mining area included. The map of epicenters of all the events and the table showing their distribution by months are presented. The $N(K)$ function for 2012 was compared with those for 1983–2011. The level of the seismic energy released in 2012 is 1.2 times lower that of 2011 and 9.98 times lower than its average value for previous 29 years. The distribution of the events in accordance with their energy classes and total seismic energy by months in 2012 and also over the period of 30 years since 1983 till 2012 was made. The distribution of all the events in 2012 is presented in real time, hourly intervals and in days of week.

Территория Беларуси расположена на западе древней Восточно-Европейской платформы (рис. 1) и, в соответствии с сеймотектоническим районированием [1], относится к слабо-активному региону. В тектоническом плане сейсмические события, зарегистрированные в 2012 г., приурочены к зоне сочленения северо-западной части Припятского прогиба и Белорусской антеклизы, включая Солигорский горнопромышленный район [2].

Сеть сейсмических станций. Сейсмологические наблюдения на территории Беларуси в 2012 г. проводились на станциях «Минск» (МИК), «Нарочь» (NAR), «Полоцк» (PLTS), «Могилёв» (MGL), «Солигорск 3» (SOL_3), «Волоты» (VOL), «Тёсово» (TES), «Устронь» (UST), расположение которых осталось прежним [3]. 28 апреля была закрыта станция «Солигорск 3», с 1 июля прекратила работу станция «Полоцк».

В конце мая были открыты семь новых станций в Островецком районе Гродненской области: «Градовщица» (GRD), «Вадатишки» (VDT), «Бояры» (BOR), «Селище» (SEL), «Горная Каймина» (GRK), «Воробьи» (VRB) и «Литвяны» (LTV) (рис. 1). Непрерывные наблюдения на этих станциях проводились аппаратурой, состоящей из регистраторов сейсмических сигна-

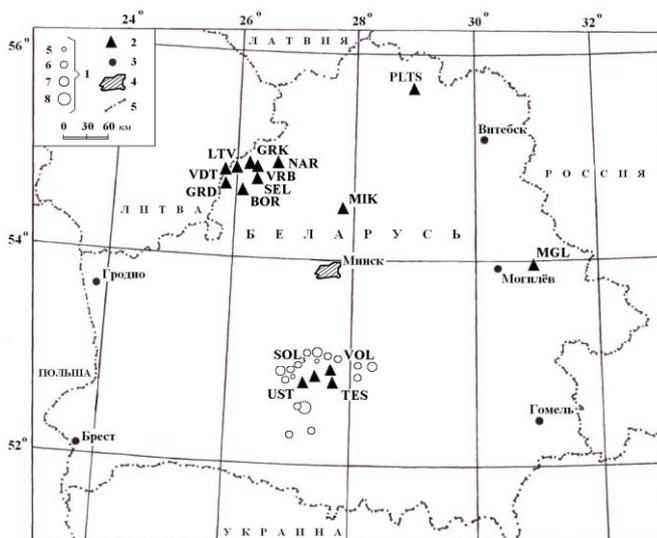


Рис. 1. Сеть сейсмических станций Беларуси и область эпицентров сейсмических событий за 2012 г.

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

лов «Дельта-03» (изготовитель – фирма «ГЕОТЕХ», Россия [4]) и короткопериодных сейсмоприемников «Le 3DLite» (изготовитель – фирма «LENNARTZ», Германия [4]).

Сведения обо всех станциях и параметрах регистрирующей аппаратуры приведены в Приложении [5] к настоящему ежегоднику на CD.

Формирование Островецкой локальной сети станций началось в 2008 г. в связи с началом строительства Белорусской АЭС. Основная цель системы сейсмологического мониторинга в районе расположения площадки Белорусской АЭС заключается в следующем: уточнение влияния удаленных землетрясений на сейсмичность площадки АЭС; определение наличия (или отсутствия) современной местной сейсмичности и ее параметров; уточнение параметров сейсмической активности геоструктур; уточнение оценок сейсмичности площадки АЭС для уровней ПЗ и МРЗ. При этом в процессе проведения наблюдений должны быть решены следующие задачи: регистрация удаленных и региональных землетрясений; надежная регистрация близких и местных сейсмических событий, микроземлетрясений; определение природы сейсмического события (эндогенные, экзогенные, техногенные сейсмические события (взрывы, карьерные взрывы)); регистрация микросейсм и определение параметров микросейсмического фона; определение параметров зарегистрированных землетрясений и микроземлетрясений (координаты эпицентра, глубина очага, локальная магнитуда); составление каталогов удаленных, региональных, близких и местных землетрясений, списка техногенных сейсмических событий; привязка зарегистрированных местных землетрясений к ранее выявленным потенциально сейсмоопасным участкам разломов; определение вариаций характера микросейсм в зонах разломных нарушений; выявление, уточнение положения зон ВОЗ относительно площадки, уточнение параметров зон ВОЗ; определение наиболее активных локальных участков земной коры и тектонических структур, отслеживание изменений, которые могут быть вызваны антропогенной деятельностью; изучение геодинамического режима территории [6–8].

Все цифровые станции работали в режиме on-line с непрерывной передачей информации через мобильную сеть в центр сбора информации в г. Минск.

Изменение методики обработки землетрясений.

Согласно [3], главной особенностью мониторинга землетрясений в районе Старобинского месторождения калийных солей в 28-летний период, с 01.01.1983 г. по 16.11.2011 г., являлся нестандартный способ их обработки – по записям только одной станции «Солигорск». Определение координат эпицентра производилось по двум параметрам – эпицентральному расстоянию и азимуту на эпицентр. Эпицентральные расстояния определялись по разнице времен ($t_S - t_P$) вступлений S - и P -волн с использованием регионального годографа [9], скопированного на рис. 2. Расчеты по определению азимутов на эпицентры проводились на основе полярности первых вступлений [10].

После развертывания локальной сети из четырех станций в районе Старобинского месторождения калийных солей обработка землетрясений стала осуществляться с помощью современных стандартных компьютерных программ: WSG (система обработки сейсмических данных), разработанной в Геофизической службе РАН [11], и пакета компьютерных программ из [4], разработанных в Центре геофизического мониторинга НАН Беларуси: IdSeism – идентификация сейсмических явлений: выделение телесейсмических, региональных, местных (локальных) событий и взрывов; UniViewer – визуальное отображение сейсмических данных от различных файлов: файлов станций SDAS, UGRA и файлов типа DDB от станций Дельта-03; EmulEq – решение прямой задачи распространения сейсмических волн.

Программа NYPOSAT была адаптирована и использовалась в Центре для локализации местных сейсмических событий на станциях Солигорской локальной сети. По времени вступления P - и S -волн вычислялись кинематические 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 $\delta\varphi^\circ, \delta\lambda^\circ, \delta h$ положению гипоцентра (φ, λ, h), так и ошибка

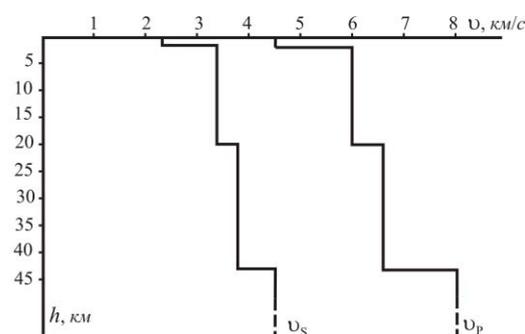


Рис. 2. Средний скоростной разрез земной коры запада ВЕП из [9]

каждого отдельного вступления. Наряду с региональным годографом [9], в программе предусмотрено применение мирового годографа IASPEI [12].

Изменение классификации землетрясений в 2012 г. Согласно [13], на начальном этапе сейсмических наблюдений в Беларуси классификация величины энергии E_A событий проводилась по приближенному соотношению (1), часто применяемому в шахтной сейсмологии [14]:

$$E_A = k \cdot r^2 \cdot A_{\max}^2 \cdot f^2 \cdot \tau, \quad (1)$$

где E_A – энергия сейсмических волн в Дж, r – гипоцентрального расстояние в м, A_{\max} – максимальная амплитуда S -волн в м, τ – длительность колебаний в группе S -волн в секундах, f – частота в Гц. Коэффициент k , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ вычисляется по формуле

$$k = 2 \cdot \pi^3 \cdot \rho \cdot v_s \cdot V^{-2}, \quad (2)$$

где ρ – плотность пород в $\text{кг}/\text{м}^3$, v_s – скорость S -волн в м/с, V – увеличение сейсмографа. Тогда энергетический класс K_A равен

$$K_A = \lg E_A. \quad (3)$$

Но в сейсмологической практике наиболее распространено определение энергетического класса K_P по номограмме Т.Г. Раутиан [15] с использованием суммы ($A_P + A_S$) максимальных амплитуд P - и S -волн, которая была введена в рутинную практику обработки землетрясений Беларуси в 1991 г. [13] и использовалась до 16.11.2011 г. [3] включительно практически для всех землетрясений. Одновременно был использован самый простой и оперативный метод классификации землетрясений по общей длительности τ колебаний на записи – Kd [16].

Сведение данных в единый каталог предполагает процедуру унификации в определении величины энергии событий. Поэтому по возможности было произведено переопределение энергетических классов по номограмме Т.Г. Раутиан. Кроме того, в [13] описаны попарные сочетания ($Kd \rightarrow K_A$), ($K_P \rightarrow K_A$), ($K_P \rightarrow Kd$) (рис. 3) и соответствующие линейные корреляционные зависимости между ними для унификации классификации тех событий, для которых не было класса K_P . Эти соотношения (без погрешностей) имеют следующий вид:

$$Kd = -1.12 + 1.21 \cdot K_A, \quad (4)$$

$$K_P = -0.50 + 1.20 \cdot K_A, \quad (5)$$

$$K_P = -1.08 + 0.92 \cdot Kd. \quad (6)$$

Соотношения (4–6), полученные методом ортогональной регрессии, позволили проводить впоследствии оценку энергетических классов K_P , используя любую из вышеперечисленных формул. В результате всем землетрясениям за 01.01.1983 г.–16.11.2011 г., опубликованным в Ежегодниках «Землетрясения Северной Евразии» за 1997–2011 гг., поставлены в соответствии значения энергетических классов K_P по шкале Т.Г. Раутиан [15], каковым они могли иногда не соответствовать. К сожалению, ни в одной из публикаций возможные пересчеты не индексированы, а значит, такие сведения утеряны.

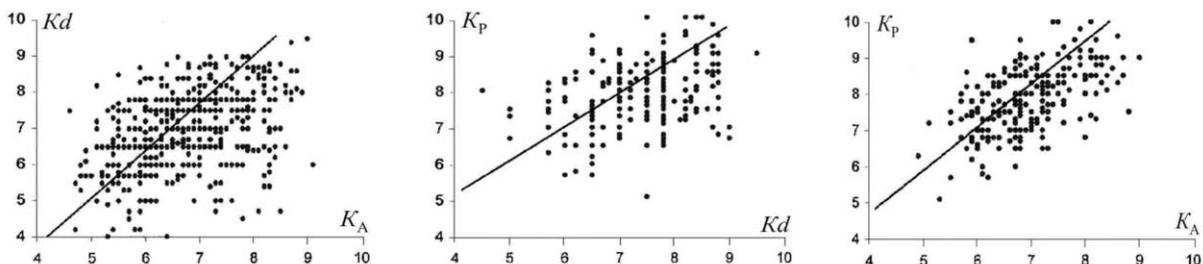


Рис. 3. Корреляционные поля между энергетическими классами, определенными разными способами: $Kd=f(K_A)$, $K_P=f(K_A)$, $K_P=f(Kd)$ из [13]

Энергетический класс сейсмических событий по длительности колебаний на записи в соотношениях, приведенных выше, определялся с использованием эмпирической формулы

А.С. Маламуда [16] для Гармского района Таджикистана, полученной по экспериментальному материалу более 6000 землетрясений:

$$Kd=7.0+5.0 \lg \tau, \quad (7)$$

где длительность записи τ , с измеряется от начала колебаний до момента слияния с микросейсами.

Данные, использованные при расчете соотношений (4–6), были получены по записям землетрясений в шахте на глубине 586 м [3]. Волновые формы Солигорских землетрясений, зарегистрированных на поверхности, отличаются от волновых форм, зарегистрированных в шахте наличием поверхностных волн, типичных для шахтной сейсмичности, зарегистрированной на поверхности. Это характерно не только для Солигорска, но и для других регионов, например (рис. 4), для Германии [17].

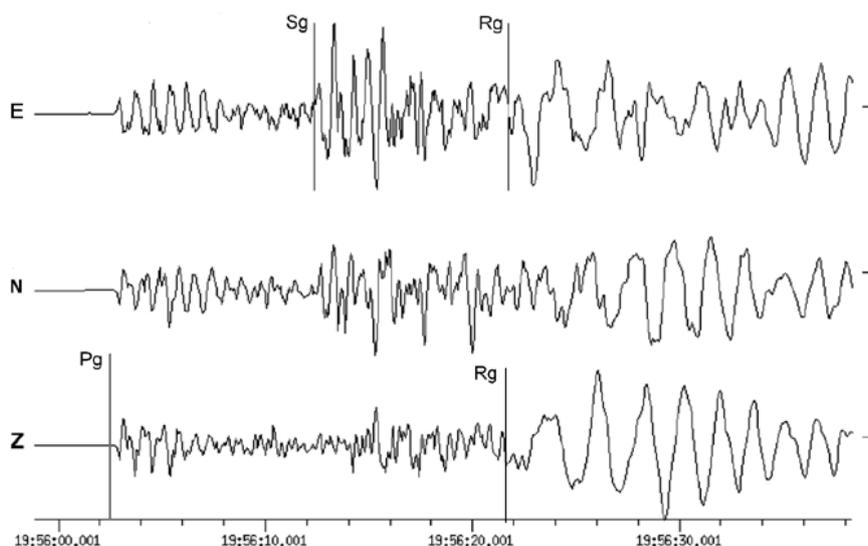


Рис. 4. Вызванный разработками горный удар южнее Саарбрюкена (Saarbrücken), Германия, зарегистрированный станцией WLF в Люксембурге ($\Delta=80$ км, $h=1$ км, $M=3.7$) из [17] (необходимо обратить внимание на сильно диспергированную группу волн Rg с периодами 1.2 и 2.8 с)

Для шахтных записей соотношение (7) давало вполне удовлетворительные результаты. Но с 16.11.2011 г. наблюдения сейсмическими станциями в Солигорском районе проводились на поверхности, поэтому использование соотношения (7) стало недопустимым, так как наличие поверхностной волны заметно увеличивает длительность записи.

Новое соотношение (8) между длительностью записи τ , с на поверхности и энергетическим классом K_p (энергетический класс в этом случае определялся по аналоговым записям пока еще не закрытой станции «Солигорск» и номограмме Т.Г. Раутиан) было получено экспериментально (рис. 5) в виде

$$K_p \rightarrow Kd = -6.8 + 7.2 \lg \tau \quad (8)$$

Пример измерения длительности τ , с цифровой записи самого сильного ($Kd=8.2$) землетрясения в 2012 г., которое произошло 8 марта 2012 г. в 11^h25^m, показан на рис. 6 на вертикальных компонентах (Z) станций «Волоты», «Устронь», «Тёсово», «Солигорск 3». Вертикальной линией показано окончание записи землетрясения по всем станциям.

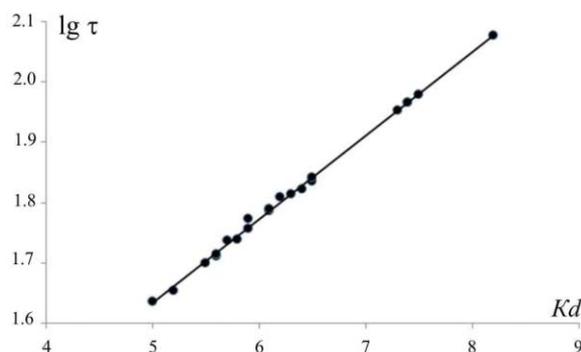


Рис. 5. График корреляционного поля ($Kd=f(\lg \tau, \text{сек})$) за 2011–2012 гг. (станции расположены на поверхности)

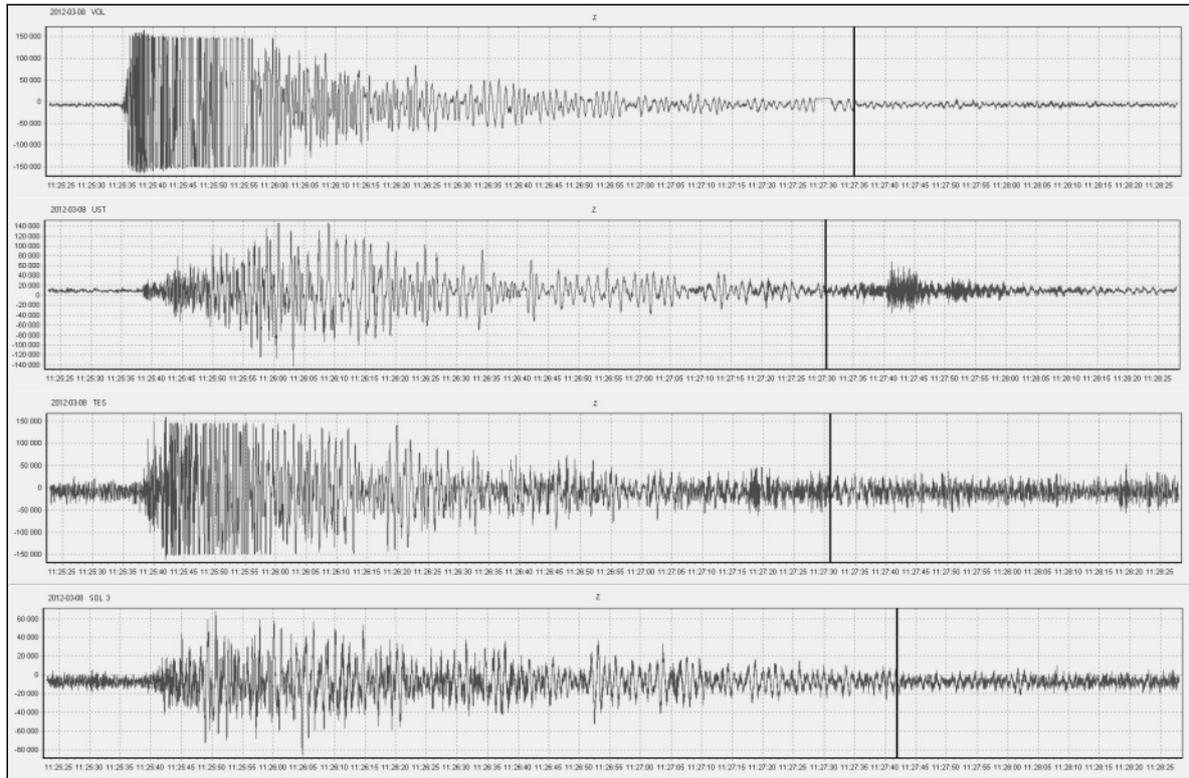


Рис.6. Записи землетрясения 8 марта 2012 г. в 11^h25^m с $Kd=8.2$ на Z-компонентах станций «Волоты» (VOL), «Устронь» (UST), «Тёсово» (TES), «Солигорск 3» (SOL₃)

Определение магнитуд получено традиционно [3, 13] пересчетом из энергетических классов Kd по формуле Т.Г. Раутиан из [18], в предположении о возможности его использования и для классов Kd :

$$M=(Kd-4)/1.8. \tag{9}$$

Результаты наблюдений. Общее число зарегистрированных событий в 2012 г. составило $N=17$ [19]. Из них наименьшее имеет $Kd=5.0$, наибольшее – 8.2. Самое слабое землетрясение зафиксировано 5 октября в 09^h43^m, наибольшее значение энергетического класса $Kd=8.2$ отмечено 8 марта в 11^h25^m. Приведем список всех событий за 2012 г. (табл. 1) с указанием глубины их гипоцентров, дополнив его четырьмя событиями в конце 2011 г. из каталога [20], также обработанными по четырем станциям и имеющими глубины очагов.

Таблица 1. Основные параметры землетрясений Беларуси с 16.11.2011 г. по 31.12.2012 г.

№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						K_p	M
					φ°, N	$\delta\varphi^\circ$	λ°, E	$\delta\lambda^\circ$	$h, км$	$\delta h, км$		
1	2011	17.11	23 59 04.3	0.1	52.33	0.05	27.76	0.16	5	1	7.4	1.9
2	2011	19.11	09 22 06.9	0.4	52.79	0.17	26.85	0.03	25	4	6.3	1.3
3	2011	05.12	20 10 01.0	0.7	52.84	0.65	27.53	0.11	15	3	5.2	0.7
4	2011	23.12	02 12 26.3	0.7	52.62	0.17	28.10	0.24	0		6.5	2.9
5	2012	17.01	00 34 28.6	2.3	52.42	0.12	28.03	0.22	18		6.1	1.2
6	2012	30.01	16 25 10.1	2.0	53.02	0.08	27.19	0.15	0		7.6	1.8
7	2012	15.02	06 55 50.6	2.1	52.92	0.15	27.88	0.19	5		6.5	1.4
8	2012	19.02	01 19 11.5	2.0	52.94	0.12	27.50	0.15	34	2.19	6.2	1.2
9	2012	08.03	11 25 30.1	1.4	52.63	0.07	27.47	0.07	5		8.2	2.3
10	2012	04.06	00 23 31.5	2.7	52.74	0.17	27.97	0.35	28	5.97	5.6	0.9
11	2012	25.07	00 39 18.0	1.0	52.97	0.07	27.65	0.09	34	6.13	5.8	1.0
12	2012	27.08	18 54 05.0	1.9	52.85	0.22	26.85	0.15	5		7.4	1.9
13	2012	26.09	19 46 24.8	1.5	52.85	0.09	27.67	0.12	34	7.66	5.9	1.0
14	2012	30.09	22 10 32.2	0.1	52.81	0.01	26.92	0.01	5		5.6	0.9

№	Год	Дата, д м	t_0 , ч мин с	δt_0 , с	Гипоцентр						K_p	M
					φ°, N	$\delta\varphi^\circ$	λ°, E	$\delta\lambda^\circ$	$h, км$	$\delta h, км$		
15	2012	05.10	09.43.05.1	2.7	52.50	0.16	27.27	0.33	4		5.0	0.5
16	2012	12.10	11 02 03.4	2.3	52.40	0.16	27.61	0.34	3		5.5	0.8
17	2012	17.10	04 36 55.4	1.2	52.85	0.03	27.62	0.08	11	2.81	6.4	1.3
18	2012	04.11	19 47 31.6	0.4	52.52	0.02	26.82	0.03	5		5.7	0.9
19	2012	13.12	01 53 48.5	1.1	52.76	1.21	28.46	0.46	0		7.5	1.9
20	2012	21.12	11 02 29.7	1.9	52.27	0.24	27.71	0.74	5	0.93	6.1	1.2
21	2012	30.16	16 54 19.7	1.3	52.86	0.14	28.05	0.88	3	0.96	5.9	1.0

Карта гипоцентров из табл. 1 приведена на рис. 7. На карте хорошо видны два эпицентра 8-го класса и три – 7-го.

Наиболее интересным параметром на рис. 7 является глубина очагов, которая, согласно табл. 1, варьирует от 0 км до 34 км. Статистика распределения их по слоям дана в табл. 2. В частности, очаги всех более сильных землетрясений расположены в слое $\Delta h=11-20$ км.

Таблица 2. Число Солигорских землетрясений с 16.11.2011 г. по 31.12.2012 г. в разных слоях земной коры

$\Delta h, км$	0–10	11–20	21–30	31–40
$N(\Delta h)$	13	3	2	3
$N(\Delta h)/N_\Sigma$	62%	14%	10%	14%

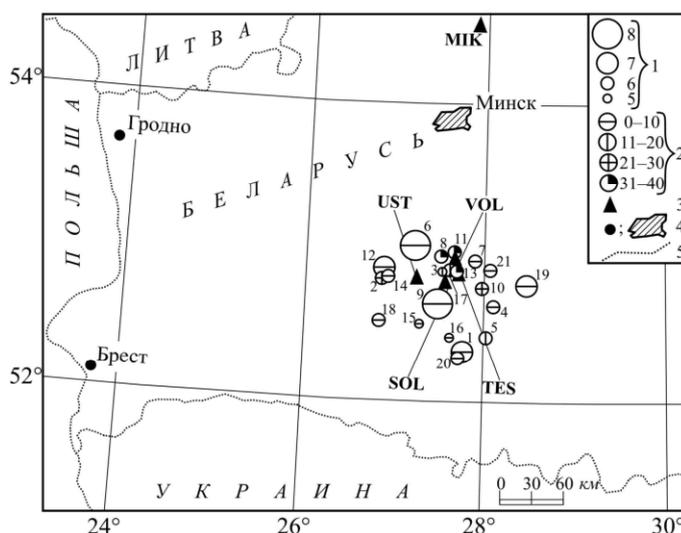


Рис. 7. Глубины очагов землетрясений Беларуси в 2011–2012 гг.

Из приведенной таблицы распределения глубин очагов следует собственно отрицание приповерхностного характера сейсмичности в районе Старобинского месторождения солей, т.к. на глубинах $h>10$ км находится 38% событий, т.е. больше трети.

Однако до сих пор Солигорские землетрясения считались, скорее всего, приповерхностными, т.к., во-первых, известно, что соляные месторождения и шахтные выработки расположены в слое осадков, мощность которых в среднем равна 2 км. Влияние разработок и добычи соли в шахтах на сейсмичность в окрестности шахт безусловно, но оно опосредствовано также передачей перераспределения напряжений довольно далеко за пределы шахтного поля, скорее всего, без вовлечения глубинных горизонтов земной коры.

Во-вторых, в [13] есть оценка макросейсмической глубины очага единственного ощутимого землетрясения 02.12.1983 г. с $K_p=9.0$, $I_0=4-5$ баллов в 40 км к северо-востоку от г. Солигорск по уравнению макросейсмического поля вида

$$I=bM-v \lg(\Delta^2+h^2)^{1/2} + c$$

для двух вариантов его параметров – средних для России значений ($b=1.5$, $v=3.5$, $c=3.0$ [21]) и для платформенных территорий со слабым затуханием ($b=1.5$, $v=2.5$, $c=1.0$ [22]), составила 4 км для первого набора параметров и 1 км – для второго, свидетельствуя явно о приповерхностном характере зафиксированного ощутимого землетрясения.

Это сомнение разрешится, по-видимому, позже, после накопления большего числа наблюдаемых значений глубин очагов Солигорских землетрясений.

Разные статистики совокупности землетрясений за 2012 г. Рассмотрим некоторые распределения землетрясений за 2012 г.

Распределение числа сейсмических событий по энергетическим классам Kd и суммарной выделившейся сейсмической энергии по месяцам представлено в табл. 3.

Таблица 3. Распределение числа землетрясений по энергетическим классам Kd и суммарная сейсмическая энергия ΣE за январь–декабрь 2012 г.

Месяц	Kd				N_{Σ}	$\Sigma E,$ $10^9 Дж$	Месяц	Kd				N_{Σ}	$\Sigma E,$ $10^9 Дж$	Месяц	Kd				N_{Σ}	$\Sigma E,$ $10^9 Дж$
	5	6	7	8				5	6	7	8				5	6	7	8		
I		1	1		2	0.0212	VI		1			1	0.0004	XI		1			1	0.0005
II		2			2	0.0048	VII		1			1	0.0006	XII		2	1		3	0.0337
III				1	1	0.1585	VIII			1		1	0.0251	Всего	2	11	3	1	17	0.2489
IV					0		IX		2			2	0.0012							
V					0		X	2	1			3	0.0029							

Рассматривая на рис. 8 ход сейсмического процесса в течение года, можно отметить, что максимумы высвобождения сейсмической энергии приходятся на март (энергетический класс $Kd=8.2$), а максимумы числа событий N – на октябрь и декабрь. В апреле и мае землетрясения не зарегистрированы. Малые значения выделившейся энергии и числа событий приходятся на июнь, ноябрь и июль.

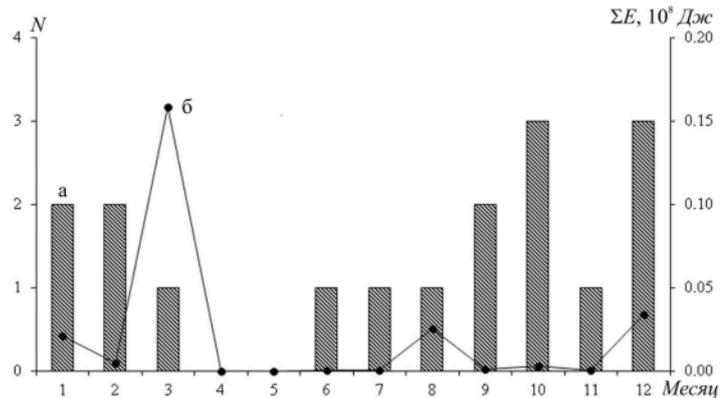


Рис. 8. Распределение числа сейсмических событий (а) и выделившейся энергии (б) за 2012 г.

Сопоставление данных 2012 г. с долговременными средними оценками N и ΣE за период 1983–2011 гг.

(табл. 4) показало, что уровень выделившейся в 2012 г. сейсмической энергии, равный $\Sigma E=0.249 \cdot 10^9 Дж$, меньше такового в 2011 г. ($\Sigma E=0.299 \cdot 10^9 Дж$ [3]) в 1.2 раза, и в 9.98 раз ниже среднего его значения $\Sigma E=2.484 \cdot 10^9 Дж$ за 29 лет. Число событий в 2012 г. ($N_{\Sigma}=17$) меньше в 1.12 раза, чем в 2011 г. ($N_{\Sigma}=19$ [3]) и в 2.56 раза меньше его среднего долговременного значения, равного $\bar{N}_{\Sigma}=43.52$.

Таблица 4. Годовые значения числа событий разных энергетических классов (K_p – 1983–2011 гг., Kd – 2012 г.) и их суммарной сейсмической энергии на территории Беларуси за 1983–2011 гг. и 2012 г.

Год	K_p					N_{Σ}	$\Sigma E,$ $10^9 Дж$	Год	K_p					N_{Σ}	$\Sigma E,$ $10^9 Дж$		
	4	5	6	7	8				9	4	5	6	7			8	9
1983			8	4	10	1	23	2.238	2001			6	22	20	2	50	0.651
1984		2	10	21	12		45	2.487	2002	2		13	37	32	6	90	1.112
1985			1	9	12	1	23	4.975	2003			8	16	26	8	58	1.087
1986			3	13	29		45	5.281	2004			22	16	14	4	56	0.847
1987			5	10	5		20	0.969	2005	3		9	14	5	1	33	1.390
1988		7	8	9	2		26	0.518	2006			13	24	14	3	54	0.422
1989		2	1	2	7		12	1.580	2007			3	12	12	7	34	0.815
1990		2	17	25	45		89	7.680	2008			15	11	7	2	35	0.428
1991			6	11	13		30	2.990	2009			1	8	17	5	31	0.796
1992		1		2	10		13	1.754	2010			2	15	8	2	27	0.287
1993			2	10	20		32	4.806	2011			4	11	3	1	19	0.299
1994		1	4	15	16		36	2.709	Сумма	5	144	325	416	369	3	1262	72.034
1995		1	6	12	25		44	4.217	Среднее за 29 лет	0.17	4.97	11.21	14.34	12.72	0.10	43.52	2.484
1996		1	4	23	45		73	8.080	Год	Kd					N_{Σ}	$\Sigma E,$ $10^9 Дж$	
1997		17	22	31	11		81	2.254	4	5	7	8	9				
1998		14	22	25	18		79	2.434	2012		2	11	3	1	17	0.249	
1999			15	25	39		79	7.227									
2000			5	11	9		25	1.701									

В целом по региону наблюдается спад суммарной сейсмической энергии после 1999 г. с $\Sigma E = 7.227 \cdot 10^9$ Дж с небольшими колебаниями до $\Sigma E = 0.249 \cdot 10^9$ 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. 4, рис. 9).

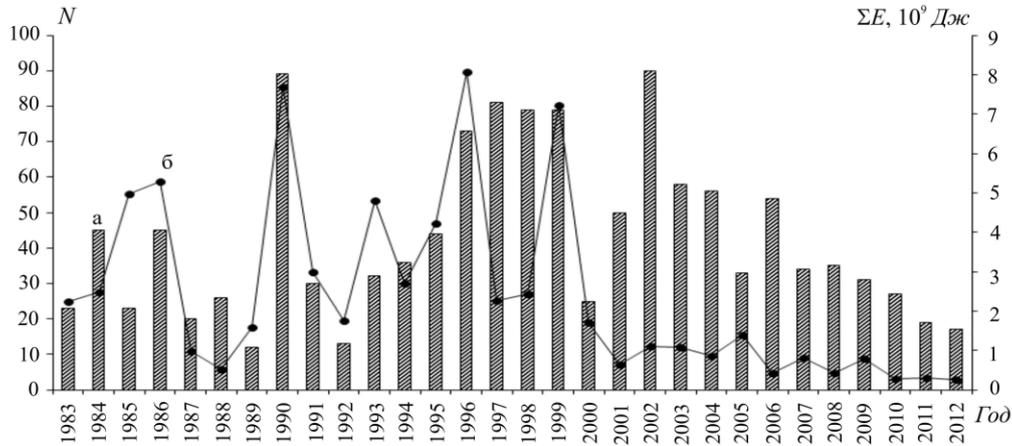


Рис. 9. Распределение числа сейсмических событий (а) и суммарной выделившейся энергии (б) по годам с 1983 г. по 2012 г.

В реальном времени 17 событий за 2012 г. развернуты по временной оси на рис. 10, на котором видны три периода затишья с середины марта до конца мая, со второй декады июня по вторую декаду июля и со второй декады ноября до середины декабря. Два периода активности наблюдались с января по первую декаду марта, когда 8 марта произошло наибольшее ($Kd=8.2$) землетрясение (1), с третьей декады сентября по первую декаду ноября [19].

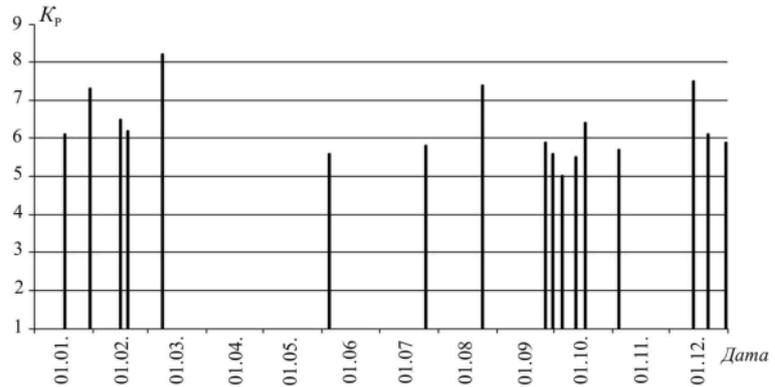


Рис. 10. Развертка сейсмических событий разных классов Kd по временной оси в 2012 г.

Распределение всех 17 событий за 2012 г. по часовым интервалам суток показано на рис. 11. На графике видны периоды повышения числа событий в ночное время – в 00^h, в дневное время – в 11^h.

На рис. 12 показано распределение всех землетрясений за 2012 г. по дням недели, среди которых максимум с $N=4$ наблюдается в среду, пятницу и воскресенье.

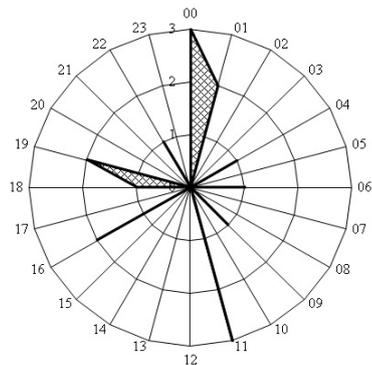


Рис. 11. Реализация сейсмических событий по часам суток в 2012 г.

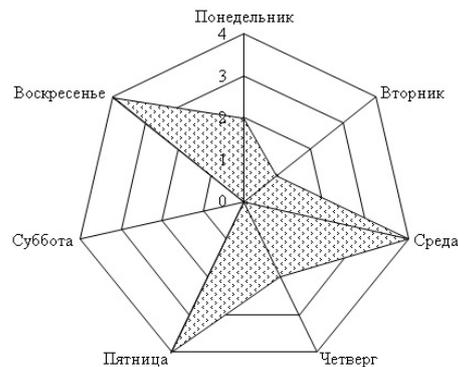


Рис. 12. Распределение сейсмических событий по дням недели в 2012 г.

Заключение. После развертывания локальной сети из четырех станций в районе Старобинского месторождения калийных солей обработка землетрясений стала осуществляться с помощью современных стандартных компьютерных программ. Энергетический класс сейсмических событий определялся по длительности колебаний на записи, где длительность записи τ (сек) измеряется от начала колебаний до момента слияния с микросейсмами.

Всего в 2012 г. на территории Беларуси зарегистрировано 17 сейсмических событий с $Kd=5.0-8.2$. Уровень выделившейся в 2012 г. сейсмической энергии, равный $\Sigma E=0.249 \cdot 10^9$ Дж, меньше такового в 2011 г. ($\Sigma E=0.299 \cdot 10^9$ Дж в 1.2 раза и почти на порядок ниже среднего его значения $\Sigma E=2.484 \cdot 10^9$ Дж за 29 лет. Число событий в 2012 г. ($N_{\Sigma}=17$) чуть меньше такового в 2011 г. ($N_{\Sigma}=19$) и более чем в два раза меньше среднего долговременного значения, равного $N_{\Sigma} \sim 43$.

Анализ сейсмичности показал, что уровень сейсмической активности в 2012 г. снизился относительно такового в 2011 г. и 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 сеймотектоника // Сеймотектоника 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.** – Минск: ИГН НАН Беларуси, 2001. – 815 с.
3. **Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И., Колковский В.М., Аронов В.А., Ацута О.Н.** Беларусь // Землетрясения Северной Евразии, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – С. 217–221.
4. Отчет о специальных работах по геофизическому мониторингу опасных геодинамических явлений и процессов за 2014 год / Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси. – Минск: Фонды Центра, 2015. – 424 с.
5. **Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Колковский В.М., Аронов Г.А. (сост.).** Сейсмические станции Беларуси в 2012 г. // Землетрясения Северной Евразии. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD-ROM.
6. **Изучить сейсмичность и провести количественную оценку сейсмических воздействий в районе Островецкой площадки возможного размещения АЭС:** отчет о НИР (заключительный) / Выполнить комплекс научно-исследовательских сейсмических и сеймотектонических исследований на Островецкой площадке возможного размещения АЭС в 2008–2010 гг. – Минск: Фонды Центра геофизического мониторинга НАН Беларуси, 2010. – 176 с.
7. **Выполнить инструментальные сейсмологические наблюдения и составить карту сейсмического микрорайонирования Островецкой площадки размещения АЭС:** отчет (заключительный) / Выполнение комплекса работ по сейсмическому микрорайонированию Островецкой площадки возможного размещения АЭС. – Минск: Фонды Центра геофизического мониторинга НАН Беларуси, 2009. – 1367 с.
8. **Выполнить инструментальные сейсмологические наблюдения и составить карту сейсмического микрорайонирования площадки размещения энергоблока АЭС масштаба 1:2000:** отчет (заключительный) / Выполнение комплекса работ по сейсмическому микрорайонированию Островецкой площадки возможного размещения АЭС. – Минск: Фонды Центра геофизического мониторинга НАН Беларуси, 2011. – 186 с.
9. **Аронов А.Г.** Региональные годографы сейсмических волн запада Восточно-Европейской платформы // Сейсмологический бюллетень. – Минск: ОКЖИОП, 1996. – С. 136–149.
10. **Инструкция о порядке производства и обработки наблюдений на сейсмических станциях Единой системы сейсмических наблюдений СССР.** – М.: Наука, 1982. – 273 с.
11. **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.
12. **Kennet B.L.N.** (editor). IASPEI 1991 Seismological Tables. – Sydney: Research School of Earth Sciences Australian National University, 1991. – 167 p.
13. **Аронов А.Г., Сероглазов Р.Р., Аронова Т.И.** Беларусь // Землетрясения Северной Евразии в 1997 году. – Обнинск: ГС РАН, 2003. – С. 172–180.

14. **Kalenda P., Slavik J., Holub K., Sglunda R. 1991.** Determination of Energy of Seismic Events from records Apparatus DSLA // *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. M-15(235)*. – 1991. – P. 183–187.
15. **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.
16. **Маламуд А.С.** Использование длительности колебаний для энергетической классификации землетрясений // *Магнитуда и энергетическая классификация землетрясений*, Т. II. – М.: АН СССР, 1974. – С. 180–194.
17. **Bormann P. (Editor).** *New Manual of Seismological Observatory Practice (NMSOP-2)*. Chapter 2, Seismic Wave Propagation and Earth models. IASPEI, GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, 2012.
18. **Раутиан Т.Г.** Энергия землетрясений // *Методы детального изучения сейсмичности* Тр. ИФЗ АН СССР, № 9(176). – М.: ИФЗ АН СССР, 1960. – С. 75–114.
19. **Аронова Т.И. (отв. сост.), Ацута О.Н., Аронов В.А. (сост.).** Каталог землетрясений Беларуси за 2012 г. // *Землетрясения Северной Евразии*. – Вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. – Приложение на CD_ROM.
20. **Аронова Т.И. (отв. сост.), Ацута О.Н., Аронов В.А. (сост.).** Каталог землетрясений Беларуси за 2011 г. // *Землетрясения Северной Евразии*, 2011 год. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2017. – Приложение на CD_ROM.
21. **Шебалин Н.В.** Опорные землетрясения и уравнения макросейсмического поля // *Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г.* – М.: Наука, 1977. – С. 20–30.
22. **Карпатское землетрясение 1986 года.** Кишинёв: Штиинца, 1990. – 334 с.