

УДК 550.348.4, 550.348.098

ТЕХНОГЕННАЯ СЕЙСМИЧНОСТЬ РАЗРЕЗОВ КУЗБАССА  
(БАЧАТСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 18 ИЮНЯ 2013 г.)

А. Ф. Еманов<sup>1,2,3</sup>, А. А. Еманов<sup>1,2</sup>, А. В. Фатеев<sup>1,2</sup>, Е. В. Лескова<sup>1,2</sup>,  
Е. В. Шевкунова<sup>1</sup>, В. Г. Подкорытова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Алтае-Саянский филиал Геофизической службы СО РАН,  
просп. Академика Коптюга, 3, 630090, г. Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,  
просп. Академика Коптюга, 3, 630090, г. Новосибирск, Россия

<sup>3</sup>Новосибирский государственный университет,  
ул. Пирогова, 2, 630090, г. Новосибирск, Россия

Представлены данные о крупнейшем техногенном землетрясении при добыче твердых полезных ископаемых на Земле — Бачатском ( $M_L = 6.1$ ), произошедшем 18 июня 2013 г. в Кузбассе. Сейсмическая активизация в районе разреза “Бачатский” в 2012–2013 гг. трижды сопровождалась крупными землетрясениями, создавшими ощутимые воздействия на населенные пункты Кузбасса. Проанализированы результаты экспериментов с временными сетями сейсмологических станций в 2012 г. и при регистрации афтершокового процесса Бачатского землетрясения в 2013 г. Установлено существование сейсмической активности на уровне малых энергий под разрезами “Бачатский” и “Шестаки”. Выявлено, что мелкие землетрясения концентрируются под центральной частью разреза, а наиболее крупные — около бортов, при этом глубина очагов составляет 3–4 км.

*Техногенное землетрясение, наведенная сейсмичность, углеразрез “Бачатский”, Кузбасс, афтершоки, сеть временных сейсмостанций*

Угольный разрез “Бачатский”, заложенный в 1948 г., является одним из крупнейших в Кузбассе: его размеры достигают 10 км в длину, 2.2 км в ширину и 320 м в глубину. Угледобыча составляет более 9 млн т угля в год (по данным на 2008 г.).

9 февраля 2012 г. в 13:24 по UTC (в 20:24 местного времени) было зарегистрировано сейсмическое событие с локальной магнитудой  $M_L = 4.3$  и координатами эпицентра ( $54.28^\circ$  с.ш.,  $86.15^\circ$  в.д.), попадающими на борт разреза. Данное событие создало ощутимые колебания в большинстве городов Кемеровской области, а также вызвало большой общественный резонанс, что послужило расследованию властями и сотрудниками МЧС взрывной природы этого события.

Ежедневно на разрезе проводятся взрывные работы, разрешенные только в светлое время суток. По местному времени данное событие произошло в запрещенное для взрывов время, однако наличие мощных поверхностных волн свидетельствовало о их источнике вблизи дневной поверхности. Руководство угольного разреза “Бачатский” категорически отказывалось от того, что был произведен взрыв. Кроме того, большая энергия данного события была не характерна

для промышленных взрывов углеразреза. Вопрос о природе источника события 9 февраля 2012 г. остался нерешенным. Если это не взрыв, то есть основание полагать, что около разреза протекает опасный сеймотектонический процесс.

Для исследования существования наведенной сейсмичности в окрестностях разреза использовалась временная сеть из 25 сейсмических станций, оборудованных автономными комплексами регистрации сейсмических сигналов “Байкал АС-75” [1] и короткопериодными сейсмодатчиками СК-1П. Сейсмостанции были выставлены на период 2 марта – 14 мая 2012 г. на дневной поверхности как непосредственно в районах проведения угледобывающих работ, так и в жилых районах на площади приблизительно 30×15 км (рис. 1).

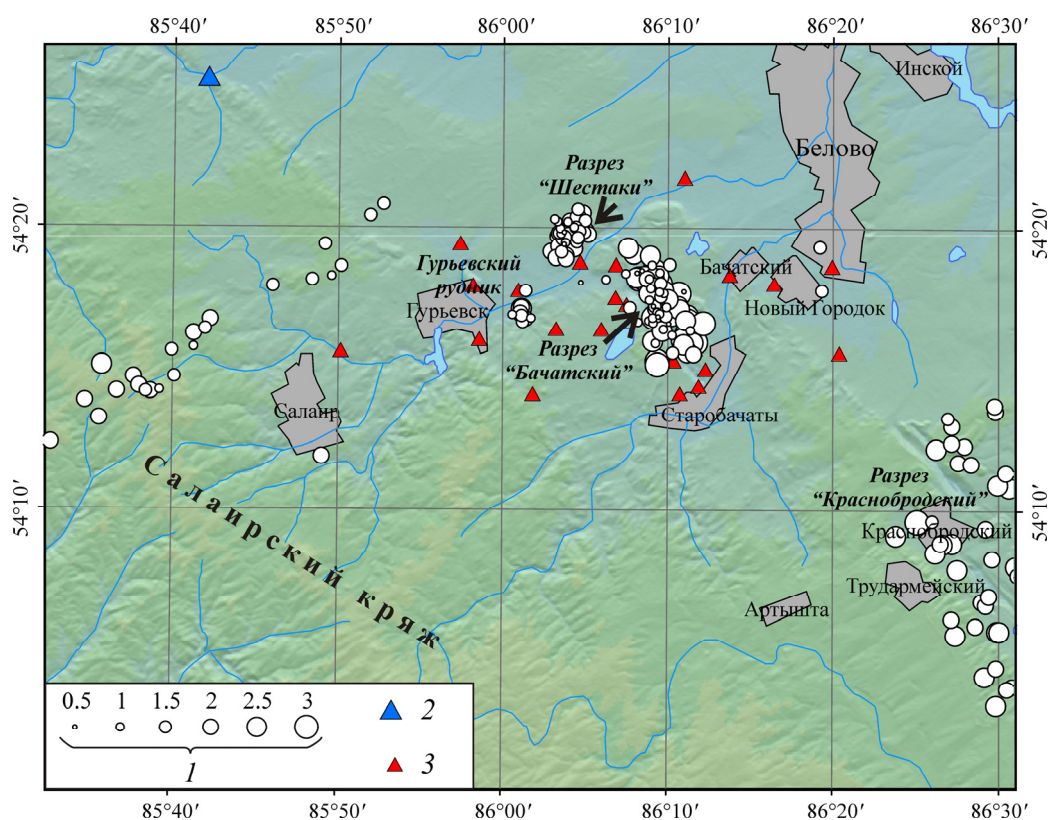


Рис. 1. Карта сейсмостанций и эпицентров зарегистрированных сейсмических событий за период 2 марта – 14 мая 2012 г.: 1 — сейсмические события (магнитуда ML); 2 — стационарная сейсмостанция “Салаир”; 3 — временные сейсмостанции

За период работы временной сети станций зарегистрировано около 200 сейсмических событий в пределах координат 54–54.5° с.ш., 85.5–86.5° в.д. (см. рис. 1). Наибольшее количество сейсмических событий совпадает с разрезами “Бачатский” и “Шестаки”, именно они анализируются в данной работе. Немало событий зарегистрировано в районе разреза “Краснобродский”, но сеть станций удалена от него, и нет достаточной точности и дополнительной информации для исследования факта существования наведенной сейсмичности в окрестности этого разреза. На карте эпицентров (рис. 1) видна почти линейная цепь сейсмических событий северозападнее городов Салаир и Гурьевск, которые не связаны с горнодобывающими предприятиями. Таким образом, наблюдаются землетрясения малых энергий, указывающие на существование природной сейсмичности в осадках Кузнецкой впадины.

На рис. 2 показано распределение зарегистрированных событий по часам суток вне зависимости от конкретного дня. Согласно данным диаграммы, большая часть сейсмических событий регистрируется с 12:00 до 19:00. Именно в это время осуществляются массовые промышленные взрывы, однако сейсмические события около разрезов фиксируются круглосуточно. В ночное время их количество существенно меньше, но поскольку взрывные работы в эти часы не ведутся, то это могут быть только землетрясения. На рис. 2б каждое событие в плоскости энергия – время суток обозначено точкой. Видно, что не только количество событий меняется в дневные часы, но и повышается их энергия. Сейсмическая энергия большинства взрывов Кузбасса (интервал времени 13:00–19:00) соответствует диапазону магнитуд 1–4. Ночные события, зафиксированные в рассматриваемый период (2 марта – 14 мая 2012 г.), обладают меньшей энергией ( $ML = 0.4 - 2$ ).

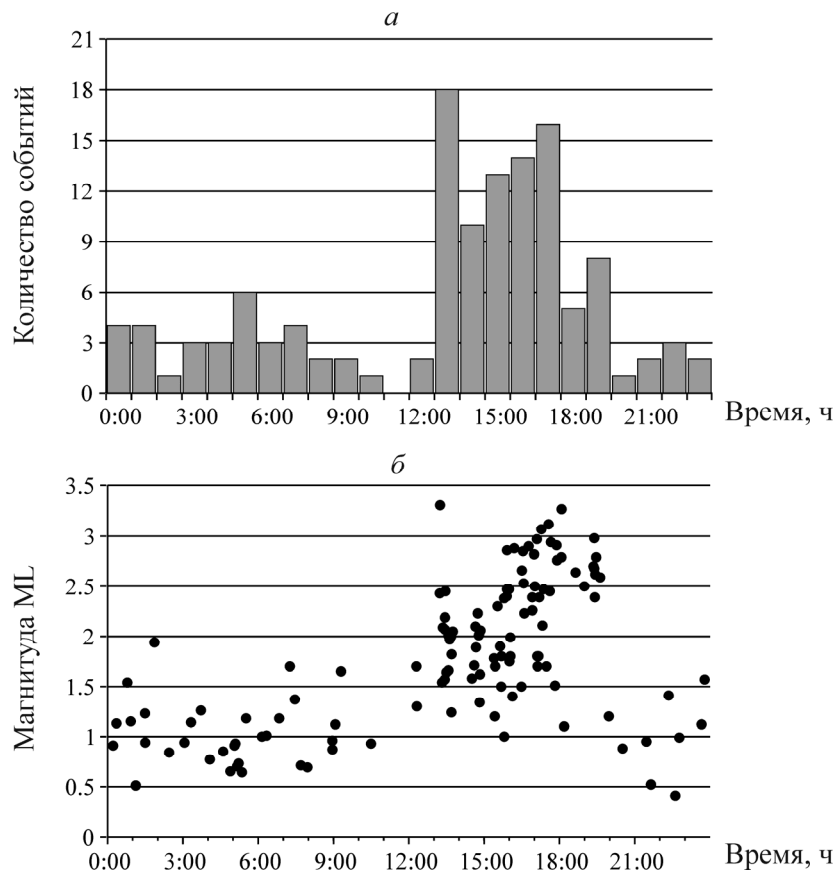


Рис. 2. Количество событий в зависимости от времени суток (а) и их развертка по энергии (б) за период 2 марта – 14 мая 2012 г.

По разрезу “Бачатский” получена информация о времени, координатах и параметрах короткозамедленного взрывания, что позволило выделить из общего числа зарегистрированных событий промышленные взрывы. На рис. 3 представлены две карты, одна из них с эпицентрами промышленных взрывов (а), а другая с эпицентрами землетрясений (б). Наведенная сейсмичность обнаружена в окрестности карьеров “Бачатский” и “Шестаки”.

В 2012 – первой половине 2013 г. в районе разреза “Бачатский” происходили ощутимые землетрясения, самое сильное из которых 4 мая 2013 г. в 17:30 (UTC) имело локальную магнитуду  $ML = 3.9$  и вызвало заметные колебания в городах и поселках центральной части Кузбасса.



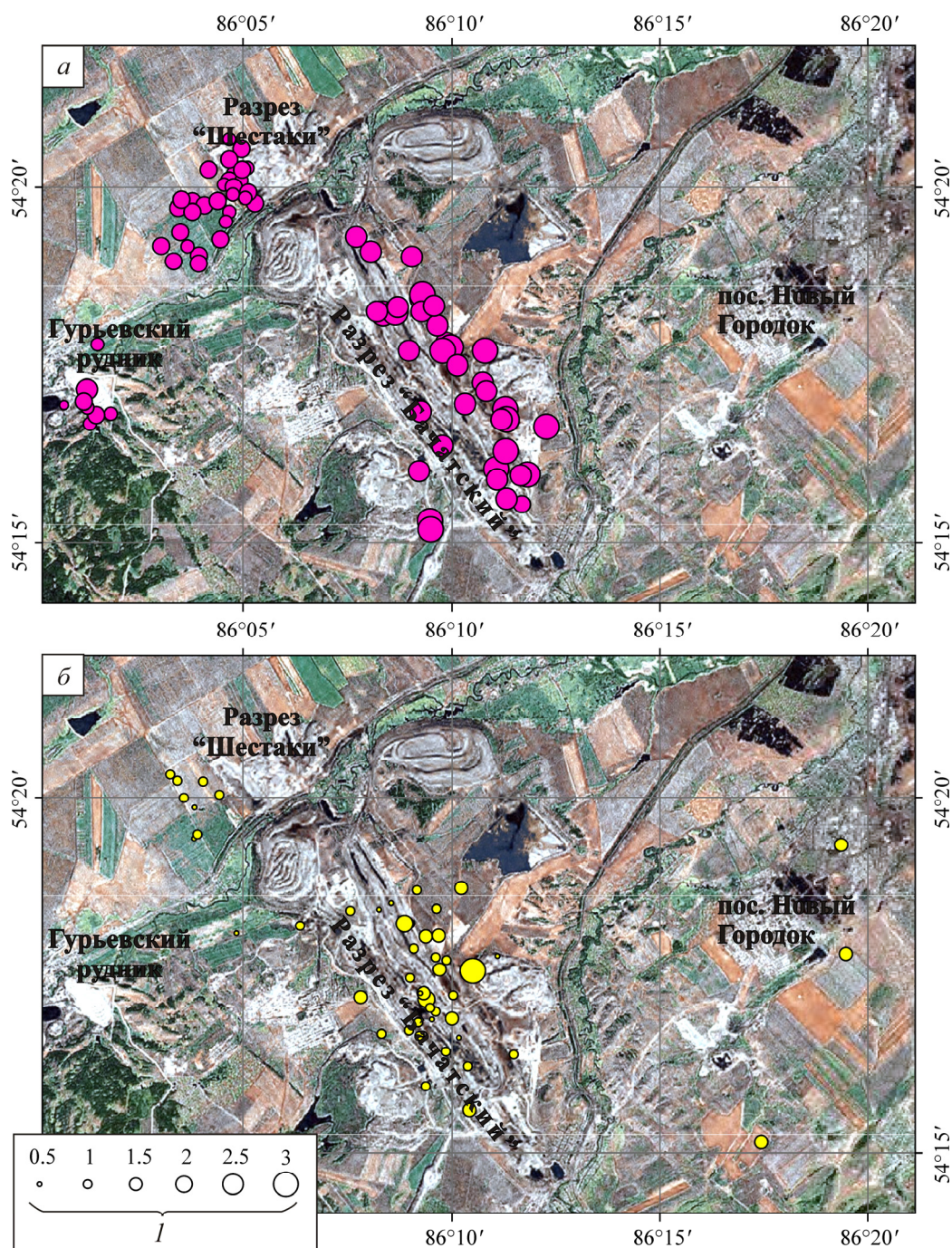


Рис. 3. Карта эпицентров зарегистрированных сейсмических событий (2 марта–14 мая 2012 г.): *a* — промышленные взрывы; *б* — землетрясения. *l* — магнитуда сейсмических событий (ML)

18 июня 2013 г. в 23:02 по UTC (19 июня в 06:02 местного времени) произошло Бачатское землетрясение ( $54.29^\circ$  с.ш.,  $86.17^\circ$  в.д., глубина 4 км,  $ML = 6.1$ ), получившее свое название от карьера, к борту которого приурочен эпицентр. На рис. 4 показана карта с координатами эпицентра и результатами макросейсмического обследования территории. В ближайших к эпицентру поселках сотрясаемость достигла 7 баллов, были разрушены здания. В пятибалльную зону попали некоторые города Кузбасса, землетрясение также ощущалось за пределами Кемеровской области: в Томской, Новосибирской областях, Алтайском крае и Республике Горный Алтай.



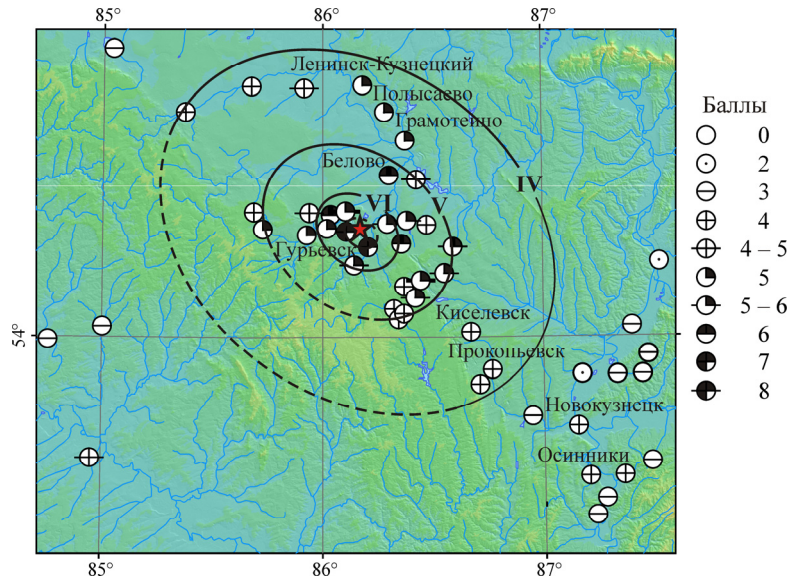


Рис. 4. Карта интенсивности сотрясений при Бачатском землетрясении 18 июня 2013 г.

Временная сеть станций, установленная в первый же день после главного события в окрестности разреза “Бачатский”, позволила зарегистрировать мощный афтершоковый процесс (рис. 5).

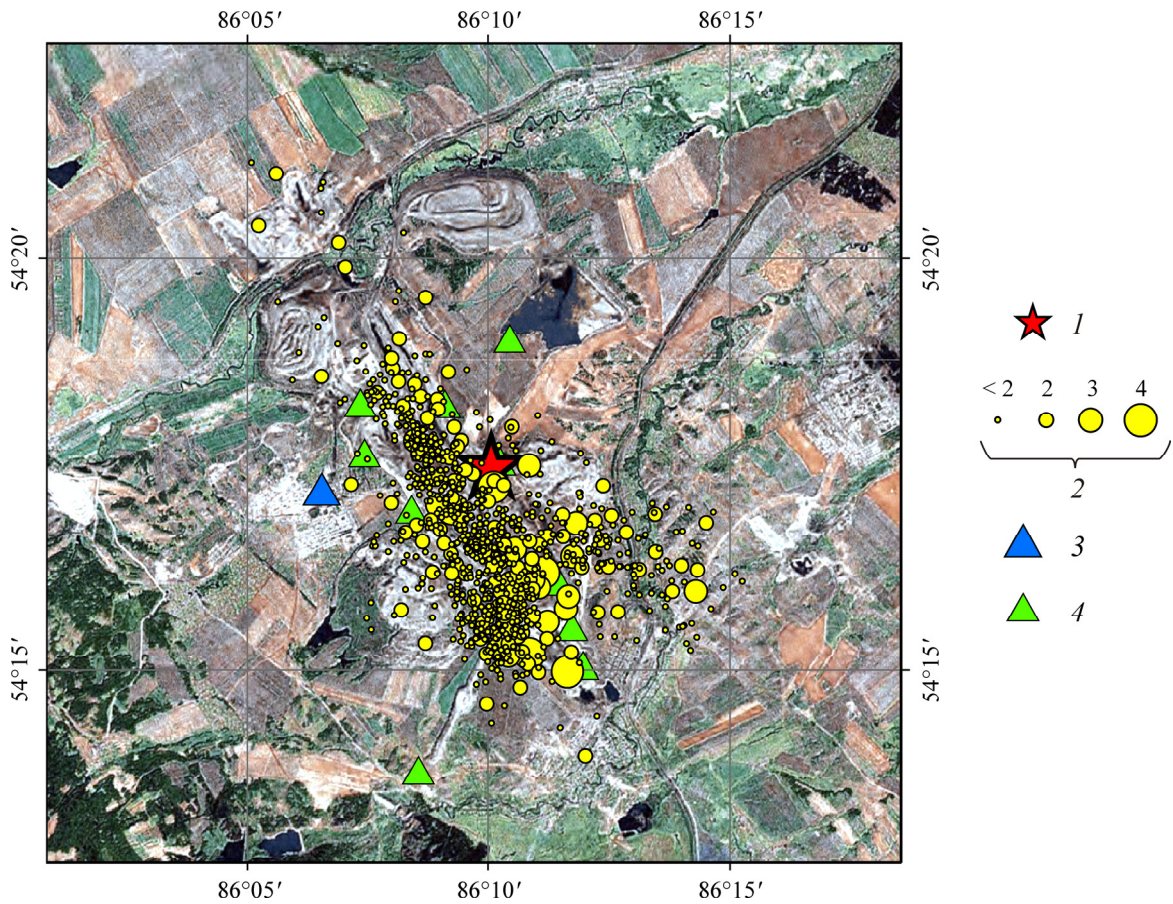


Рис. 5. Карта временных станций и эпицентров землетрясений в районе разреза “Бачатский” за период 18 июня – 8 октября 2013 г.: 1 — эпицентр Бачатского землетрясения 18 июня 2013 г.; 2 — афтершоки (магнитуда ML); 3, 4 — временные сейсмостанции: 3 — с передачей данных в режиме реального времени, 4 — автономные

Наиболее сильные афтершоки имели локальную магнитуду  $M_L = 4$ . В первые дни после главного события происходило 30–50 землетрясений ежедневно, а через несколько месяцев уровень активности спал до 10 землетрясений в день.

В результате обработки данных временной сети установлено, что мелкие землетрясения концентрируются под центральной частью разреза, а наиболее крупные — около бортов. Очаги располагаются главным образом на глубине 3–4 км. На южном окончании разреза облако эпицентров раздваивается, выходя за границы выработки.

Кузнецкая котловина по геотектоническим представлениям является напряженным блоком, более прочным, чем горные хребты, окружающие впадину. Для котловины, как и для всех структур Алтае-Саянской горной области, характерно развитие сейсмического процесса в горном обрамлении впадин. За счет мощного техногенного воздействия на земную кору в районе разреза “Бачатский” создана ослабленная зона, в которой инициируется процесс наведенной сейсмичности. Более ранними экспериментами с временными сетями станций наведенная сейсмичность обнаружена в районе шахт при добыче угля лавами [2–4], а в июне 2013 г. зафиксирована крупнейшая сейсмическая активизация в районе ведения открытых горных работ.

#### ВЫВОДЫ

В Кузбассе впервые изучена наведенная сейсмичность в районе открытых горных работ, представляющая собой землетрясения на глубине до 4 км под разрезом “Бачатский” в виде непрерывно протекающего процесса с событиями малых энергий и кратковременных мощных активизаций (три за два года).

Бачатское землетрясение, произошедшее 18 июня 2013 г., — крупнейшее техногенное землетрясение в истории Земли, сопровождалось мощным афтершоковым процессом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семибаламут В. М., Рыбушкин А. Ю. Комплекс автономных регистраторов сейсмических сигналов высокого разрешения // Проблемы сейсмологии III тысячелетия: материалы междунар. геофиз. конф. (г. Новосибирск, 15–19 сент. 2003 г.) — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003.
2. Еманов А. Ф., Еманов А. А., Лескова Е. В., Фатеев А. В., Семин А. Ю. Сейсмические активизации при разработке угля в Кузбассе // Физ. мезомеханика. — 2009. — Т. 12. — № 1.
3. Еманов А. Ф., Еманов А. А., Фатеев А. В., Лескова Е. В., Шевкунова Е. В., Манушина О. А., Демидова А. А., Ворона У. И., Смоглюк А. С. Наблюдения с временными сетями: Экспериментальные исследования триггерных эффектов в развитии наведенной сейсмичности в Кузбассе // Землетрясения России в 2009 году. — Обнинск: ГС РАН, 2011.
4. Опарин В. Н., Еманов А. Ф., Востриков В. И., Цибизов Л. В. О кинетических особенностях развития сейсмоэмиссионных процессов при отработке угольных месторождений Кузбасса // ФТПРПИ. — 2013. — № 4.

*Поступила в редакцию 10/1 2014*