

УДК 550.834

## Наведённая сейсмичность в угольных и железорудных районах Кузбасса

© 2020 г. А.Ф. Еманов<sup>1</sup>, А.А. Еманов<sup>1,2</sup>, А.В. Фатеев<sup>1,2</sup>, Е.В. Шевкунова<sup>1</sup>,  
В.Г. Подкорытова<sup>1</sup>, О.В. Куприш<sup>1</sup>

<sup>1</sup>АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск, Россия; <sup>2</sup>ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск, Россия

**Аннотация.** По результатам мониторинга сейсмичности в Кузбассе изучаются сейсмические активизации около угольных предприятий и железорудных шахт. Установлено, что наиболее сильные активизации недр в районе угольных выработок протекают как кратковременные активизации длительностью один-два месяца. Следующие подобные активизации происходят чаще на других объектах. Рассмотрена наведённая сейсмичность около железорудных шахт. Обнаружен эффект частичной синхронизации развития сейсмичности на рудниках «Казский», «Шерегешский» и «Таштагольский», стоящих друг от друга на удалениях в сотни километров. На угольных разрезах и шахтах такой синхронизации не наблюдается.

**Ключевые слова:** сейсмология, наведённая сейсмичность, Кузбасс, Горная Шория, рудники, шахты.

**Для цитирования:** Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Подкорытова В.Г., Куприш О.В. Наведённая сейсмичность в угольных и железорудных районах Кузбасса // Российский сейсмологический журнал. – 2020. – Т. 2, № 3. – С. 88–96. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.3.08>

### Введение

Бурное развитие горнодобывающей промышленности ставит на повестку дня вопросы обеспечения сейсмической безопасности в Кемеровской области. При этом рассматриваются вопросы развития сейсмичности в районе добычи угля и в районах добычи железной руды. Заметное усиление сейсмичности в Кемеровской области произошло в XXI в. одновременно с возросшими объёмами добычи полезных ископаемых.

Алтае-Саянская горная область, в составе которой – Кузбасс, имеет ячеистую структуру с сочетанием впадин и окружающих их хребтов. Характерными для сейсмичности региона являются повышенная сейсмичность горного обрамления впадин и практическая асейсмичность самих впадин [Еманов А.Ф. и др., 2012]. Для детального изучения сейсмичности Кузбасса и контроля сейсмического воздействия промышленных взрывов в области была развита сеть сейсмических станций (17 стационарных станций) [Еманов А.Ф. и др., 2015], в ряде случаев устанавливались временные станции. Конфигурация сейсмической сети на территории Кемеровской области позволяет вести предста-

вительную регистрацию сейсмических событий на уровне энергетического класса  $K_p=5$ , или магнитуды  $ML=1.5$  [Еманов А.Ф. и др., 2019]. В отличие от станций региональной сети, которые стоят преимущественно в горных обрамлениях на скальных породах, в Кузбассе большая часть сети – во впадине около угольных разрезов, что даёт возможность с повышенной точностью контролировать наведённую сейсмичность, сформированную под постоянным техногенным воздействием на недра.

В предыдущих исследованиях [Адушкин, 2015; Еманов А.Ф. и др., 2012; 2016; 2018; Еманов А.А. и др., 2017; Опарин и др., 2008] уже доказано существование наведённой сейсмичности около горнодобывающих предприятий и отсутствие однозначной связи с разломами [Новиков и др., 2013].

Сейсмичность в районе железорудных месторождений Горной Шории изучалась после Таштагольского землетрясения 05.02.1988 г. [Дергачёв, Филина, 1990], но в последующие годы этот район исследовался отдалёнными станциями и станциями сети горных ударов на шахте «Таштагол» [Опарин и др., 2008].

Наведённая сейсмичность время от времени испытывает фазы активизаций, и в данной

работе ставится задачей оценить, как возникают и протекают сейсмические активизации в Кемеровской области. Самой крупной активизацией последнего столетия является сейсмический процесс, в составе которого произошло Бачатское землетрясение 18.06.2013 г. с  $ML=6.1$ . Подробное описание этой сейсмической активизации дано в работах [Еманов А.Ф. и др., 2016; 2018]. Основное внимание в данной работе посвящено активизациям иных шахт и разрезов.

### Эволюция наведённой сейсмичности в Кузбассе

С 2014 по 2020 г. идёт плавное увеличение количества взрывов в Кемеровской области от 5868 в 2014 г. до 9314 в 2019 году. Табл. 1 отражает изменение по месяцам числа землетрясений и взрывов. По количеству техногенных землетрясений подобная зависимость не прослеживается. Представленные графики (рис. 1) более наглядно показывают изменение числа взрывов и землетрясений после Бачатского землетрясения. В общем, изменение числа взрывов и землетрясений – два не увязанных процесса, но количество событий считалось без учёта их энергий.

В табл. 2 представлены данные об изменении суммарной сейсмической энергии за месяц в течение пятилетнего периода. Более наглядно эволюцию сейсмичности можно видеть на рис. 2. Как по числу событий за месяц, так и по суммарной энергии за месяц для промышленных взрывов наблюдается рост до 2019 г. и неболь-

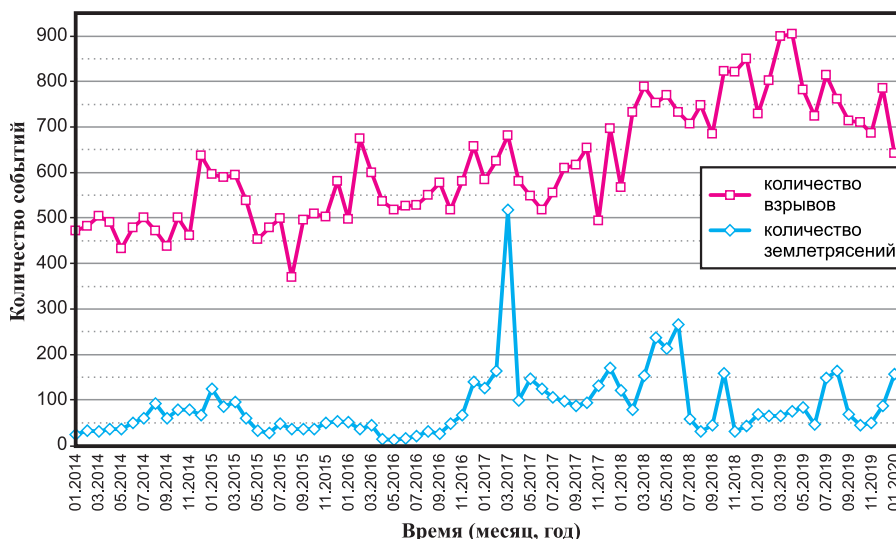
шое снижение к 2020 году. За пятилетний период выделяются несколько сейсмических активизаций, возвышающихся над общим фоном наведённой сейсмичности в Кемеровской области: первая активизация (июнь 2014 г.) приурочена к Бачатскому угольному разрезу; вторая (март 2017 г.) соответствует активизации в районе Калтанского угольного разреза и со связанной с ней активизацией шахты «Алардинская»; третья (май 2018 г.) и четвёртая (сентябрь 2018 г.) – активизации того же района; пятая (июль–август 2019 г.) – активизация в Горной Шории (Каз, Шерегеш). Сейсмические активизации – кратковременные и доминирующие, как по числу событий, так и по энергии, над общим фоном сейсмичности. При этом один и тот же участок (разрез, шахта) активен в виде серии кратковременных активизаций.

Сейсмический режим в Кемеровской области испытывает постоянные изменения во времени и пространстве, поэтому выполняется поквартальный мониторинг сейсмической активности. На рис. 3 представлена карта плотности землетрясений за I квартал 2019 г., демонстрирующая наибольшую активность в районах около г. Полысаево и около предприятий в Распадской.

Сейсмичность разрезов, активных в предыдущие годы (Бачатского, Калтанского и др.), существует, но не является доминирующей в I квартале 2019 года. В 2019 г. существенные изменения сейсмичности происходят с начала III квартала. Наиболее заметна сейсмичность в районе Горной Шории, а именно около шахты «Казская». Второй по активности район – около разрезов

**Таблица 1.** Количество землетрясений и взрывов в Кемеровской области по месяцам 2014–2020 гг.

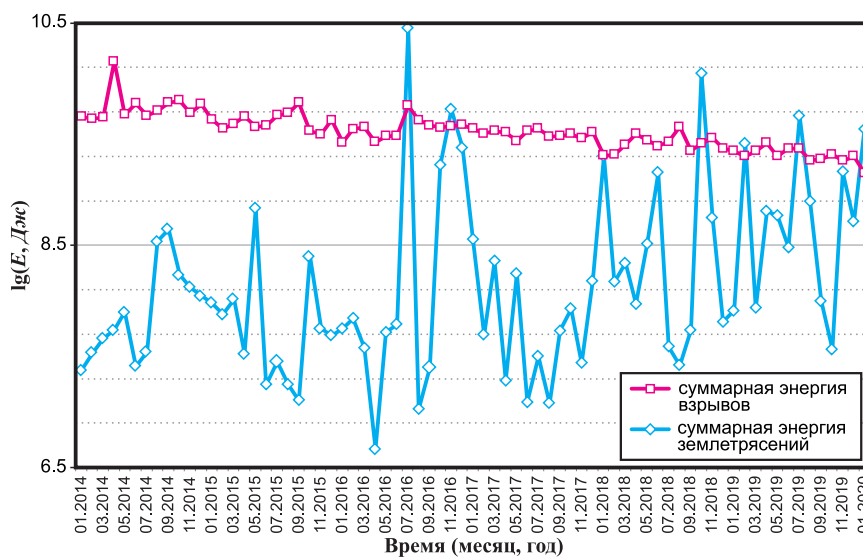
Месяц	2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	земл-я	взрывы	земл-я	взрывы	земл-я	взрывы	земл-я	взрывы	земл-я	взрывы	земл-я	взрывы	земл-я	взрывы
1	24	472	125	597	52	497	126	584	121	567	69	729	157	643
2	33	482	85	589	35	674	164	625	78	733	64	802	12	94
3	30	505	96	594	45	600	518	681	154	789	64	900		
4	35	491	60	539	14	536	98	581	237	753	75	905		
5	35	432	32	453	12	517	146	549	213	770	84	781		
6	50	479	27	478	16	527	124	517	265	732	46	724		
7	60	500	48	499	21	528	106	556	58	707	149	815		
8	92	471	35	369	31	550	97	610	30	748	164	761		
9	59	437	35	495	25	577	87	616	44	685	68	714		
10	78	500	35	510	48	517	93	654	158	822	45	711		
11	79	462	50	503	66	581	132	494	30	821	50	687		
12	67	637	53	580	140	657	171	697	43	850	87	785		
Итого	642	5868	681	6206	505	6761	1862	7164	1199	8977	965	9314	169	737



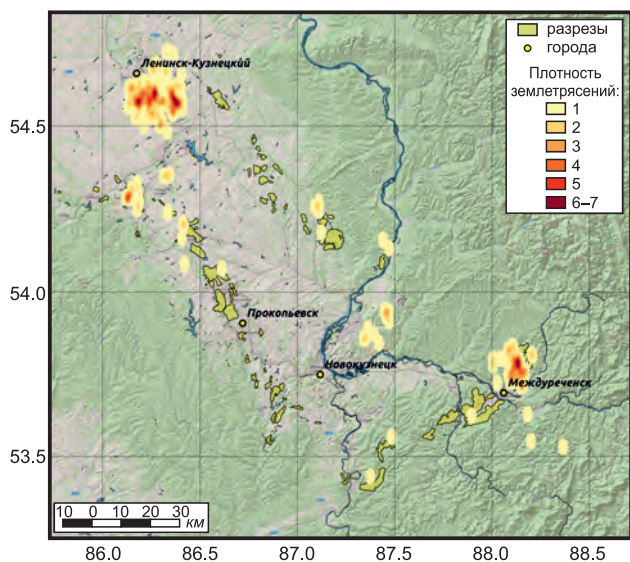
**Рис. 1.** Изменение количества взрывов и землетрясений в Кузбассе с 2014 по 2020 г.  
Каждая точка – количество взрывов за месяц

**Таблица 2.** Суммарная сейсмическая энергия в Кемеровской области по месяцам 2014–2020 гг.

Месяц	2014 г.		2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	земл-я	взрывы	земл-я	взрывы	земл-я	взрывы	земл-я	взрывы	земл-я	взрывы	земл-я	взрывы	земл-я	взрывы
1	2.4·10 <sup>7</sup>	4.5·10 <sup>9</sup>	9.7·10 <sup>7</sup>	4.3·10 <sup>9</sup>	5.7·10 <sup>7</sup>	2.7·10 <sup>9</sup>	3.6·10 <sup>8</sup>	3.6·10 <sup>9</sup>	2.0·10 <sup>9</sup>	2.0·10 <sup>9</sup>	8.2·10 <sup>7</sup>	2.2·10 <sup>9</sup>	3.5·10 <sup>9</sup>	1.4·10 <sup>9</sup>
2	3.4·10 <sup>7</sup>	4.4·10 <sup>9</sup>	7.6·10 <sup>7</sup>	3.6·10 <sup>9</sup>	7.0·10 <sup>7</sup>	3.5·10 <sup>9</sup>	5.0·10 <sup>7</sup>	3.2·10 <sup>9</sup>	1.5·10 <sup>8</sup>	2.1·10 <sup>9</sup>	2.6·10 <sup>9</sup>	2.0·10 <sup>9</sup>		
3	4.6·10 <sup>7</sup>	4.5·10 <sup>9</sup>	1.0·10 <sup>8</sup>	3.9·10 <sup>9</sup>	3.8·10 <sup>7</sup>	3.7·10 <sup>9</sup>	2.3·10 <sup>8</sup>	3.4·10 <sup>9</sup>	2.2·10 <sup>8</sup>	2.6·10 <sup>9</sup>	8.7·10 <sup>7</sup>	2.2·10 <sup>9</sup>		
4	5.5·10 <sup>7</sup>	1.4·10 <sup>10</sup>	3.4·10 <sup>7</sup>	4.6·10 <sup>9</sup>	4.7·10 <sup>7</sup>	2.7·10 <sup>9</sup>	1.9·10 <sup>7</sup>	3.3·10 <sup>9</sup>	9.5·10 <sup>7</sup>	3.2·10 <sup>9</sup>	6.4·10 <sup>8</sup>	2.7·10 <sup>9</sup>		
5	7.9·10 <sup>7</sup>	4.8·10 <sup>9</sup>	6.8·10 <sup>8</sup>	3.7·10 <sup>9</sup>	5.3·10 <sup>7</sup>	3.1·10 <sup>9</sup>	1.8·10 <sup>8</sup>	2.8·10 <sup>9</sup>	3.3·10 <sup>8</sup>	2.8·10 <sup>9</sup>	5.9·10 <sup>8</sup>	2.0·10 <sup>9</sup>		
6	2.6·10 <sup>7</sup>	6.0·10 <sup>9</sup>	1.8·10 <sup>7</sup>	3.8·10 <sup>9</sup>	6.2·10 <sup>7</sup>	3.1·10 <sup>9</sup>	1.2·10 <sup>7</sup>	3.4·10 <sup>9</sup>	1.4·10 <sup>9</sup>	2.5·10 <sup>9</sup>	3.1·10 <sup>8</sup>	2.4·10 <sup>9</sup>		
7	3.5·10 <sup>7</sup>	4.7·10 <sup>9</sup>	2.9·10 <sup>7</sup>	4.7·10 <sup>9</sup>	2.9·10 <sup>10</sup>	5.7·10 <sup>9</sup>	3.2·10 <sup>7</sup>	3.6·10 <sup>9</sup>	3.9·10 <sup>7</sup>	2.7·10 <sup>9</sup>	4.6·10 <sup>9</sup>	2.4·10 <sup>9</sup>		
8	3.4·10 <sup>8</sup>	5.1·10 <sup>9</sup>	1.8·10 <sup>7</sup>	4.9·10 <sup>9</sup>	1.1·10 <sup>7</sup>	4.2·10 <sup>9</sup>	1.2·10 <sup>7</sup>	3.0·10 <sup>9</sup>	2.6·10 <sup>7</sup>	3.7·10 <sup>9</sup>	7.9·10 <sup>8</sup>	1.8·10 <sup>9</sup>		
9	4.5·10 <sup>8</sup>	6.1·10 <sup>9</sup>	1.3·10 <sup>7</sup>	6.1·10 <sup>9</sup>	2.5·10 <sup>7</sup>	3.8·10 <sup>9</sup>	5.4·10 <sup>7</sup>	3.0·10 <sup>9</sup>	5.5·10 <sup>7</sup>	2.3·10 <sup>9</sup>	1.0·10 <sup>8</sup>	1.9·10 <sup>9</sup>		
10	1.7·10 <sup>8</sup>	6.4·10 <sup>9</sup>	2.5·10 <sup>8</sup>	3.4·10 <sup>9</sup>	1.7·10 <sup>9</sup>	3.7·10 <sup>9</sup>	8.5·10 <sup>7</sup>	3.2·10 <sup>9</sup>	1.1·10 <sup>7</sup>	2.6·10 <sup>9</sup>	3.7·10 <sup>7</sup>	2.1·10 <sup>9</sup>		
11	1.3·10 <sup>8</sup>	4.9·10 <sup>9</sup>	5.7·10 <sup>7</sup>	3.2·10 <sup>9</sup>	5.3·10 <sup>9</sup>	3.8·10 <sup>9</sup>	2.8·10 <sup>7</sup>	2.9·10 <sup>9</sup>	5.7·10 <sup>8</sup>	2.9·10 <sup>9</sup>	1.5·10 <sup>9</sup>	1.8·10 <sup>9</sup>		
12	1.1·10 <sup>8</sup>	5.9·10 <sup>9</sup>	4.9·10 <sup>7</sup>	4.3·10 <sup>9</sup>	2.4·10 <sup>9</sup>	3.9·10 <sup>9</sup>	1.5·10 <sup>8</sup>	3.3·10 <sup>9</sup>	6.5·10 <sup>7</sup>	3.3·10 <sup>9</sup>	5.2·10 <sup>8</sup>	2.0·10 <sup>9</sup>		
ΣE, Дж	1.5·10 <sup>9</sup>	7.2·10 <sup>10</sup>	1.4·10 <sup>9</sup>	5.0·10 <sup>10</sup>	3.8·10 <sup>10</sup>	4.4·10 <sup>10</sup>	1.2·10 <sup>9</sup>	3.9·10 <sup>10</sup>	1.6·10 <sup>10</sup>	3.9·10 <sup>10</sup>	1.2·10 <sup>10</sup>	2.6·10 <sup>10</sup>	3.5·10 <sup>9</sup>	1.4·10 <sup>9</sup>

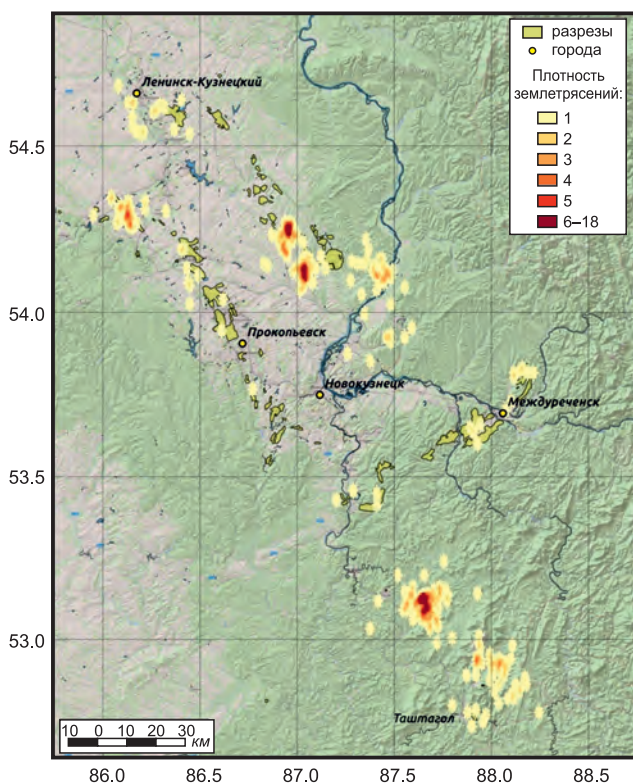


**Рис. 2.** Изменение суммарной сейсмической энергии в Кузбассе с 2014 по 2020 г.  
Каждая точка – величина логарифма суммарной энергии за месяц



**Рис. 3.** Карта плотности землетрясений в Кузбассе за I квартал 2019 г. (плотность каждой точки рассчитывалась как плотность на круглой площадке с центром в точке и радиусом 3 км,  $шт./28.3 км^2$ )

на линии посёлков Большая и Малая Талда, Октябрьский. В районе г. Полысаево и в Распадской сейсмичность в значительной степени затихла. В слабой степени проявляет себя район шахты «Шерегешская» (рис. 4).



**Рис. 4.** Карта плотности землетрясений в Кузбассе за III квартал 2019 г. (плотность каждой точки рассчитывалась как плотность на круглой площадке с центром в точке и радиусом 3 км,  $шт./28.3 км^2$ )

Некоторые сейсмические активизации в районе угольных шахт неоднократно детально изучались в работах [Еманов А.Ф. и др., 2012; 2015; 2016; 2020], но в последние годы повысилась сейсмическая активность в местах расположения железорудных шахт «Казская», «Шерегешская» и «Таштагольская». Хорошо известно крупное Таштагольское землетрясение 05.02.1988 г., которое изучалось с сетью временных станций в эпицентральной зоне [Дергачёв, Филина, 1990].

Изменчивость сейсмической активности наблюдается и в последующее время. На рис. 5 можно видеть, что в Горной Шории наибольшую активность демонстрирует район шахты «Шерегешская». Также произошли изменения в сейсмической активности угольных предприятий. Наибольшее число землетрясений происходит в районе г. Полысаево и к востоку от г. Новокузнецка.

На рис. 6 показано, что сейсмичность районов железорудных шахт велика на протяжении десятилетий и сопоставима с сейсмичностью угольных предприятий. Наведённая сейсмичность в этом районе доминирует над развитием природной сейсмичности, представленной в виде отдельных событий, в основном в горных районах Кемеровской области.

На рис. 7 представлено развитие во времени сейсмичности около шахт. Видно, что сейсмичность шахт отличается друг от друга. До настоящего времени самым сейсмически активным был район Таштагола. Пиком активизации был 1988 г., и активность наблюдалась до 2001 г., начиная с которого, и по 2011 г., землетрясения практически отсутствуют. С 2013 г. отмечается нарастающее усиление сейсмичности до магнитуд 3.

Район шахты «Шерегешская» характеризовался проявлениями слабой сейсмичности до 1996 года. С 1996 по 2012 г. в этом районе наблюдается сейсмическое затишье. С 2012 г. начинается усиливающийся во времени процесс с наиболее сильными событиями с магнитудами, близкими к значению 4.

Район шахты «Казская» до 1992 г. характеризуется стабильной слабой сейсмичностью, а с 1992 по 2011 г. – чередованием полной асейсмичности с редкими слабыми землетрясениями. С 2012 г. наблюдается нарастающее усиление сейсмичности. В этом районе на фоне усиления числа землетрясений возникают кратковременные активизации с большим количеством землетрясений при увеличении магнитуды максимального события при каждой последующей пульсации активности. Магнитуды сильнейших землетрясений находятся в интервале от 3.5 до 4.

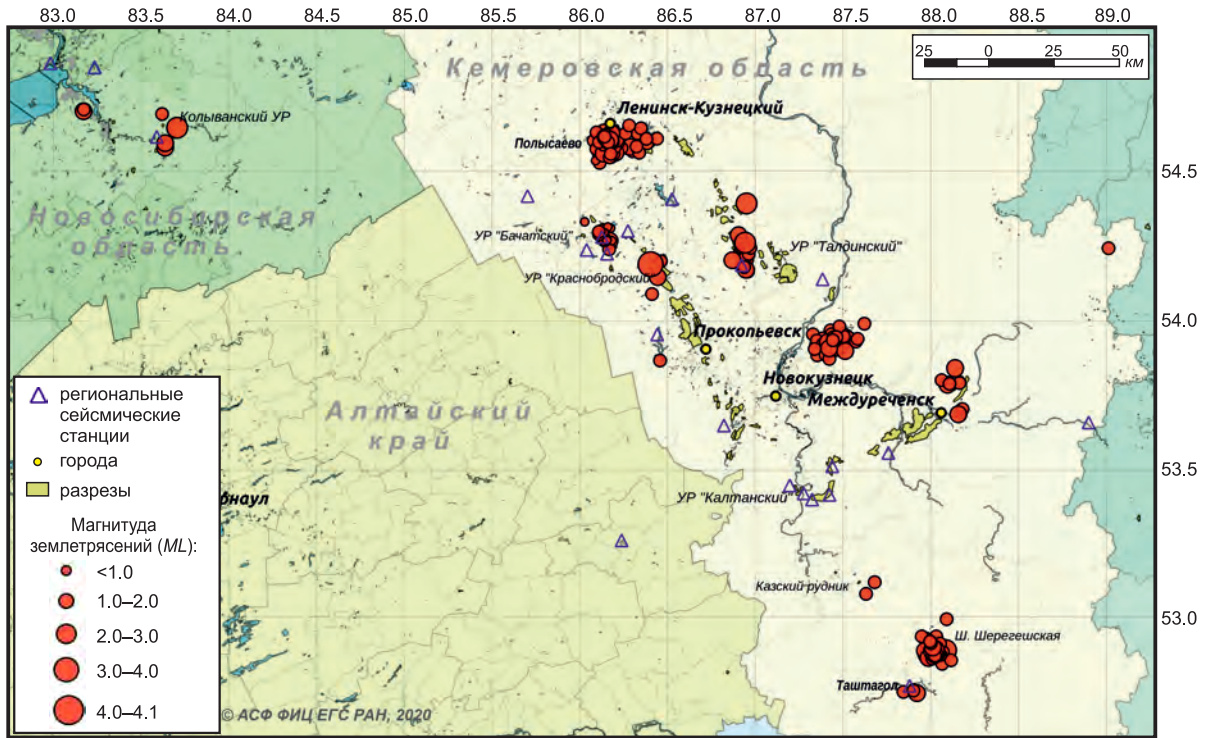


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений начала 2020 г. (207 землетрясений до 13 февраля)

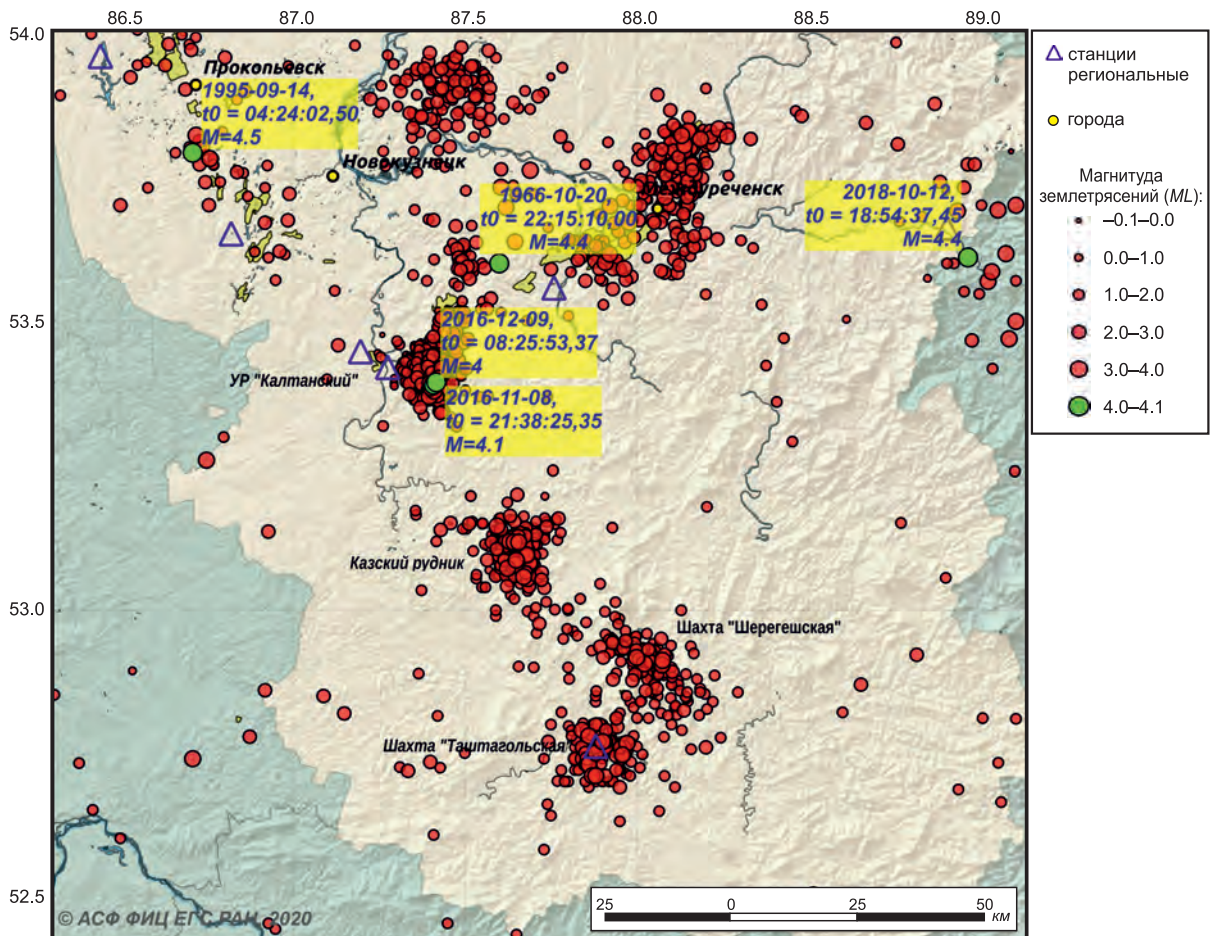


Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений юга Кузбасса 1963–2020 гг. (до 31 января 2020 г.)

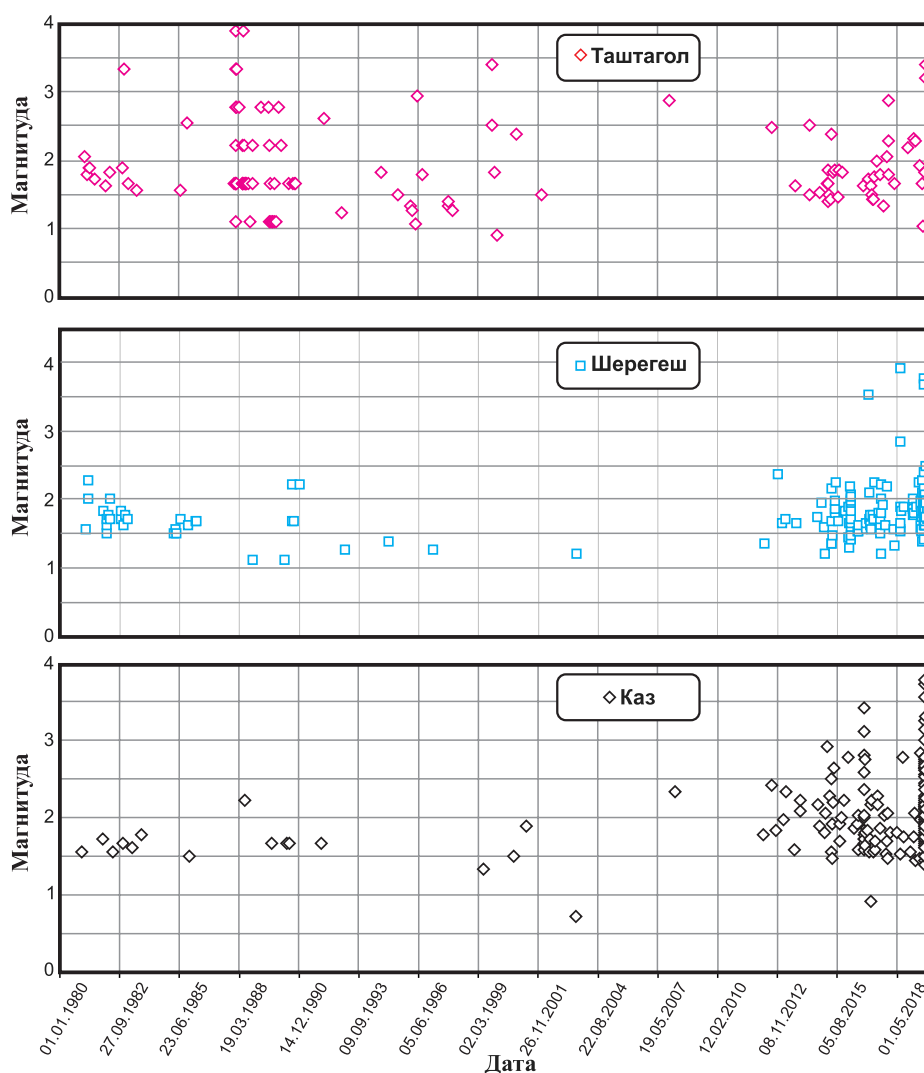


Рис. 7. Развитие во времени сейсмичности около железорудных шахт Горной Шории с 1980 по 2020 г.: а – шахта «Таштагольская»; б – шахта «Шерегешская»; в – шахта «Казская»

Обращает на себя внимание одновременное усиление сейсмической активности, начиная с 2012 г., в районе всех трёх шахт в Горной Шории с максимальными землетрясениями в 2019–2020 гг.

### Выводы

Наведённая сейсмичность в Кузбассе развивается в Кузнецкой впадине около предприятий, добывающих уголь, и в Горной Шории около железорудных шахт.

Наведённая сейсмичность – нестационарный процесс с изменением сейсмической активности во времени и пространстве, что требует постоянного контроля над регионом с целью предупреждения о местах с наибольшей сейсмической активностью.

Сильнейшие активизации протекают как кратковременный процесс (один-два месяца).

Сейсмически активными могут быть как районы под выработками (подземными или открытыми), так и отвалы горных масс.

Сильнейшие активизации в последнее десятилетие происходили и изучались в районе разреза «Бачатский» и в районе разреза «Калтанский» с активизированной шахтой «Алардинская», в районе шахт около г. Полысаево.

В Горной Шории установлен факт сейсмической активизации районов шахт «Шерегешская», «Казская» и «Таштагольская». Для всех трёх шахт с 2012 г. наблюдается нарастающее во времени развитие сейсмичности. Синхронность процессов не полная, но присутствует, что позволяет говорить о наличии меняющегося во времени природного регионального процесса, сочетающегося с техногенным воздействием на земную кору. Такое сочетание приводит к усилению сейсмичности.

Работа выполнена в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН» по проекту № 0152-2018-0026, Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН по проекту № 0331-2019-0006 и при поддержке договоров между АСФ ФИЦ ЕГС РАН и угольными компаниями в Кузбассе: АО «УК «Кузбассразрезуголь», АО «Поляны», АО «СУЭК-Кузбасс», АО «Черниговец», АО разрез «Шестаки», АО «ОУК «Южкузбассуголь», ПАО «Южный Кузбасс».

### Литература

Адушкин В.В. Триггерная сейсмичность Кузбасса // Триггерные эффекты в геосистемах. Материалы III Всероссийского семинара-совещания. — М.: Издательство ГЕОС, 2015. — С. 8–28.

Дергачёв А.А., Филина А.Г. Детальные сейсмологические наблюдения в эпицентральной зоне Таштагольского землетрясения 05.02.1988 г. // Исследования по созданию научных основ прогноза землетрясений в Сибири. Вып. 4 / Отв. за выпуск Н.В. Солоненко. — Иркутск: ИЗК СО РАН, 1990. — С. 37–42.

Еманов А.А., Еманов А.Ф., Фатеев А.В., Лескова Е.В. Одновременное воздействие открытых и подземных горных работ на недра и наведённая сейсмичность // Вопросы инженерной сейсмологии. — 2017. — Т. 44, № 4. — С. 51–62.

Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Подкорытова В.Г., Шевкунова Е.В. Алтай и Саяны // Землетрясения Северной Евразии. — Вып. 22 (2013 г.). — Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2019. — С. 139–149.

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.

Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В. Техногенное Бачатское землетрясение 18.06.2013 в Кузбассе — сильнейшее в мире при добыче твёрдых полезных ископаемых // Вопросы инженерной сейсмологии. — 2016. — Т. 43, № 4. — С. 34–60.

Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В., Корабельщиков Д.Г., Дураченко А.В. Система мониторинга наведённой сейсмичности Кузбасса и триггерные эффекты в развитии сейсмического процесса // Триггерные эффекты в геосистемах. Материалы III Всероссийского семинара-совещания. — М.: Издательство ГЕОС, 2015. — С. 190–199.

Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В., Селезнев 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.

Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Ворона У.Ю., Серёжников Н.А. Сейсмический эффект промышленных взрывов и основные закономерности формирования и развития сейсмичности около шахт и разрезов Кузбасса // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. — 2018. — № 3. — С. 57–72.

Новиков И.С., Черкас О.В., Мамедов Г.М., Симонов Ю.Г., Симонова Т.Ю., Наставко В.Г. Этапы активации и тектоническая делимость Кузнецкого угольного бассейна (Южная Сибирь) // Геология и геофизика. — 2013. — Т. 54, № 3. — С. 424–437.

Опарин В.Н., Сашурин А.Д., Кулаков Г.И., Леонтьев А.В. и др. Современная геодинамика массива горных пород верхней части литосферы: истоки, параметры, воздействие на объекты недропользования. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. — 449 с.

### Сведения об авторах

**Еманов Александр Федорович**, д-р техн. наук, директор Алтае-Саянского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук» (АСФ ФИЦ ЕГС РАН), г. Новосибирск, Россия. E-mail: emanov@gs.nsc.ru

**Еманов Алексей Александрович**, канд. геол.-мин. наук, зам. директора АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск, Россия; ст. науч. сотр. Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН), г. Новосибирск, Россия. E-mail: alex@gs.nsc.ru

**Фатеев Александр Владимирович**, ст. науч. сотр. АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск, Россия; вед. инженер ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск, Россия. E-mail: fateev@gs.nsc.ru

**Шевкунова Елена Викторовна**, науч. сотр. АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск, Россия. E-mail: elenash@gs.nsc.ru

**Подкорытова Валентина Григорьевна**, науч. сотр. АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск, Россия. E-mail: podk@gs.nsc.ru

**Куприш Оксана Витальевна**, мл. науч. сотр. АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск, Россия. E-mail: kuprish@gs.nsc.ru

## Induced seismicity in coal and iron ore regions of Kuzbass

© 2020 A.F. Emanov<sup>1</sup>, A.A. Emanov<sup>1,2</sup>, A.V. Fateev<sup>1,2</sup>, E.V. Shevkunova<sup>1</sup>, V.G. Podkorytova<sup>1</sup>, O.V. Kuprish<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ASB GS RAS, Novosibirsk, Russia; <sup>2</sup>IPGG SB RAS, Novosibirsk, Russia

**Abstract** According to the results of seismicity monitoring in the Kemerovo region, seismic activations are studied near coal enterprises and iron ore mines. Spatial-temporal variability of induced seismicity in Kuzbass is shown. It has been established that the strongest subsoil activations in the area of mining occur as short-term activations lasting 1-2 months and repeated several times in one to two years. The following similar activations are already taking place at other objects. Induced seismicity in Mountains Shoria is considered. The effect of partial synchronization of the development of seismicity was discovered at the mines of Kazsky, Sheregeshsky, Tashtagolsky, located one hundred kilometers apart.

**Keywords** Seismology, induced seismicity, Kuzbass, Mountain Shoria, mining camp, mines.

**For citation** Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Shevkunova, E.V., Podkorytova, V.G., & Kuprish, O.V. (2020). [Induced seismicity in coal and iron ore regions of Kuzbass]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 2(3), 88-96. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2020.3.08>

### References

- Adushkin, V.V. (2015). [Kuzbass trigger seismicity]. In *Triggernye jeffekty v geosistemah. Materialy III Vserossijskogo seminar-soveshhanija* [Materials of the All-Russian seminar-meeting "Trigger effects in geosystems"] (pp. 8-28). Moscow, Russia: GEOS Publ. (In Russ.).
- Dergachev, A.A., & Filina, A.G. (1990). [Detailed seismological observations in the epicentral zone of the Tashtagol earthquake 02/05/1988]. In *Issledovanija po sozdaniyu nauchnyh osnov prognoza zemletrjasenij v Sibiri. Vyp. 4 / Otv. za vypusk N.V. Solonenko* [Research on the creation of the scientific basis for the prediction of earthquakes in Siberia. Responsible for the release N.V. Solonenko] (pp. 37-42). Irkutsk, Russia: IEC SB RAS Publ. (In Russ.).
- Emanov, A.A., Emanov, A.F., Fateev, A.V., & Leskova, E.V. (2017). Simultaneous impact of opencast and underground coal mining on the Earth's crust and induced seismicity. *Problems of Engineering Seismology*, 44(4), 51-62.
- Emanov, A.F., Emanov, A.A., & Fateev, A.V. [Bachatsky induced earthquake on June 18, 2013, ML=6.1, I<sub>0</sub>=7 (Kuzbass)]. *Rossiiskii seismologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Seismology], 2(1), 48-61. (In Russ.).
- Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., & Leskova, E.V. (2016). The technogenic ML=6.1 Bachatsky earthquake of 18 June 2013 in Kuzbass: The world strongest event during mining operations. *Problems of Engineering Seismology*, 43(4), 34-60.
- Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Leskova, E.V., Korabelschikov, D.G., & Durachenko, A.V. (2015). [Kuzbass induced seismicity monitoring system and trigger effects in the development of the seismic process]. In *Triggernye jeffekty v geosistemah. Materialy III Vserossijskogo seminar-soveshhanija* [Materials of the All-Russian seminar-meeting "Trigger effects in geosystems"] (pp. 190-199). Moscow, Russia: GEOS Publ. (In Russ.).
- Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Leskova, E.V., Seleznev, V.S., Manushina, O.A., Smoglyuk, A.S., & Shevkunova, E.V. (2012). [Technogenic seismicity of the Rapsadskaya mine]. In *Zemletrjaseniia Rossii v 2010 godu* [The earthquakes of Russia in 2010] (pp. 90-95). Obninsk, Russia: GS RAS Publ. (In Russ.).
- Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Podkorytova, V.G., & Shevkunova, E.V. (2019). [Altai and Sayan mountains]. *Zemletriaseniia Severnoi Evrazii* [Earthquakes in Northern Eurasia], 22(2013), 139-149. (In Russ.). doi: 10.35540/1818-6254.2019.22.12.
- Emanov, A.F., Emanov, A.A., Fateev, A.V., Shevkunova, E.V., Vorona, U.Yu., & Seryozhnikov, N.A. (2018). [The seismic effect of industrial explosions and the basic laws of the formation and development of seismicity around mines and sections of the Kuzbass]. *Vestnik Nauchnogo centra VostNII po promyshlennoj i jekologicheskoi bezopasnosti* [Bulletin of the Scientific Center of VostNII industrial and environmental safety], 3, 57-72. (In Russ.).
- Novikov, I.S., Cherkas, O.V., Mamedov, G.M., Simonov, Yu.G., Simonova, T.Yu., & Nastavko, V.G.



(2013). Activity stages and tectonic division in the Kuznetsk Basin, Southern Siberia. *Russian Geology and Geophysics*, 54(3), 324-334.

Oparin, V.N., Sashurin, A.D., Kulakov, G.I., Leon-tiev, A.V., et al. (2008). *Sovremennaja geodinamika massiva gornyh porod verhnej chasti litosfery: istoki*

*parametry, vozdejstvie na ob'ekty nedropol'zovanija* [Modern geodynamics of the rock mass of the upper part of the lithosphere: sources of parameters, impact on subsoil use objects]. Novosibirsk, Russia: SB RAS Publ., 449 p. (In Russ.).

#### Information about authors

**Emanov Aleksandr Fedorovich**, Dr., Director of the Altai-Sayan Branch of the Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences (ASB GS RAS), Novosibirsk, Russia. E-mail: emanov@gs.nsc.ru

**Emanov Aleksey Aleksandrovich**, PhD, Deputy Director of the ASB GS RAS, Novosibirsk, Russia; Senior Researcher of the Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPGG SB RAS), Novosibirsk, Russia. E-mail: alex@gs.nsc.ru

**Fateev Aleksandr Vladimirovich**, Senior Researcher of the ASB GS RAS, Novosibirsk, Russia; Lead Engineer of the IPGG SB RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: fateev@gs.nsc.ru

**Shevkunova Elena Victorovna**, Researcher of the ASB GS RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: elenash@gs.nsc.ru

**Podkorytova Valentina Grigor'yevna**, Researcher of the ASB GS RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: podk@gs.nsc.ru

**Kuprish Oksana Vital'yevna**, Junior Researcher of the ASB GS RAS, Novosibirsk, Russia. E-mail: kuprish@gs.nsc.ru