

## **ТРИГГЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В РАЗВИТИИ НАВЕДЕННОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ И ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА НА ПРИРОДНУЮ СЕЙСМИЧНОСТЬ БАЙКАЛА И КУЗБАССА**

### ***Виктор Сергеевич Селезнев***

Сейсмологический филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, директор, тел. (383)333-20-21, e-mail: sel@gs.nsc.ru

### ***Алексей Александрович Брыксин***

Сейсмологический филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, заместитель директора, тел. (383)330-39-14, e-mail: fater.gs@gmail.com

### ***Алексей Александрович Еманов***

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора, тел. (383)330-12-61, e-mail: asf@gs.nsc.ru

### ***Александр Федорович Еманов***

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор технических наук, директор, тел. (383)330-12-61, e-mail: asf@gs.nsc.ru

### ***Екатерина Викторовна Лескова***

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)330-12-61, e-mail: asf@gs.nsc.ru

### ***Александр Владимирович Фатеев***

Алтае-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, научный сотрудник, тел. (383) 330-12-61, e-mail: asf@gs.nsc.ru

Приведены результаты исследований эффектов наведенной сейсмичности на примере добычи полезных ископаемых в Кузбассе, движения составов по железной дороге в районе озера Байкал и экспериментов с мощным вибратором в Новосибирской области.

**Ключевые слова:** наведенная сейсмичность, вибрации, вибрационные источники, график повторяемости.

## **TRIGGER EFFECTS IN THE DEVELOPMENT OF INDUCED SEISMICITY AND THE INFLUENCE OF HUMAN BEING OVER THE NATURAL SEISMICITY OF KUZBASS AND BAIKAL REGIONS OF RUSSIA**

### ***Victor S. Seleznev***

Seismological branch of Federal research center «Geophysical survey of RAS», 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, D. Sc., Director, tel. (383)333-20-21, e-mail: sel@gs.nsc.ru

***Alexey A. Bryksin***

Seismological branch of Federal research center «Geophysical survey of RAS», 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Deputy Director, tel. (383)330-39-14, e-mail: fater.gs@gmail.com

***Alexey A. Emanov***

Altay-Sayan branch of Federal research center «Geophysical survey of RAS», 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Ph. D., Deputy director, tel. (383)330-12-61, e-mail: asf@gs.nsc.ru

***Alexander F. Emanov***

Altay-Sayan branch of Federal research center «Geophysical survey of RAS», 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, D. Sc., Director, tel. (383)330-12-61, e-mail: asf@gs.nsc.ru

***Ekaterina V. Leskova***

Altay-Sayan branch of Federal research center «Geophysical survey of RAS», 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Ph. D., Senior Researcher, tel. (383)330-12-61, e-mail: asf@gs.nsc.ru

***Alexander V. Fateev***

Altay-Sayan branch of Federal research center «Geophysical survey of RAS», 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptyug Prospect, Researcher, tel. (383)330-12-61, e-mail: asf@gs.nsc.ru

The results in study of induced seismicity in areas of coal mining in Kuzbass, railway near Baikal lake and experiments with powerful vibrational source near Novosibirsk are presented in this paper.

**Key words:** induced seismicity, vibrations, vibrational sources, Gutenberg-Richter law.

В течение нескольких десятилетий авторов [1–5] привлекает задача исследования эффекта человеческого вмешательства в природную (естественную) сейсмичность. С появлением современных цифровых регистрирующих устройств стало возможным более детально подойти к изучению поставленного вопроса.

На основе экспериментальных исследований с временными сетями станций в районе шахт [6] изучалось развитие техногенной сейсмичности около выработок и триггерные эффекты воздействия на нее техногенных факторов. Эксперименты проводились на четырех шахтах Кузбасса в различных геотектонических условиях (рис. 1).

Экспериментами доказана значительная роль вибрационного воздействия от мощного работающего оборудования лав в развитии техногенного сейсмического процесса. Изменения флюидного режима без вибрации недостаточно для того, чтобы сформировался интенсивный сейсмический процесс. Подтверждение тому эксперименты около Анжеро-Судженска и на шахте «Первомайская», где не было работы мощного вибрирующего оборудования и не зафиксировано сейсмических активизаций. Во всех случаях, когда разворачивались сети станций около выработок с работающими лавами, мы фиксировали сопровождающие процесс добычи сейсмические активизации.

Построены графики повторяемости для различных наборов сейсмических событий в Кузбассе и показано изменение их угла наклона, зависящее от времени наблюдений (рис. 2).

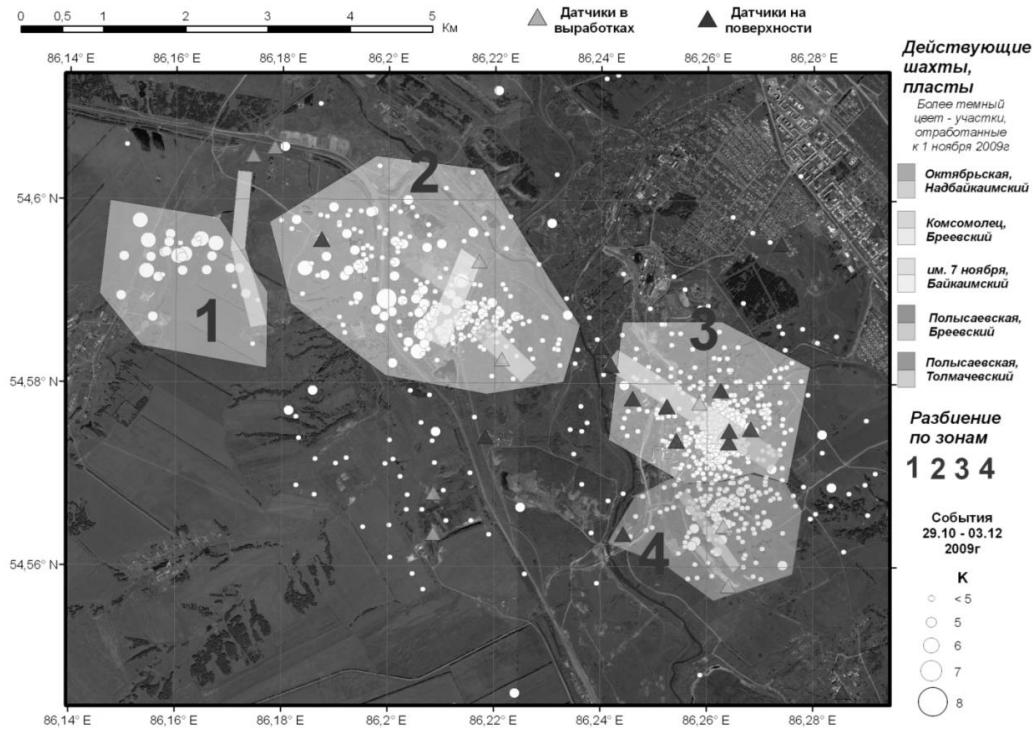


Рис. 1. Разделение активизированного района на зоны

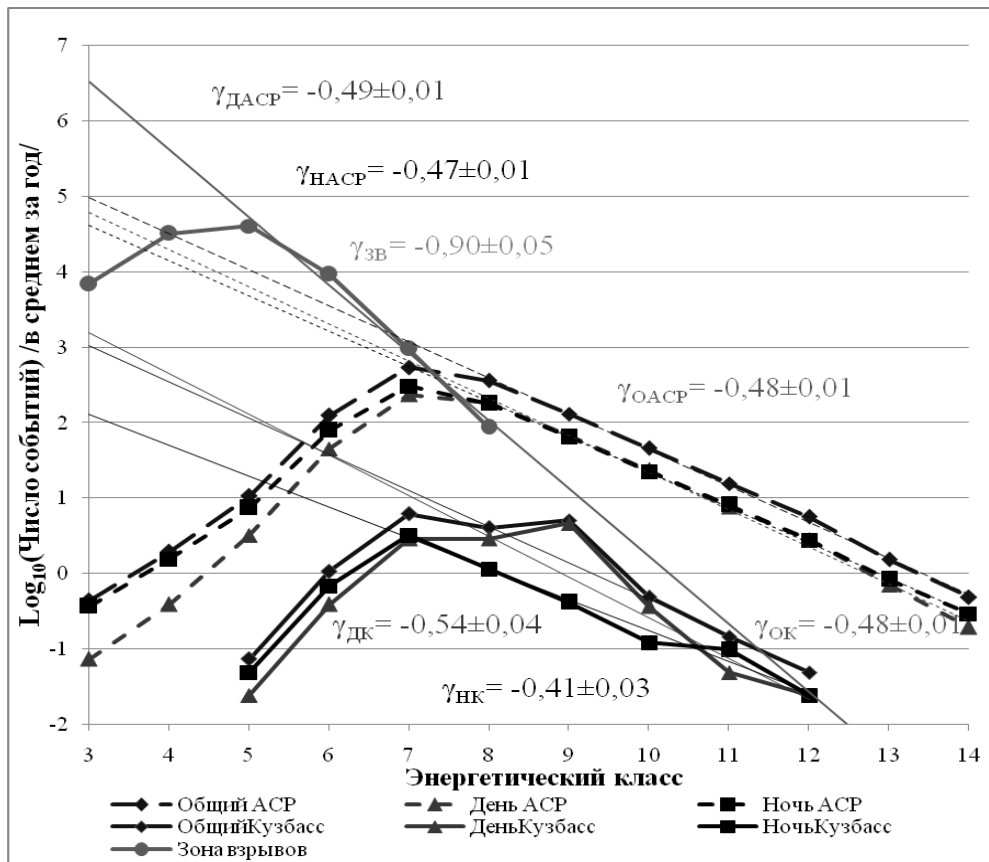


Рис. 2. Графики повторяемости, построенные на статистических данных по Кузбассу и Алтае-Саянскому региону (АСР)

Поскольку с увеличением угла наклона прямой растет скорость ее падения к оси X, то, в соответствии с законом повторяемости, это имеет физический смысл преобладания числа событий меньшего энергетического класса над более крупными землетрясениями.

Таким образом, анализ представленных данных показывает, что постоянные взрывные работы на рудниках (а они являются именно такими в дневное время суток) снимают напряжения и приводят к уменьшению вероятности возникновения разрушительных сильных землетрясений.

Аналогично проанализированы графики повторяемости для полос вдоль железной дороги, проходящей по берегу Байкала, и показано их изменение в зависимости от удаления от железнодорожного полотна (рис. 3).

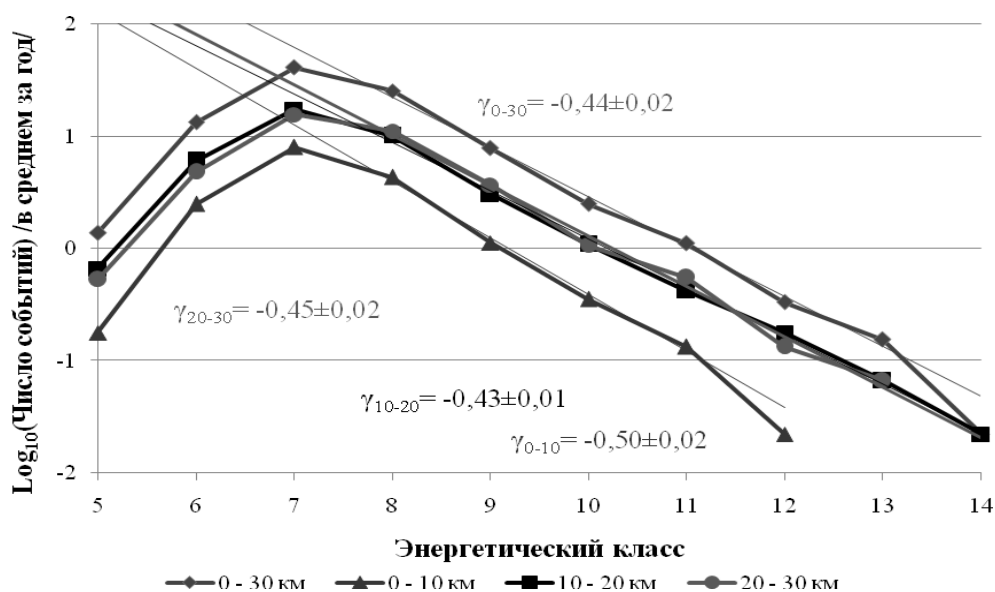


Рис. 3. Графики повторяемости, построенные на основе статистических данных по Байкалу

Можно сделать вывод, что регулярное движение поездов по железной дороге оказывает очевидное воздействие на напряженное состояние в ближней зоне, разгружая тем самым естественные сейсмические процессы.

Результаты экспериментов с использованием мощного вибросейсмического источника приведены на рис. 4. Нами выдвигается предположение о разгружающем эффекте сейсмического воздействия на малых удалениях (несколько сотен метров) в результате его работы.

Можно отметить, что, по сравнению с углом наклона прямой в контрольном наборе данных до начала эксперимента (индекс 0), углы наклона прямых после воздействий последовательно растут, что в физическом смысле означает насыщение грунта энергией и снятие накопленных напряжений через более низкий частотный диапазон.

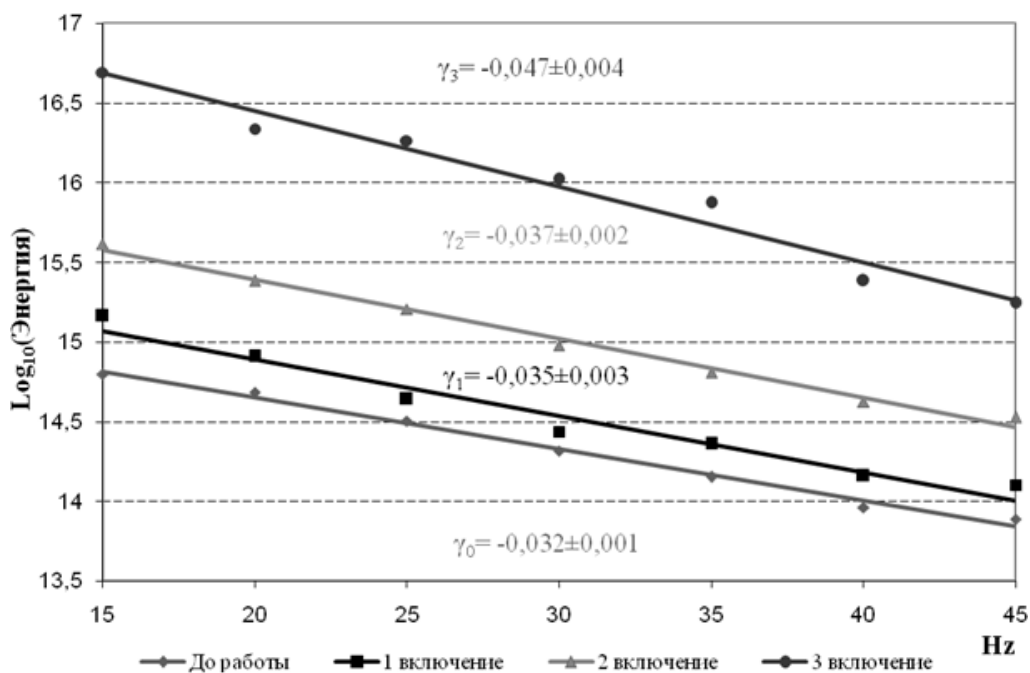


Рис. 4. Условные графики повторяемости для эксперимента с мощным вибратором

## Выводы

Достаточно обоснованным будет утверждение, что высокопроизводительное по добыче угля оборудование лав является одновременно мощным вибрационным воздействием на недра совместно с изменением флюидного режима, формирующим ярко выраженную наведенную сейсмичность около выработок. Появление или исчезновение вибрации различной природы практически сразу сказывается на сейсмическом режиме активизированной области.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дудушкина К.И., Бобров Г.Ф. Деформационные свойства пород глубоких горизонтов. – М.: Недра, 1974. – 129 с.
2. Сейсмические активизации при разработке угля в Кузбассе / А.Ф. Еманов, А.А. Еманов, Е.В. Лескова и др. // Физическая мезомеханика. – 2009. – Т. 12, № 1. – С. 37–43.
3. Наведённая сейсмичность и возможности регулируемой разрядки накопленных тектонических напряжений в земной коре / К.М. Мирзоев, А.В. Николаев, А.А. Лукк, С.Л. Юнга // Физика Земли. – 2009. – № 10. – С. 49–68.
4. Кондратьев О.К., Люкэ Е.И. Наведенная сейсмичность. Реалии и мифы // Физика Земли. – 2007. – № 9. – С. 31–47.
5. Климанова В.Г., Батугин А.С. О влиянии техногенной сейсмичности на окружающую среду и техносферу // Неделя горняка. – 2003, семинар № 7.
6. Сейсмические активизации при разработке угля в Кузбассе / А.Ф. Еманов, А.А. Еманов, Е.В. Лескова и др. // Физическая мезомеханика. – 2009. – № 1. – С. 37–43.

© В. С. Селезнев, А. А. Брыксин, А. А. Еманов, А. Ф. Еманов, Е. В. Лескова, А. В. Фатеев, 2017