

Техногенная сейсмическая активность в районе выработок Распадской угольной компании

^{1,2}А.А. Еманов, ¹А.Ф. Еманов, ^{1,2}А.В. Фатеев, ¹Е.В. Шевкунова,
¹В.В. Янкайтис, ¹Р.А. Ершов, ¹П.О. Полянский

¹АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск; ²ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Кузбасс, являясь межгорной впадиной, для которой нехарактерна высокая сейсмичность, находится в условиях, когда еще до разворачивания угольной промышленности в этом регионе были известны редкие землетрясения, приводившие к разрушительным последствиям [1]. По данным геодинамических и тектонических исследований, Кузбасс представляет собой блоковую структуру, находящуюся в напряженном состоянии [2–4].

Начиная с 2005 г., в Кузбассе начали формироваться сейсмические активизации около мест добычи угля [5]. Как результат исследований растущей наведенной сейсмичности совместными усилиями администрации Кемеровской области, коллектива Алтае-Саянского филиала (АСФ) ФИЦ ЕГС РАН и при финансовой поддержке угольных компаний осуществляется постепенное развитие сети сейсмических станций в Кузбассе. На сегодняшний день, вместо одной сейсмической станции в XX в., работают 17 стационарных сейсмических станций, интегрированных в сеть станций АСФ [6, 7]. Любое событие с $ML=2$ регистрируется на территории Кузбасса без пропуска, а на некоторых сейсмоактивных участках представительность регистрации достигает $ML=0$.

Распадское угольное месторождение, разместившееся в Томь-Усинском районе Кузбасса [8], находится в восточном направлении от г. Междуреченска и не охватывается плотной частью сети сейсмических станций, работающих в Кемеровской области. Месторождение богато высококачественными коксующимися углями, и на этой площади работает целая группа шахт и разрезов. Техногенное воздействие на недра очень высоко даже по меркам Кузбасса. Аварийные ситуации на шахтах Распадской угольной компании возникали не однократно. Лишь после аварии в 2010 г. на шахте «Распадская», когда погиб 91 человек от серии взрывов газов, были выполнены сейсмологические исследования с временной сетью станций, установившие существование в данном районе очагов наведенной сейсмичности, в т.ч. и в зоне аварии [6]. К сожалению, детальные сейсмологические наблюдения на этом участке были прекращены.

5 июля 2022 г. в 08^h47^m около г. Междуреченска Кемеровской области в районе с невысокой техногенной сейсмичностью было зарегистрировано землетрясение с $M=4.2$ ($ML=4.4$). Через некоторое время за землетрясением последовало обрушение породы в горных выработках шахты «Распадская-Коксовая». Один человек погиб и еще один через неделю живым извлечен при разборе обрушенной выработки. Детальных сейсмологических наблюдений в момент аварии не было.

Сеть сейсмических станций в Алтае-Саянском регионе позволяет регистрировать в режиме, близком к реальному времени, наведенную сейсмичность в районах горнодобывающих предприятий Кемеровской и Новосибирской областей, Республики Тыва, Республики Хакасия и Красноярского края. Для более детальных наблюдений на территории вблизи шахты «Распадская-Коксовая» Алтае-Саянским филиалом ФИЦ ЕГС РАН была развернута локальная сеть временных сейсмических станций. Сеть состояла из семи сейсмостанций (табл. III.7): станции RAS01, RAS02, RAS04 и RAS06 – с прямой передачей данных в режиме, близком к реальному времени; станции RAS03, RAS05 и RAS07 – с автономным режимом работы без передачи данных.

Таблица III.7. Сведения о сейсмических станциях временной локальной сети АСФ ФИЦ ЕГС РАН в районе шахты «Распадская-Коксовая» в 2022 г.

Код станции	Координаты и высота над уровнем моря			Оборудование		Период работы в 2022 г.	
	φ, °N	λ, °E	h, м	сейсмометр	регистратор	начало	конец
RAS01	53.738	88.107	366	HS-1	Байкал-8.2	14.07	–
RAS02	53.735	88.154	403	HS-1	Байкал-8.2	15.07	–
RAS03	53.826	88.102	293	HS-1	Байкал-8.2	16.07	–
RAS04	53.677	88.158	274	Trilium Compact	Sentaur	16.07	–
RAS05	53.683	88.218	272	HS-1	Байкал-8.1	17.07	23.07
RAS06	53.749	88.105	382	Trilium Compact	Sentaur	23.07	–
RAS07	53.745	88.116	461	HS-1	Байкал-8.1	23.07	–

На рис. III.23 показана карта сети временных и стационарных станций в районе Междуреченска. Основная группа станций (RAS01, RAS02, RAS06 и RAS07) расположена в районе шахты «Распадская-Коксовая», одна станция (RAS03) – в районе старой шахты «Распадская», и две станции – на удалении, в южном и юго-восточном направлении от основной группы станций (RAS04 и RAS05 соответственно).

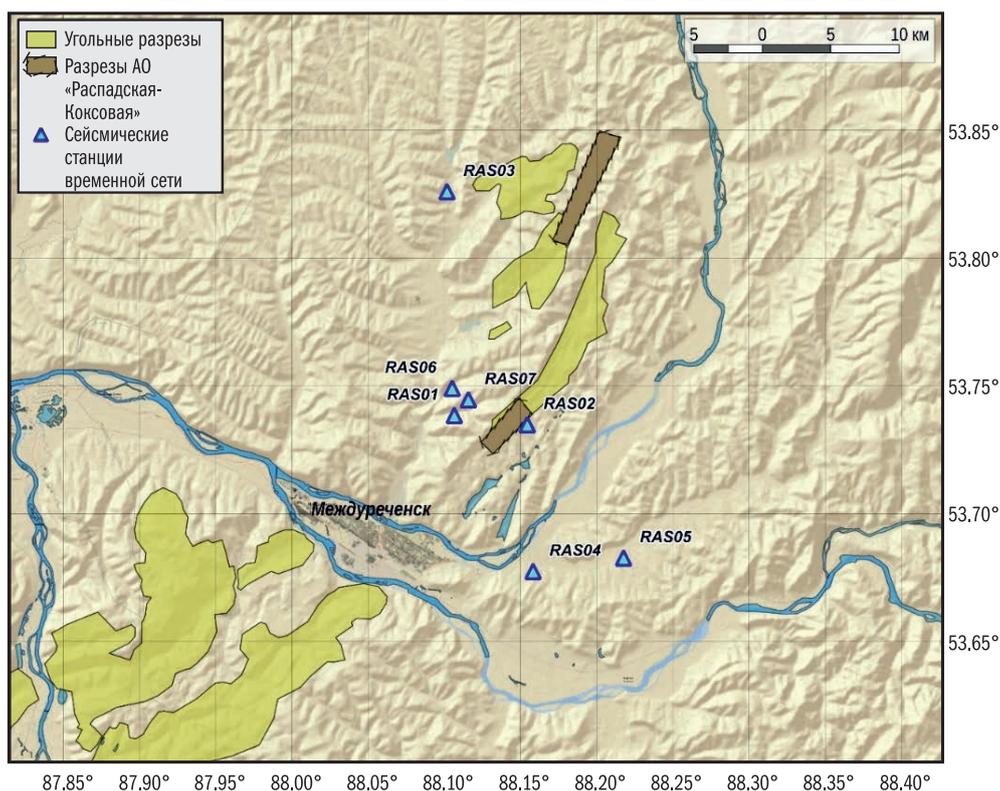


Рис. III.23. Сеть временных станций в районе Междуреченска в 2022 г.

АО «Распадская-Коксовая» проводит добычу твердых полезных ископаемых как открытым, так и закрытым способом. Работы ведутся на нескольких разрезах и в шахте. С целью оценки сейсмической обстановки района открытых горных работ угольного разреза «Распадская-Коксовая» и закрытых горных работ шахты «Распадская-Коксовая» проведен анализ каталогов землетрясений и промышленных взрывов по данным региональной сети станций за период с 2009 по 2022 год. На рис. III.24 приведен график сейсмического процесса за этот период.

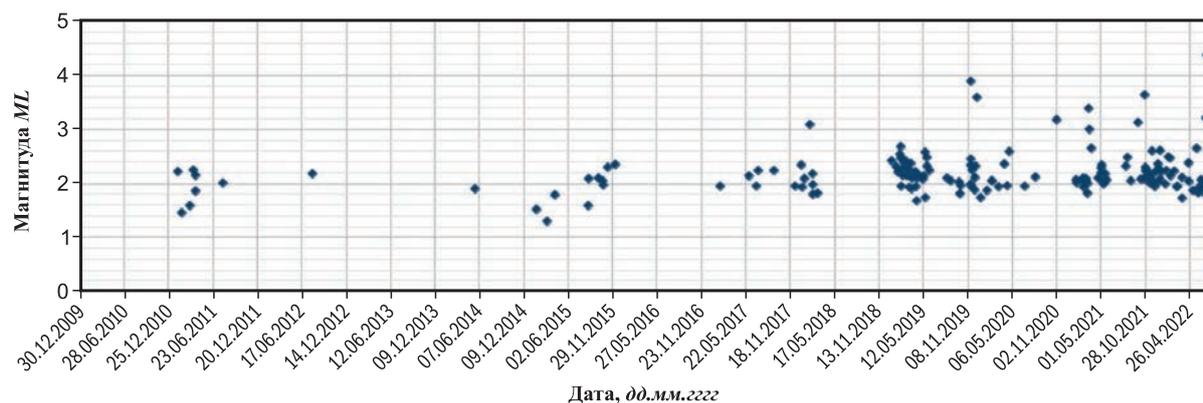


Рис. III.24. Диаграмма распределения землетрясений в районе горных работ АО «Распадская-Коксовая» в плоскости «время–магнитуда» за период 2009–2022 гг.

Из приведенной диаграммы видно, что, начиная с 2011 г., в указанном районе, ограниченном географическими координатами $\varphi=53.70\text{--}53.78^\circ\text{N}$, $\lambda=88.05\text{--}88.25^\circ\text{E}$, помимо промышленных взрывов, начала фиксироваться сейсмическая активность. До 2019 г. сейсмичность имела пульсирующий характер (рис. III.24), после 2019 г. наблюдалось как увеличение количества землетрясений, так и увеличение их энергетического класса. На основании этих данных можно уверенно сказать, что процессу добычи полезных ископаемых в этом районе сопутствует опасный сейсмический процесс.

Установка временной сети позволила регистрировать события с магнитудой $ML \geq 0$. На рис. III.25 приведен график сейсмического процесса на исследуемой территории с июня и до конца 2022 года.

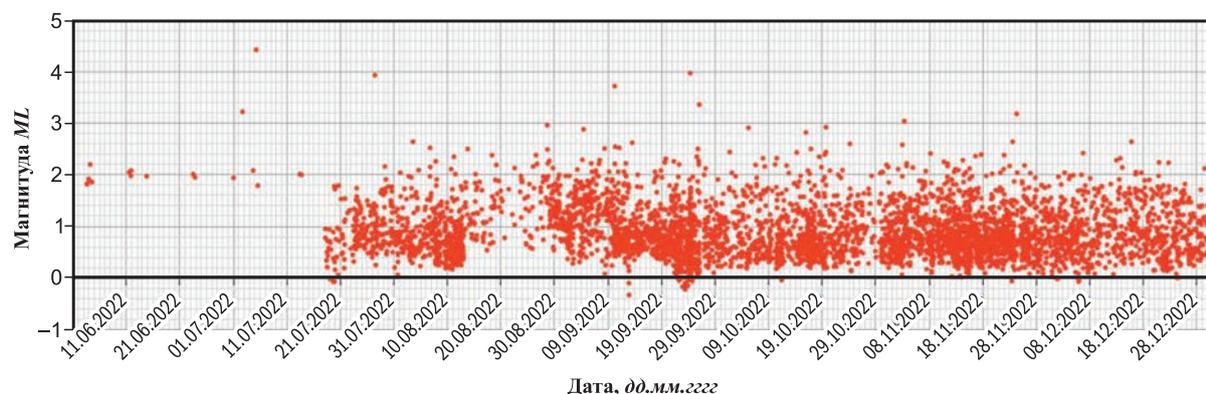
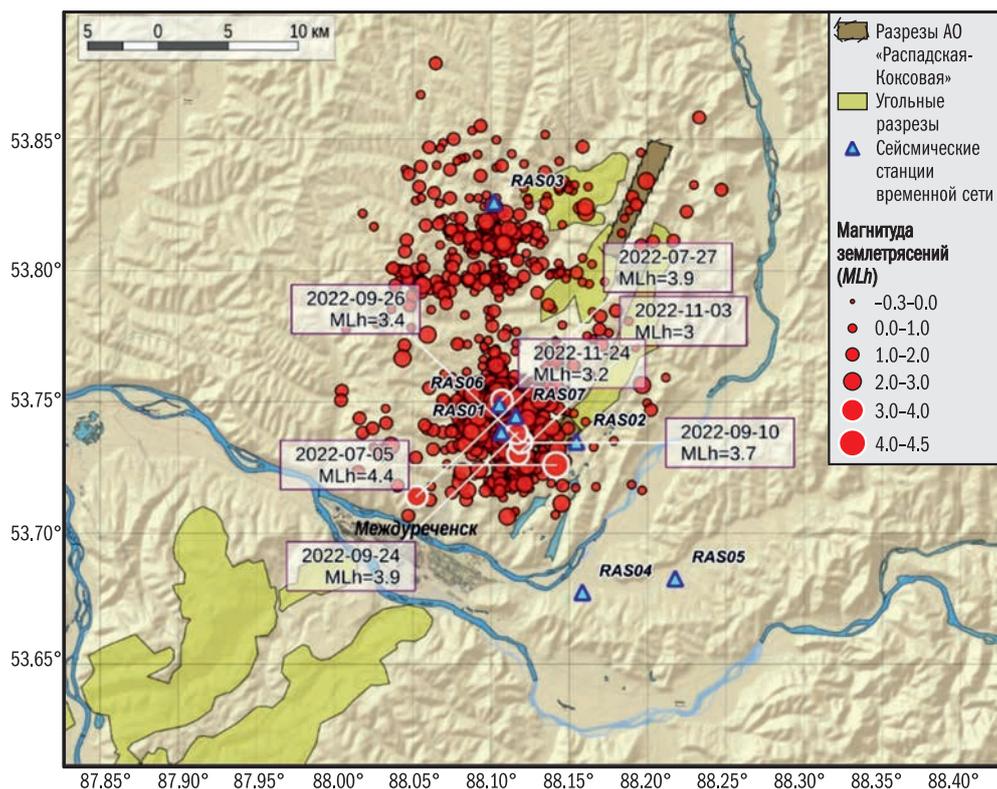


Рис. III.25. Диаграмма распределения землетрясений в районе горных работ АО «Распадская-Коксовая» в плоскости «время–магнитуда» с июня по декабрь 2022 г.

Данный рисунок отражает то огромное количество информации о землетрясениях, которое недоступно региональной сети, и тот факт, что с момента работы временной сети станций контроль над сейсмичностью в районе шахты «Распадская-Коксовая» осуществляется на принципиально новом уровне. Следует отметить, что после землетрясения 05.07.2022 г. с $M=4.2$ ($ML=4.4$) в данном районе до конца года произошло семь землетрясений с $M=3.5\text{--}3.9$ ($ML=3.5\text{--}4.0$).

Всего с 5 июля по 31 декабря 2022 г. в районе шахт и разрезов к северо-востоку от Междуреченска было зарегистрировано более 5000 землетрясений. Основная сейсмическая активизация приурочена к району шахты «Распадская-Коксовая» (там расположены станции RAS01, RAS06, RAS07), вторая активизация, гораздо менее выраженная, приурочена к району шахты «Распадская». Часть землетрясений представляла сложность в локализации, т.к. из-за слабой энергии этих событий вступления определялись только на одной-двух станциях, эти землетрясения исключены из анализа. Итоговая карта землетрясений, зарегистрированных в 2022 г. локальной сетью, приведена на рис. III.26.



В электронный вариант сейсмологического каталога в районе разрезов «Распадский» и «Распадский-Коксовый» за период работы временных станций (14.07.–31.12.2022 г.) в настоящем сборнике внесены параметры 3496 событий, в т.ч. 3243 землетрясений в энергетическом диапазоне $0.5 \leq M \leq 3.8$ ($-0.2 \leq ML \leq 3.9$) и 253 взрывов с $1.0 \leq M \leq 3.0$ ($0.4 \leq ML \leq 2.9$) [9]. Параметры 1305 землетрясений с $M \geq 0.7$ и 247 взрывов с $M \geq 1.7$ продублированы в основном каталоге Алтае-Саянского региона [10]. В печатный вариант каталога землетрясений включены параметры 25 событий с $2.6 \leq M \leq 2.9$ [11], землетрясения с $M \geq 3.0$ опубликованы в печатном варианте основного каталога Алтае-Саянского региона [12] (ред.).

Поскольку основная концентрация эпицентров соответствует территории вокруг шахты «Распадская-Коксовая», то для построения графика повторяемости взяты землетрясения из этой области, которые были четко локализованы по записям трех и более станций (рис. III.27). График построен на основании данных о 2953 землетрясениях.

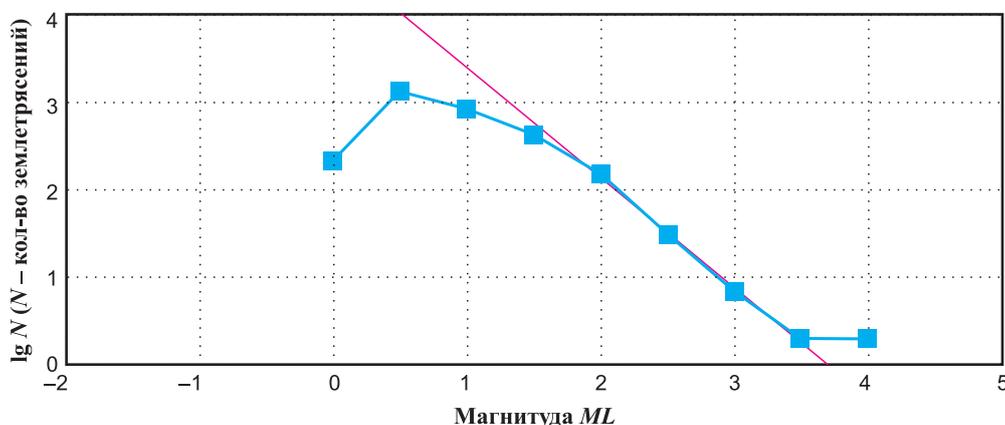


Рис. III.27. График повторяемости землетрясений для района шахты «Распадская-Коксовая» в 2022 г.

Был проведен анализ влияния проводимых на разрезах промышленных взрывов на сейсмическую активность исследуемой зоны.

Необходимо отметить факт, что сейсмическому событию 5 июля в 08^h47^m с магнитудой $M=4.2$ ($ML=4.4$) предшествовали взрывы на разрезах «Распадский» (5 июля в 07^h30^m с $M=2.7$ ($ML=2.5$) и 07^h57^m с $M=2.5$ ($ML=2.3$)) и «Распадский-Коксовый» (5 июля в 08^h19^m с $M=2.7$ ($ML=2.5$) и в 08^h30^m с $M=2.5$ ($ML=2.3$)). Расстояния от произведенных взрывов до эпицентра землетрясения в 08^h47^m с $M=4.2$ составляют порядка 11–12 км для взрывов на разрезе «Распадский» и порядка 1.5–4.0 км – для взрывов на разрезе «Распадский-Коксовый». Последующий мониторинг показал, что временные промежутки между взрывами и крупными землетрясениями в зоне активизации в районе горных работ составляют от нескольких часов до нескольких суток. В целом следует отметить отсутствие воздействия производимых промышленных взрывов на режим сейсмической активизации.

Попытки выявить влияние промышленных взрывов при добыче твердых полезных ископаемых на сейсмичность района работ предпринимались и ранее. В частности, в [13] проводится анализ и делается вывод, что промышленные взрывы, производимые в окрестности зоны техногенной сейсмической активизации, не оказывают заметного воздействия на ее развитие.

Исследования техногенных сейсмических активизаций при разработках угля открытым способом показали, что одним из наиболее значимых факторов, влияющих на сейсмический режим и провоцирующих техногенные землетрясения, является перемещение больших масс горной породы. В частности, землетрясения в районе самих разрезов и отвалов горной породы фиксировались в Кузбассе на разрезах «Бачатский» (до $ML=6.1$) [9, 14] и «Калтанский» (до $ML=4.1$) [7], а также в Новосибирской области в районе Горловского месторождения (до $ML=4.5$) [15]. Причиной этого является усиление процесса воздействия на напряженное состояние среды. В отличие от естественных тектонических деформаций, имеющих относительно малую скорость, нагрузки на вмещающую среду, обусловленные техногенным воздействием, не успевают перераспределиться в массиве горных пород, поскольку скорость возникновения нагрузки превышает скорость ее релаксации. Это способно вывести техногенную сейсмичность на энергетический уровень, создающий реальную опасность для зданий и сооружений.

Результаты

До 2022 г. в районе шахты «Распадская-Коксовая» в пульсирующем режиме наблюдались проявления групп землетрясений с $ML=1.5 \div 2.0$.

Временная сеть станций, выставленная в 2022 г. в районе шахты «Распадская-Коксовая», фиксирует в этом районе ярко выраженное развитие сейсмичности в интервале $ML=0 \div 2$ и существование несколько разреженной сейсмичности в интервале $ML=2.1 \div 4.0$.

Установлено существование и развитие во времени двух локальных сейсмических активизаций: район шахты «Распадская-Коксовая» и район шахты «Распадская».

Выявлено отсутствие однозначной связи между землетрясениями и взрывами.

Литература

1. Жалковский Н.Д., Мучная В.И. Некоторые результаты макросейсмических исследований сильных землетрясений Алтае-Саянской области. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1975. – С. 28–41.
2. Грицюк Я.М. Новейшая тектоника и геодинамика западной части Алтае-Саянской горно-складчатой области // Методы дистанционных исследований для решения природоведческих задач. – Новосибирск: Наука, 1986. – С. 73–79.
3. Макеев В.М., Григорьева С.В. Структурно-геодинамические условия области сочленения южной части Сибирских платформ и Алтае-Саянского орогена // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2015. – № 1. – С. 47–57. – EDN: TNRUOL

4. Новиков И.С., Черкас О.В., Мамедов Г.М., Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю., Наставко В.Г. Этапы активизации и тектоническая делимость Кузнецкого угольного бассейна // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54, № 3. – С. 424–437. – EDN: PXLQWH

5. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Колесников Ю.А., Фатеев А.В., Сёмин А.Ю. Сейсмический мониторинг района г. Осинники (Кемеровская область) // Землетрясения России в 2005 году. – Обнинск: ГС РАН, 2007. – С. 63–65. – EDN: UNPWXB

6. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В., Селезнёв В.С., Манушина О.А., Смоглюк А.С., Шевкунова Е.В. Техногенная сейсмичность шахты «Распадская» // Землетрясения России в 2010 году. – Обнинск: ГС РАН, 2012. – С. 90–95. – EDN: UAYQIV

7. Еманов А.А., Еманов А.Ф., Фатеев А.В., Ситников В.В., Лескова Е.В., Корабельщиков Д.Г., Дураченко А.В. Глава 7.3. Мониторинг наведенной сейсмичности в Кузбассе // Геомеханические поля и процессы: экспериментально-аналитические исследования формирования и развития очаговых зон катастрофических событий в горнотехнических и природных системах / Отв. ред. Н.Н. Мельников. В 2-х т. Т. 1. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. – С. 419–439. – EDN: VRYXTD

8. Угольная база России. Том 2. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны, месторождения Алтайского края и Республики Алтай) / Ред. А.П. Авдеев, В.Ф. Череповский, Г.Н. Шаров, А.З. Юзвickий. – М.: ООО «Геоинформцентр», 2003. – 604 с.

9. 2022-ER_App25_Altai-detaild.xlsx [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2022 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2024]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_22.html, свободный.

10. 2022-ER_App06_Altai-and-Sayan-Mountains.xlsx [Электронный ресурс]: Список приложений для ежегодника «Землетрясения России в 2022 году» // Землетрясения России [сайт]. – [Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2024]. Систем. требования: MS Excel, Open Office. – URL: http://www.gsras.ru/zr/app_22.html, свободный.

11. Подкорытова В.Г. (отв. сост.); Артёмова А.И., Еманов А.А., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевкунова Е.В., Фролов М.В., Гладышев Е.А. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Район разрезов «Распадский» и «Распадский-Коксовый» // Землетрясения России в 2022 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2024. – С. 199.

12. Подкорытова В.Г. (отв. сост.); Артёмова А.И., Еманов А.А., Манушина О.А., Подлипская Л.А., Шаталова А.О., Шевкунова Е.В., Фролов М.В., Гладышев Е.А., Арапов В.В. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Алтай и Саяны // Землетрясения России в 2022 году. – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2024. – С. 159–163.

13. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Фатеев А.В. Раздел V. Экспериментальное исследование наведенной сейсмичности в Кузбассе // Деструкция земной коры и процессы самоорганизации в области сильного техногенного воздействия / Отв. ред. Н.Н. Мельников. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – С. 426–459. – EDN: THKJPT

14. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В. Бачатское техногенное землетрясение 18 июня 2013 г. с $M_L=6.1$, $I_0=7$ (Кузбасс) // Российский сейсмологический журнал. – 2020. – Т. 2, № 1. – С. 48–61. – DOI: 10.35540/2686-7907.2020.1.05. – EDN: NFOYQV

15. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Павленко О.В., Фатеев А.В., Куприш О.В., Подкорытова В.Г. Колыванское землетрясение 09.01.2019 г. с $M_L=4.3$ и особенности наведенной сейсмичности в условиях Горловского угольного бассейна // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2019. – Т. 46, № 4. – С. 29–45. – DOI: 10.21455/VIS2019.4-2. – EDN: ZKVXYE