

НАВУКІ АБ ЗЯМЛІ

EARTH SCIENCES

УДК 550.8.05+550.348+551.243.8
<https://doi.org/10.29235/1561-8331-2024-60-4-347-352>

Поступила в редакцию 29.07.2024
Received 29.07.2024

Г. А. Аронов

Центр геофизического мониторинга Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

СОВРЕМЕННАЯ СЕЙСМОГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ СОЛИГОРСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

Аннотация. Рассмотрены особенности проявления современной сейсмотектонической активности на территории Солигорского горнопромышленного региона, построена карта проявления сейсмотектонических процессов за период 1983–2021 гг. Для характеристики проявления современной сейсмогеодинамической активности в регионе применялась комплексная методика, базирующаяся на многолетнем мониторинге сейсмических событий. Установлено, что распределение землетрясений вдоль разломов происходило неоднородно в пространстве и во времени. На основе выполненных исследований был определен сейсмотектонический потенциал сейсмоактивных зон разломов Солигорского горнопромышленного региона.

Ключевые слова: месторождение, мониторинг, сейсмическая станция, землетрясение, магнитуда, энергетический класс, эпицентр, разлом

Для цитирования. Аронов Г. А. Современная сейсмогеодинамическая активность Солигорского горнопромышленного региона / Г. А. Аронов // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2024. – Т. 60, № 4. – С. 347–352. <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2024-60-4-347-352>

G. A. Aronov

Centre of Geophysical Monitoring of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

RECENT SEISMOGEODYNAMIC ACTIVITY WITHIN THE SOLIGORSK MINING REGION

Abstract. Some features of the recent seismotectonic activity manifestation within the Soligorsk mining region are considered. A map showing the seismodynamic events recorded in the Soligorsk mining region within 1983–2021 was created. A comprehensive method based on long-term monitoring of seismic events was used to describe the recent seismogeodynamic activity manifestation in the region. It was established that the earthquake arrangement along the fault lines was non-uniform in space and time. The investigations performed were used to determine the seismotectonic potential of seismically active fault zones in the Soligorsk mining region.

Keywords: deposit, monitoring, seismic station, earthquake, magnitude, energy class, epicenter, fault

For citation. Aronov G. A. Recent seismogeodynamic activity within the Soligorsk mining region. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya khimichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Chemical series*, 2024, vol. 60, no. 4, pp. 347–352 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2024-60-4-347-352>

Введение. В работе рассматриваются типы геоэкологических рисков, не связанных непосредственно с конкретными условиями разработки Солигорского месторождения калийных солей, а обусловленных фактом сейсмогеодинамической активности Солигорского горнопромышленного региона. Эти риски вызываются активизацией разломов на территории разработки месторождения вследствие изменения напряжений в горизонтах, подверженных воздействию природных тектонических сил. Пространственное развитие геодинамического процесса, связанного с сейсмичностью, выходит за пределы шахтных полей, охватывая и области, примыкающие к району непосредственных горных работ. Сейсмогеодинамическая активность определяется геометрией разломов в регионе и характером региональных тектонических напряжений. При этом выявляются закономерности взаимосвязи сейсмичности и напряжений в региональных разломах [1, 2]. Это особенно важно для прогноза геоэкологических рисков в районах планируемых шахтных работ.

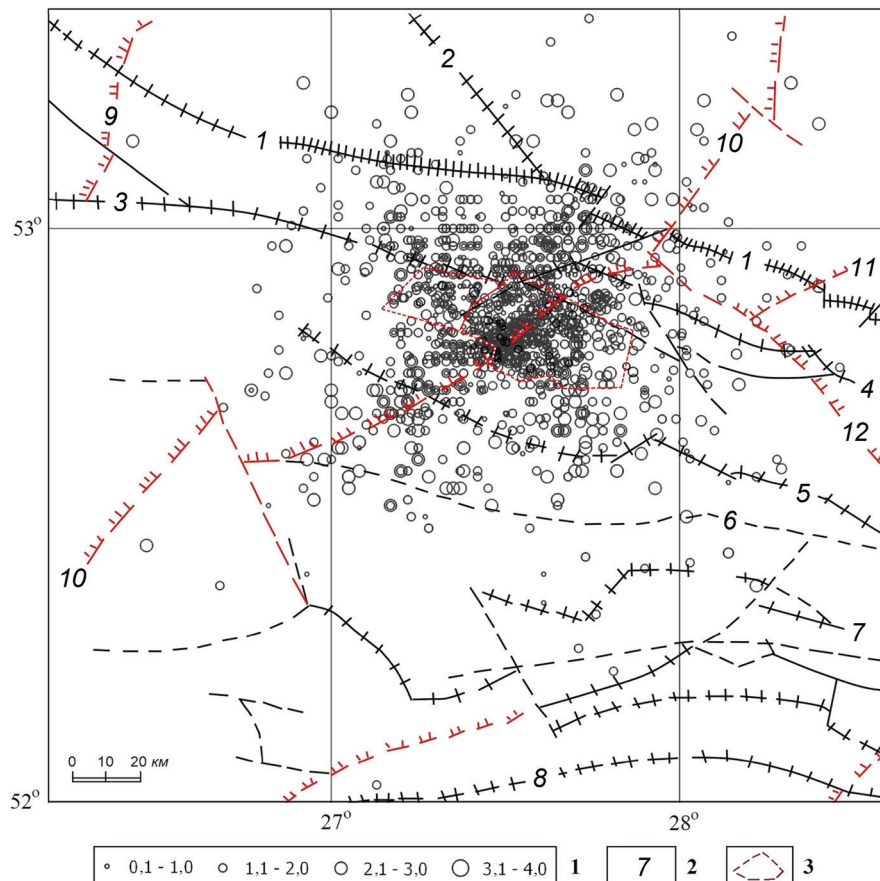
Исследование пространственного развития геодинамического процесса в виде проявления сейсмической активности, как правило, служит для оценки и прогноза степени сейсмической опасности в регионе. Для этой цели организуется регулярный мониторинг сейсмической обстановки. Риск возникновения индуцированной сейсмичности связан с активизацией разломов в горнопромышленном регионе, где вследствие разработки месторождения осадочных руд происходят изменения тектонических напряжений в подземных горизонтах [3, 4].

Материалы и методы исследования. Для характеристики проявления современной сейсмогеодинамической активности в регионе применялась комплексная методика, базирующаяся на мониторинге сейсмических событий. В настоящее время в Солигорском горнопромышленном регионе непрерывные наблюдения проводятся на восьми сейсмических станциях: Волоты (код VOL), Тесово (TES), Устронь (UST), Чижовка (CHJ), Копачевичи (КАР), Новый луг (NVL), Махновичи (МАН), Листопадовичи (LST). В ходе многолетних наблюдений и обработки сейсмических данных были получены инструментальные записи местных землетрясений, установлены их кинематические и динамические параметры, составлены соответствующие бюллетени и каталоги, идентифицированы сейсмогенерирующие структуры (зоны разломов) и определены параметры пространственно-временного проявления сейсмичности в сейсмоактивных зонах разломов. Эти исследования базировались на комплексном изучении современной геодинамики и сейсотектоники в регионе. Анализировались также опубликованные и фондовые источники, описывающие основные характеристики разломов [5–7]. Сделаны выборки землетрясений, приуроченных к сейсмогенным разломам, и составлены карты эпицентров землетрясений в пределах площади сейсмоактивных зон разломов за период 1983–2021 гг. Выполнено пространственно-временное распределение эпицентров землетрясений по годам в проекции на долготу. Установлено, что распределение землетрясений вдоль разломов происходило неоднородно в пространстве и во времени. Выделение периодов проявления сейсмичности в разломах проводилось по двум критериям: на основе анализа активности сейсмичности и по изменению пространственного расположения эпицентров землетрясений вдоль площади сейсмоактивной зоны разлома. На основе построения фокальных групповых механизмов очагов землетрясений сейсмоактивных зон разломов рассчитаны их сейсмодислокации [8, 9]. В результате были выполнены расчеты прогнозной оценки сейсотектонической активности (является обязательным элементом для выявления особенностей проявления сейсотектонических процессов) сейсмогенерирующих зон разломов.

Результаты и их обсуждение. Первым значительным проявлением геодинамической активизации недр на территории Старобинского месторождения калийных солей стало землетрясение 10 мая 1978 г., которое имело ощутимый эффект на поверхности с эпицентром в д. Кулаки Солигорского р-на. С 1983 г. (начало непрерывных наблюдений) по 2021 г. зарегистрировано и обработано 1 571 сейсмическое событие (определены кинематические и динамические параметры) в Солигорском горнопромышленном регионе с энергетическим классом $K = 4,1–9,5$ или в единицах локальной магнитуды $M = 0,1–3,1$. Многолетние наблюдения показали, что эпицентры сейсмических событий регистрируются как на территории шахтных полей, так и за их пределами [3, 4]. Сейсмические события, происходящие в Солигорском горнопромышленном регионе, относятся к индуцированной сейсмичности и являются следствием естественных деформационных процессов. Они также несут важную информацию о пространственном расположении активно деформирующихся областей горного массива Солигорского горнопромышленного региона.

На основе экспериментальных данных записей сейсмических событий и каталогов землетрясений составлена карта проявления сейсотектонических процессов в Солигорском горнопромышленном регионе за период с 1983 по 2021 г.

Сопоставление распределения эпицентров землетрясений с разломной тектоникой региона показывает, что многие разломы сейсмоактивные. Наблюдается приуроченность землетрясений к следующим разломам: Стоходско-Могилевский, Кричевский, Выжевско-Минский (северо-восточное простирание) и Северо-Припятский, Ляховичский, Речицкий, Червонослободско-Малодушенский, Копаткевичский, Шестовичский, Сколодинский (субширотное простирание). Для остальной части землетрясений не установлена их приуроченность к разломным зонам [3, 4]. Проведен анализ пространственно-временной активности сейсмогенных разломов в пределах



Карта проявления сейсмотектонических процессов в Солигорском горнопромышленном регионе за период 1983–2021 гг.: **1** – магнитуда землетрясения; **2** – разломы (*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); **3** – граница шахтных полей Солигорского горнопромышленного региона

Map of the seismotectonic processes manifested in the Soligorsk mining region within 1983–2021: **1** – earthquake magnitude; **2** – faults (*1* – North Pripyatsky, *2* – Naliboksky, *3* – Lyakhovichsky, *4* – Rechitsa, *5* – Chervonoslobodsko-Malodushinsky, *6* – Kopatkevichsky, *7* – Shestovichsky, *8* – Skolodinsky, *9* – Vyzhevsko-Minsky, *10* – Stokhodsko-Mogilevsky, *11* – Krichevsky, *12* – Chechersky); **3** – border of the mine fields of the Soligorsk mining region

Солигорского горнопромышленного региона, который позволил выделить по площади сейсмоактивные зоны и определить их сейсмотектонический потенциал. Выполнено построение групповых фокальных механизмов очагов землетрясений и рассчитаны их сейсмодислокации. Сейсмотектонические деформации той или иной области разлома определялись совокупностью смещений и рассматривались в качестве составной части общих тектонических деформаций [10]. Тип сейсмодислокаций по разломам основывался на типах смещений и соответствующим им стереограммам фокальных механизмов очагов землетрясений [8]. Для определения типа сейсмодислокации полученного фокального группового механизма очагов землетрясений использовалась система классификации ориентировок [9].

На основе выполненных исследований был определен сейсмотектонический потенциал сейсмоактивных зон разломов Солигорского горнопромышленного региона.

Сейсмотектонический потенциал активной зоны Северо-Припятского суперрегионального разлома. Всего за период 1983–2021 гг. зарегистрировано 100 землетрясений в диапазоне энергетических классов $K = 5,1–9,5$ (магнитуда $M = 0,6–3,1$) с суммарной величиной выделившейся сейсмической энергии $\Sigma E = 8,4902 \cdot 10^9$ Дж. Зарегистрированные землетрясения по Северо-Припятскому суперрегиональному разлому находятся в пределах $52,882–53,169^\circ$ северной широты и $26,930^\circ–28,400^\circ$ восточной долготы. Вся зона является сейсмоактивной, землетрясения проявляются как в центральной, так и в ее восточной и западной частях. В Северо-Припятском супер-

региональном разломе наиболее активным по количеству землетрясений (25) был период с 1999 по 2004 г., а по величине выделившейся суммарной сейсмической энергии ($\Sigma E = 5,3658 \cdot 10^9$ Дж) – период 1983–1987 гг. Наиболее сильное землетрясение, приуроченное к этому разлому, зарегистрировано 17 октября 1985 г. в восточной части зоны разлома с параметрами ($K = 9,5$, $M = 3,1$, $E = 3,1623 \cdot 10^9$ Дж). Сейсмодислокации по разлому – сбросо-сдвиги.

Сеймотектонический потенциал активной зоны Налибокского регионального разлома. Всего за период 1983–2021 гг. зарегистрировано три землетрясения в диапазоне энергетических классов $K = 5,9$ – $8,4$ (магнитуда $M = 1,0$ – $2,4$) с суммарной величиной выделившейся сейсмической энергии $\Sigma E = 0,4105 \cdot 10^9$ Дж. Зарегистрированные землетрясения по Налибокскому разлому находятся в пределах $53,150$ – $53,205^\circ$ северной широты и $27,501$ – $27,580^\circ$ восточной долготы. Эта зона разлома является сейсмоактивной, землетрясения проявляются в центральной, восточной и западной частях. Анализ развития сейсмического процесса в Налибокском региональном разломе показал, что наибольшая сейсмическая активность проявилась в 1995 г., когда произошло два землетрясения с величиной выделившейся суммарной сейсмической энергии $\Sigma E = 0,4097 \cdot 10^9$ Дж. Наиболее сильное землетрясение, приуроченное к этому разлому, зарегистрировано 6 августа 1995 г. в восточной части зоны разлома ($K = 8,4$, $M = 2,4$, $E = 0,2512 \cdot 10^9$ Дж).

Сеймотектонический потенциал активной зоны Ляховичского регионального разлома. Всего за период 1983–2021 гг. зарегистрировано 381 землетрясение в диапазоне энергетических классов $K = 4,2$ – $9,2$ (магнитуда $M = 0,1$ – $2,9$) с суммарной величиной выделившейся сейсмической энергии $\Sigma E = 7,8225 \cdot 10^9$ Дж. Зарегистрированные землетрясения по Ляховичскому региональному разлому находятся в пределах $52,738$ – $53,037^\circ$ северной широты и $26,830$ – $28,034^\circ$ восточной долготы. Вся зона разлома является сейсмоактивной, землетрясения проявляются как в центральной, так и в ее восточной и западной частях. Сейсмическая активизация проявляется периодически. Для Ляховичского регионального разлома наиболее активным по количеству землетрясений (169) и наибольшей величине выделившейся суммарной сейсмической энергии ($\Sigma E = 4,5929 \cdot 10^9$ Дж) был период 2012–2021 гг. Наиболее сильное землетрясение, приуроченное к этому разлому, зарегистрировано 3 сентября 2021 г. в восточной части ($K = 9,2$, $M = 2,9$, $E = 1,4454 \cdot 10^9$ Дж). Сейсмодислокации по разлому – сбросы.

Сеймотектонический потенциал активной зоны Речицкого регионального разлома. Всего за период 1983–2021 гг. зарегистрировано 90 землетрясений в диапазоне энергетических классов землетрясений с $K = 4,8$ – $8,8$ (магнитуда $M = 0,4$ – $2,7$) с суммарной величиной выделившейся сейсмической энергии $\Sigma E = 2,3194 \cdot 10^9$ Дж. Зарегистрированные землетрясения по Речицкому региональному разлому находятся в пределах $52,758$ – $52,980^\circ$ северной широты и $27,520$ – $28,460^\circ$ восточной долготы. Вся зона разлома является сейсмоактивной, землетрясения в основном проявляются в западной части. Только в 2010–2012 гг. землетрясения происходили в восточной части анализируемой зоны. Для Речицкого регионального разлома наиболее активным по количеству землетрясений (45) был период 1997–2009 гг., а наибольшая величина суммарной сейсмической энергии ($\Sigma E = 1,0847 \cdot 10^9$ Дж) выделилась в период 2013–2021 гг. Самое сильное землетрясение, приуроченное к этому разлому, зарегистрировано 18 ноября 2014 г. в западной части ($K = 8,8$, $M = 2,7$, $E = 0,6310 \cdot 10^9$ Дж). Сейсмодислокации по разлому – сбросо-сдвиги.

Сеймотектонический потенциал активной зоны Червонослободско-Малодушинского регионального разлома. Всего за период 1983–2021 гг. зарегистрировано 130 землетрясений в диапазоне энергетических классов землетрясений $K = 4,8$ – $8,6$ (магнитуда $M = 0,4$ – $2,5$) с суммарной величиной выделившейся сейсмической энергии $\Sigma E = 8,8824 \cdot 10^9$ Дж. Зарегистрированные землетрясения по Червонослободско-Малодушинскому региональному разлому находятся в пределах $52,563$ – $52,845^\circ$ северной широты и $26,846$ – $28,293^\circ$ восточной долготы. Вся зона разлома является сейсмоактивной, землетрясения проявляются в центральной, восточной и западной частях. Для Червонослободско-Малодушинского регионального разлома наиболее активным по количеству землетрясений (79) и наибольшей величине выделившейся суммарной сейсмической энергии ($\Sigma E = 6,5842 \cdot 10^9$ Дж) был период 1983–2004 гг. Наиболее сильное землетрясение, приуроченное к этому разлому, зарегистрировано 12 сентября 2021 г. в восточной части разлома ($K = 8,6$, $M = 2,5$, $E = 0,3802 \cdot 10^9$ Дж). Сейсмодислокации по разлому – сбросо-сдвиги.

Сеймотектонический потенциал активной зоны Копаткевичского локального разлома. Всего за период 1983–2021 гг. зарегистрировано 37 землетрясений в диапазоне энергетических

классов землетрясений $K = 6,0–8,5$ (магнитуда $M = 1,1–2,5$) с суммарной величиной выделившейся сейсмической энергии $\Sigma E = 5,2701 \cdot 10^9$ Дж. Зарегистрированные землетрясения по Копаткевичскому локальному разлому находятся в пределах $52,480–52,630^\circ$ северной широты и $26,930–28,020^\circ$ восточной долготы. Вся зона разлома является сейсмоактивной. Землетрясения в основном происходили в западной части зоны. Для Копаткевичского локального разлома наиболее активным по количеству землетрясений (26) и наибольшей величине выделившейся суммарной сейсмической энергии ($\Sigma E = 4,1610 \cdot 10^9$ Дж) был период 1990–2003 гг. Самые сильные землетрясения, приуроченные к этому разлому, зарегистрированы в западной (16 апреля 1986 г., 5 ноября 1989 г., 1 марта 1994 г.), центральной (28 апреля 1990 г., 2 октября 1993 г., 24 ноября 1995 г.) и восточной (8 мая 1993 г.) частях ($K = 8,5$, $M = 2,5$, $E = 0,3162 \cdot 10^9$ Дж). Сейсмодислокации по разлому – сбросо-сдвиги.

Сеймотектонический потенциал активной зоны Шестовичского регионального разлома. Всего за период 1983–2021 гг. зарегистрировано 7 землетрясений в диапазоне энергетических классов землетрясений $K = 5,0–8,5$ (магнитуда $M = 0,5–2,5$) с суммарной величиной выделившейся сейсмической энергии $\Sigma E = 0,6276 \cdot 10^9$ Дж. Зарегистрированные землетрясения по Шестовичскому региональному разлому находятся в пределах $52,232–52,437^\circ$ северной широты и $27,614–28,220^\circ$ восточной долготы. Исследуемая зона разлома является сейсмоактивной, землетрясения проявляются как в центральной, так в ее восточной и западной частях. Для Шестовичского регионального разлома наиболее активным по количеству землетрясений (6) и наибольшей величине выделившейся суммарной сейсмической энергии ($\Sigma E = 0,3114 \cdot 10^9$ Дж) был период 2010–2017 гг. Наиболее сильное землетрясение зарегистрировано 23 марта 1992 г. в восточной части ($K = 8,5$, $M = 2,5$, $E = 0,3162 \cdot 10^9$ Дж).

Сеймотектонический потенциал активной зоны Стоходско-Могилевского суперрегионального разлома. Всего за период 1983–2021 гг. зарегистрировано 361 землетрясение в диапазоне энергетических классов землетрясений $K = 4,4–9,0$ (магнитуда $M = 0,2–2,8$) с суммарной величиной выделившейся сейсмической энергии $\Sigma E = 9,3275 \cdot 10^9$ Дж. Зарегистрированные землетрясения по Стоходско-Могилевскому разлому находятся в пределах $52,610–53,250^\circ$ северной широты и $26,690–28,320^\circ$ восточной долготы. Вся зона является сейсмоактивной, землетрясения проявляются в центральной, восточной и западной частях. Для Стоходско-Могилевского разлома наиболее активным по количеству землетрясений (216) и наибольшей величине выделившейся суммарной сейсмической энергии ($\Sigma E = 4,0862 \cdot 10^9$ Дж) был период 2013–2021 гг. Наиболее сильное землетрясение зарегистрировано 1 декабря 1983 г. в восточной части ($K = 9,0$, $M = 2,8$, $E = 1,0000 \cdot 10^9$ Дж). Сейсмодислокации по разлому – сбросо-сдвиги.

Сеймотектонический потенциал активной зоны Сколодинского регионального разлома. Всего за период 1983–2021 гг. зарегистрировано 1 землетрясение, которое произошло 3 февраля 1990 г. с энергетическим классом $K = 6,8$, магнитудой $M = 1,6$ и выделившейся энергией $E = 0,0063 \cdot 10^9$ Дж в западной части разлома. Сколодинский региональный разлом в изучаемом регионе находится в пределах $26,900–28,400^\circ$ восточной долготы. Координаты эпицентра зарегистрированного землетрясения составляют $52,030^\circ$ северной широты и $27,130^\circ$ восточной долготы. Сколодинский региональный разлом является сейсмогенным, но с очень слабым проявлением сейсмической активности. Однако через 30 лет в восточной части разлома 6 мая 2024 г. произошло землетрясение ($K = 7,8$, $M = 2,1$, $E = 0,0661 \cdot 10^9$ Дж).

Сеймотектонический потенциал активной зоны Выжевско-Минского суперрегионального разлома. Всего за период 1983–2021 гг. зарегистрировано 1 землетрясение, которое произошло 22 августа 1989 г. с энергетическим классом $K = 8,0$, магнитудой $M = 2,2$ и выделившейся энергией $E = 0,1000 \cdot 10^9$ Дж в северо-восточной части. Выжевско-Минский разлом в изучаемом регионе находится в пределах $26,000–26,500^\circ$ восточной долготы. Координаты эпицентра зарегистрированного землетрясения составляют $53,150^\circ$ северной широты и $26,430^\circ$ восточной долготы. Выжевско-Минский суперрегиональный разлом является сейсмогенным, но с очень слабой сейсмической активностью.

Заключение. По результатам анализа сеймотектонического потенциала активных зон сейсмогенных разломов в Солигорском горнопромышленном регионе определена их сеймотектоническая активность. Наиболее активным по количеству произошедших землетрясений (381) является Ляховичский региональный разлом. Наибольшая суммарная величина сейсмической

энергии $\Sigma E = 9,3275 \cdot 10^9$ Дж выделилась в Стоходско-Могилевском суперрегиональном разломе. Наиболее сильное землетрясение зарегистрировано 17 октября 1985 г. с энергетическим классом $K = 9,5$ (магнитуа $M = 3,1$) и выделившейся сейсмической энергией $E = 3,1623 \cdot 10^9$ Дж в Северо-Припятском суперрегиональном разломе. Таким образом, можно сделать вывод, что определяющим фактором для сеймотектонического потенциала активной зоны разлома является не только количество зарегистрированных сейсмических событий, но и величина сейсмической энергии, выделившейся в сейсмоактивной зоне разлома.

Список использованных источников

1. Аронов, Г. А. Тектонические разрывные нарушения и сейсмическая активность в районе Старобинского месторождения калийных солей / Г. А. Аронов // Проблемы тектоники континентов и океанов: материалы LI Тектон. совещ. – М.: ГЕОС, 2019. – Т. 1. – С. 22–26.
2. Аронов, Г. А. Сеймотектонические исследования в районе Старобинского месторождения калийных солей / Г. А. Аронов // Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов: материалы I Междунар. науч.-практ. конф. / отв. ред. И. И. Косинова, А. И. Павловский, В. И. Попов. – Воронеж: Истоки, 2020. – С. 106–110.
3. Аронов, А. Г. Мониторинг индуцированной сейсмичности в районе Старобинского месторождения калийных солей в Беларуси / А. Г. Аронов, Г. А. Аронов // Вестн. Нац. ядерного центра Респ. Казахстан. – 2018. – Вып. 2. – С. 129–134. <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2018-2-129-134>
4. Аронов, Г. А. Особенности пространственно-временной сейсмической активности в Солигорском горнопромышленном регионе / Г. А. Аронов // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2019. – Т. 63, № 2. – С. 216–222. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-2-216-222>
5. Геология Беларуси / А. С. Махнач [и др.]. – Минск, 2001. – 815 с.
6. Месторождения калийных солей Беларуси: геология и рациональное недропользование / Э. А. Высоцкий [и др.]. – Минск: Изд-во БГУ, 2003. – 264 с.
7. Разломы земной коры Беларуси / Р. Е. Айзберг [и др.]. – Минск: Красико-Принт, 2007. – 372 с.
8. Введенская А. В. Исследование напряжений и разрывов в очагах землетрясений при помощи теории дислокаций / А. В. Введенская. – М.: Наука, 1969. – 135 с.
9. Frohlich, C. Triangle diagrams: Ternary graphs to display similarity and diversity of earthquake focal mechanisms / C. Frohlich // Phys. Planetary interiors. – 1992. – Т. 75, № 1–3. – P. 193–198. [https://doi.org/10.1016/0031-9201\(92\)90130-N](https://doi.org/10.1016/0031-9201(92)90130-N).
10. Аронов, Г. А. Динамика миграции зон группирования эпицентров землетрясений в северо-западной части Припятского прогиба / Г. А. Аронов // Анализ, прогноз и управление природными рисками с учетом глобального изменения климата – ГЕОРИСК-2018: материалы X Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 т. – М., 2018. – Т. 1. – С. 262–267.

References

1. Aronov G. A. Tektonicheskie razryvnye narusheniya i sejsmicheskaya aktivnost' v rajone Starobinskogo mestorozhdenija kalijnyh solej [Tectonic rupture dislocations and seismic activity in the region of the Starobin potassium salt deposit]. *Problemy tektoniki kontinentov i okeanov: materialy LI Tektonicheskogo soveshhanija* [Proc. LI Tectonic Conference "Problems of Tectonics of the Continents and Oceans"], Moscow, GEOS Publ., 2019, vol. 1, pp. 22–26 (in Russian).
2. Aronov G. A. Sejsmotektonicheskie issledovanija v rajone Starobinskogo mestorozhdenija kalijnyh solej [Seismotectonic investigations in the region of the Starobin potassium salt deposit]. *Zakonomernosti transformatsii ekologicheskikh funktsii geosfer krupnyh gornopromyshlennykh regionov: materialy I Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Proc. I International Scientific and Practical Conference "Patterns of Transformation of the Geosphere Ecological Functions of Large Mining Regions"], Voronezh, Istoki Publ., 2020, pp. 106–110 (in Russian).
3. Aronov A. G., Aronov G. A. Induced seismicity monitoring in the region of the Starobin potassium salt deposit in Belarus. *Vestnik Natsional'nogo yadernogo tsentra Respubliki Kazahstan = Newsletters of the National Nuclear Centre of the Republic of Kazakhstan*, 2018, iss. 2, pp. 129–134 (in Russian). <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2018-2-129-134>
4. Aronov G. A. Some peculiarities of the space – time distribution of the seismic activity within the Soligorsk mining region. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2019, vol. 63, no. 2, pp. 216–222 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2019-63-2-216-222>
5. Makhnach A. S., Garetsky R. G., Matveyev A. V. et al. *Geology of Belarus*. Minsk, Institute of Geological Sciences of the NAS of Belarus, 2001, 815 p. (in Russian).
6. Vysotsky E. A., Gubin V. N., Smychnik A. D., Shemet S. F., Yashin I. A. *Potassium salt deposits of Belarus: geology and efficient management of mineral resources*. Minsk, BGU Publ., 2003, 264 p. (in Russian)
7. Aizberg R. Ye., Garetsky R. G., Karabanov A. K. et al. [Faults of the Earth's crust of Belarus] Minsk, Krasiko-Print Publ., 2007, 372 p. (in Russian)
8. Vvedenskaya A.V. *Investigation of stresses and ruptures in earthquake foci using dislocation theory*. Moscow: Nauka Publ., 1969, 135 p. (in Russian)
9. Frohlich C. Triangle diagrams: Ternary graphs to display similarity and diversity of earthquake focal mechanisms. *Physics of the Earth and Planetary interiors*, 1992, vol.75, no. 1–3, pp. 193–198. [https://doi.org/10.1016/0031-9201\(92\)90130-N](https://doi.org/10.1016/0031-9201(92)90130-N)
10. Aronov G. A. Dinamika migratsii zon gruppirovaniya epitsentrov zemletryaseniy v severo-zapadnoi chasti Pripyatskogo progiba [Dynamics of migration of the earthquake epicenter grouping zones in the northwestern part of the Pripyat Trough]. *Materialy X Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "GEORISK-2018"*, v 2 t. [Proc. X Int. Conf. "GEORISK-2018", in 2 vol.]. Moscow, RUDN University, 2018, vol. 1, pp. 262–267. (in Russian)

Информация об авторе

Аронов Геннадий Аркадьевич – директор. Центр геофизического мониторинга НАН Беларуси (ул. Академика Купревича, 1/3, 220084, Минск, Республика Беларусь). E-mail: aronovg@tut.by

Information about the author

Aronov Gennady A. – Director. Centre of Geophysical Monitoring of the National Academy of Sciences of Belarus (1/3, Academician Kuprevich Str., 220084. Minsk, Republic of Belarus). E-mail: aronovg@tut.by