



**Еманов А.Ф.**  
доктор технических наук, директор филиала

**Еманов А.А.**  
кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора по науке

---

**Алтае-Саянский филиал Федерального Исследовательского Центра  
«Единая Геофизическая служба» РАН, Новосибирск, Российская Федерация**

---

УДК 550.834

## Сейсмический мониторинг техногенного воздействия на территорию Западной Сибири

**Аннотация:** Использование сети сейсмологических станций позволило дать оценку уровня техногенного сейсмического воздействия на здания и сооружения в Западной Сибири. Рассмотрена наведённая сейсмичность в местах добычи полезных ископаемых. Показано, что количество техногенных землетрясений растёт, а энергия крупнейших достигла разрушительного уровня. Дана оценка уровня воз-

действия на регион промышленных взрывов, разработаны способы контроля за сейсмическим эффектом промышленных взрывов и предложены мероприятия по обеспечению снижения сейсмического эффекта промышленных взрывов. Показано, что для малосейсмичных районов необходимо выполнять уточнение сейсмической опасности за счёт техногенных факторов.

---

**Ключевые слова:** Западная Сибирь, сейсмологический мониторинг, оценка сейсмического воздействия, промышленные взрывы, наведённая сейсмичность.

**Alexander F. Emanov, Doctor of technical sciences, branch director,  
Altay-Sayan branch of Federal Research Center "United Geophysical Survey RAS"; Novosibirsk, Russian Federation  
Aleksey A. Emanov, Candidate of Geologo-Mineralogical Sciences, Deputy Director for Research,  
Altay-Sayan branch of Federal Research Center "United Geophysical Survey RAS"; Novosibirsk, Russian Federation**

## Seismic Monitoring of Technogenic Impact on the Territory of Western Siberia

**Abstract:** The use of a network of seismological stations allowed us to estimate the level of anthropogenic seismic impact on buildings and structures in Western Siberia. Considered induced

seismicity at mining sites. It is shown that the number of man-made earthquakes is growing, and the largest energy has reached a destructive level. An assessment of the level of impact on the

region of industrial explosions is given, methods for monitoring the seismic effect of industrial explosions are developed, and measures are proposed to ensure the reduction of the seismic effect

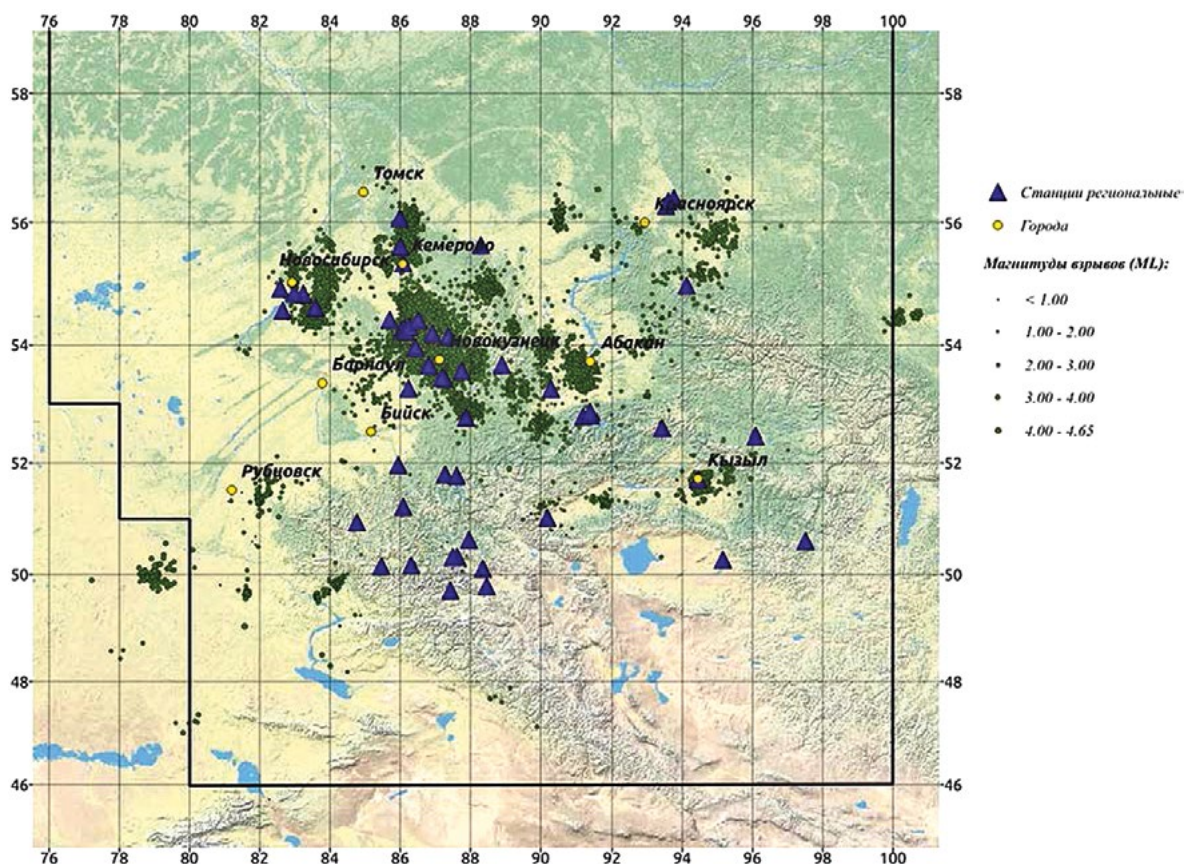
of industrial explosions. It is shown that for low-seismic areas it is necessary to carry out the refinement of seismic hazard due to man-made factors.

**Keywords:** Western Siberia, seismological monitoring, assessment of seismic effect, industrial explosions, induced seismicity.

Западная Сибирь является регионом, где промышленные взрывы, техногенная сейсмичность и природные землетрясения присутствуют на одной и той же территории. Особенно сильным является техногенное воздействие на земную кору, вызванное процессом добычи полезных ископаемых. При оценке сейсмической опасности региона учитывается только природная сейсмичность [9]. Для южной части Кемеровской области выполнено детальное сейсмическое районирование [2], а для северной части Кемеровской области выполнялись только уточнения исходной сейсмичности для особо ответственных объектов [5], но за последние полтора десятилетия значительно увеличен объем добычи полезных ископаемых в регионе, что привело к развитию наведённой сейсмичности и значительно увеличилось количество промышленных взрывов [4, 5, 6, 7, 8, 2]. При добыче угля взрывы короткозамедленные, когда обеспечивается значительное снижение сейсмического эффекта. Фактически сейсмиче-

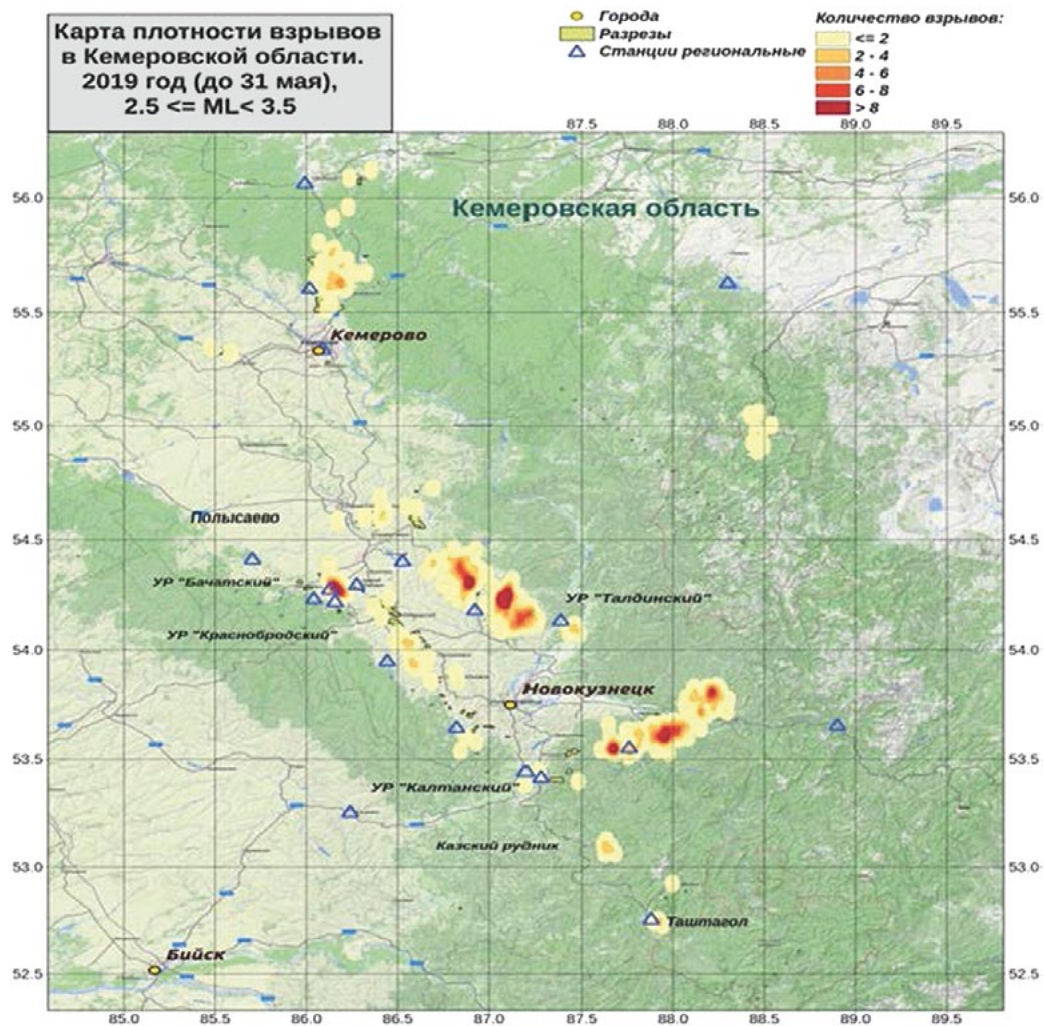
ский эффект должен определяться зарядом одной ступени короткозамедленного взрыва, а количество ступеней влияет только на длительность возбуждаемых колебаний.

Только за 2018 год в Западной Сибири сейсмологические станции зафиксировали десять тысяч промышленных взрывов, из которых девять тысяч относятся к Кузбассу. Совершенно ясно, что столь населённый район как Кемеровская область испытывает сильнейшее техногенное воздействие. Сейсмологическая сеть станций с данными о параметрах взрывов стала основой контроля за сейсмическим эффектом промышленных взрывов. Магнитуды промышленных взрывов составляют от 1 до 4. В первую очередь количество и энергия событий на территории. Ранее воздействию промышленных взрывов в Кузбассе на регион была посвящена работа [1], где в основу анализа берётся количество взорванных ВВ (взрывчатых веществ?) на предприятиях Кузбасса. В данной работе продолжают упомянутые исследова-



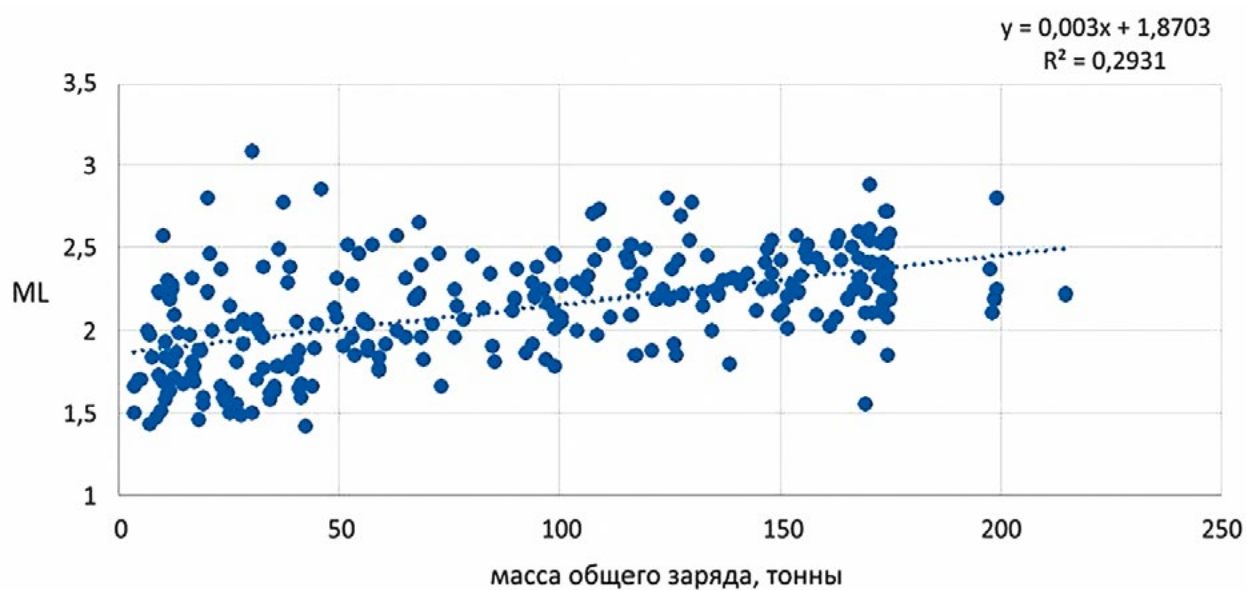
**Рисунок 1** — Карты промышленных взрывов на территории южной части Западной Сибири за январь – август 2018 года

**Figure 1** — Maps of industrial explosions in the territory of the southern part of Western Siberia for January-August 2018



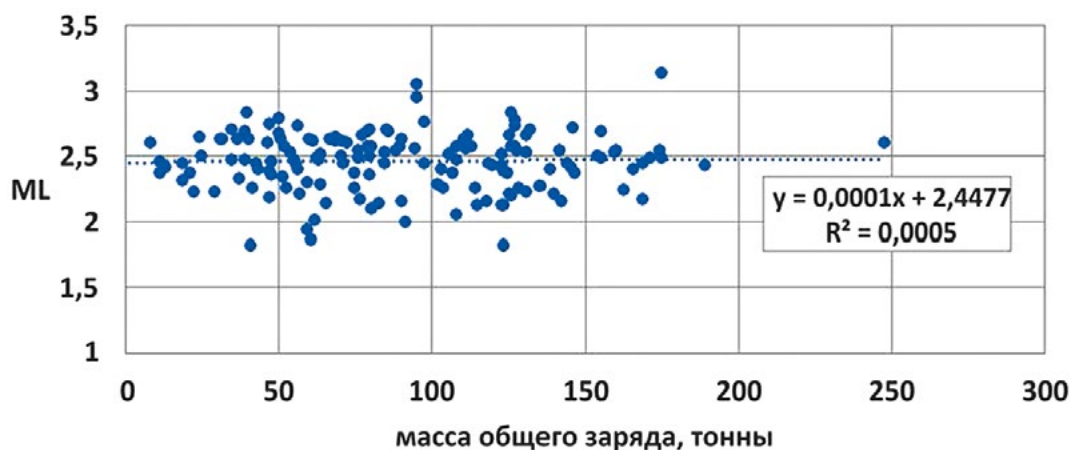
**Рисунок 2** — Карта плотности взрывов в 2019 г с магнитудами 2.5÷3.5

**Figure 2** — Map of the density of explosions in 2019 with magnitudes 2.5 ÷ 3.5



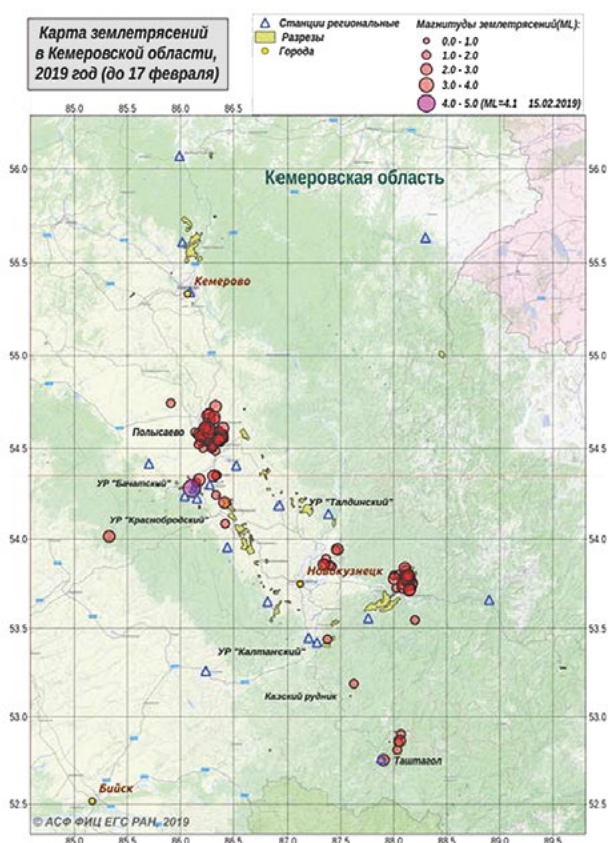
**Рисунок 3** — Зависимость магнитуды от массы общего заряда за 2018 год для разреза Талдинский

**Figure 3** — Dependence of magnitude on the mass of the total charge for 2018 for the Taldinsky section



**Рисунок 4** — Зависимость магнитуды от массы общего заряда за 2019 год для разреза АО «Салек»

**Figure 4** — Dependence of magnitude on the mass of the total charge for 2019 for the section of Salek JSC



**Рисунок 5** — Карта эпицентров техногенных землетрясений с 1.01 по 17.02. 2019 года

**Figure 5** — Map of the epicenters of technogenic earthquakes from 1.01 to 17.02. 2019 year

ния с той разницей, что в основу анализа берутся локальные магнитуды, определённые по данным сети сейсмологических станций для каждого из промышленных взрывов. Положительным является то, что магнитуды взрывов таковы, что сеть обеспечивает регистрацию взрывов без пропусков и второй фактор связан с тем, что большинство горных предприятий даёт достоверную информацию о взрывах и схемах короткозамедленного взрывания.

На рис. 1 дана карта зарегистрированных промышленных взрывов. Ясно, что сейсмические воздействия на здания и сооружения в значительной степени определяются промышленными взрывами.

На рис. 2 представлена карта плотности наиболее сильных по сейсмическому эффекту взрывов. По ней есть возможность определять предприятия, которые оказывают наибольшее сейсмическое воздействие на регион. Такие карты строятся ежеквартально и по ним делаются заключения о развитии во времени техногенного сейсмического воздействия на города и посёлки Западной Сибири.

Поскольку короткозамедленное взрывание должно обеспечивать существенное снижение сейсмического эффекта взрывов, то данные сети станций совместно с данными добывающих предприятий позволяют выяснять причины повышенного сейсмического эффекта некоторых взрывов.

На рис. 3 построенная зависимость показывает, что в среднем с увеличением заряда наблюдается рост магнитуд взрывов, и в то же время при зарядах до 50т фиксируются взрывы с большими магнитудами. Отмеченные факты вызваны нарушениями в технологии короткозамедленного взрывания, которые вполне устранимы.

На рис. 4 представлены данные для случая, когда в среднем нет роста магнитуды с увеличением общей массы заряда. При наличии контроля за сейсмическим эффектом промышленных взрывов можно обеспечить существенно меньшее техногенное сейсмическое воздействие на здания и сооружения в районах ведения горных взрывов. Вторым аспектом в техногенном сейсмическом воздействии на регион является формирующаяся как ответ недр наведённая сейсмичность [4, 5, 6, 7, 8]. Природной сейсмичности в Алтае-Саянской области характерно концентрироваться в горном обрамлении впадин [3].

На рис. 5 видно, что техногенные землетрясения концентрируются около горнодобывающих предприятий в осадочном бассейне. Предприятия с наибольшей техногенной сейсмичностью не совпадают с местами ведения промышленных взрывов с максимальным сейсмическим эффектом.

На рис. 6 показано развитие наведённой сейсмичности со временем. Наиболее сильное техногенное земле-

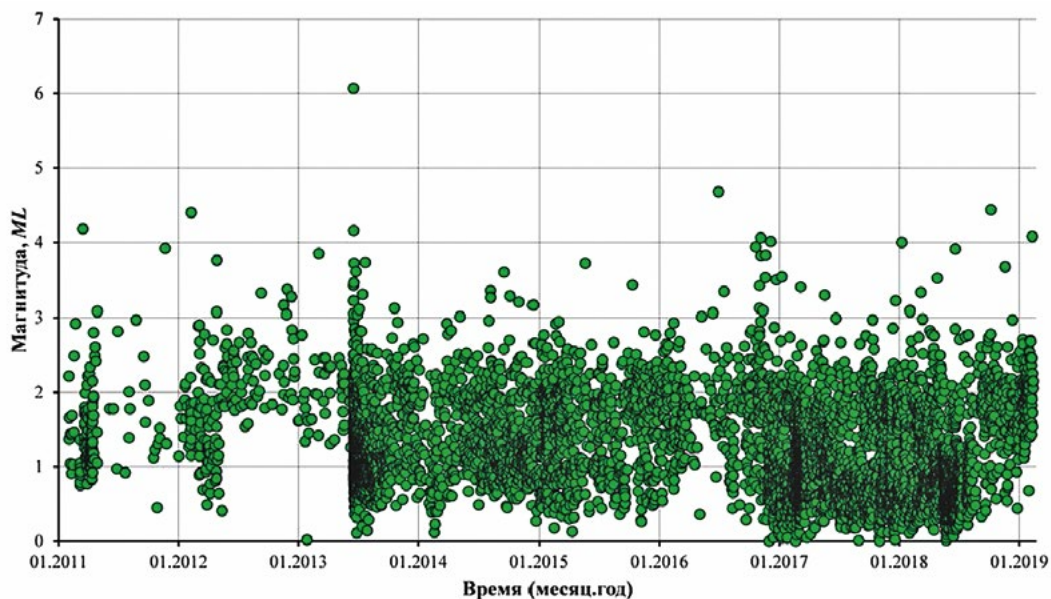


Рисунок 6 — Развитие наведённой сейсмичности в Кузбассе во времени

Figure 6 — Development of induced seismicity in Kuzbass in time

трясение – Бачатское с  $M = 6.1$ . Рост наведённой сейсмичности связан не с воздействием на среду взрывов, а с перемещением горных масс и созданием искусственного пересечённого рельефа. Наведённая сейсмичность достигла уровня, когда она реально приводит к разрушению зданий в близко расположенных населённых пунктах.

#### Выводы

- Сеть сейсмологических станций позволяет контролировать правильность технологии взрывания на разрезах, и имеются возможности снижения сейсмического воздействия на здания и сооружения.
- Наиболее вероятной причиной повышенного эффекта промышленных взрывов является совпадение времени инициирования зарядов в разных рядах корот-

козамедленного взрыва, а также не учёт площадного рассредоточения заряда.

- Отмечается рост магнитуды взрывов с увеличением общей массы заряда, хотя при короткозамедленном взрывании магнитуда должна зависеть от заряда ступени и не зависеть от общего заряда. Обнаруживаются факты взрывов в одном и том же разрезе с меньшим общим зарядом, но с большей магнитудой, чем у взрывов с большим общим зарядом.
- Наведённая сейсмичность в местах добычи полезных ископаемых концентрируется около разрезов и шахт. Для Кузбасса техногенные землетрясения достигли разрушительного уровня для зданий.
- Требуется пересмотр сейсмической опасности территории с учётом техногенной сейсмичности и сейсмического воздействия промышленных взрывов.

#### Литература

1. Адушкин В.В. Развитие техногенно-тектонической сейсмичности в Кузбассе // Геология и геофизика. Т. 59. № 5. 2018. С. 709-724
2. Геомеханические поля и процессы: экспериментально-аналитические исследования формирования и развития очаговых зон катастрофических событий в горно-технических и природных системах. Т.1. Отв. ред. Н.Н. Мельников. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2018. 549 с.
3. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Филина А.Г., Кунгурцев Л.В., Лескова Е.В., Шейкина Ж.В., Ярыгина М.А. Пространственно-временной анализ сейсмичности Алтае-Саянской складчатой области. В сб.: Проблемы сейсмологии III-го тысячелетия. Материалы международной конференции. Новосибирск, 2003. С. 73-86.
4. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Фатеев А.В., Семин А.Ю. Сейсмические активизации при разработке угля в Кузбассе // Физическая мезомеханика. 2009. Т. 12. № 1. С. 49–64.
5. Еманов А.А., Лескова Е.В., Фатеев А.В., Еманов А.Ф. Оценка сейсмической опасности г. Анжеро-Судженска Кемеровской области и прилегающих территорий // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. Т. 2. № 2. С. 182-186.
6. 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.
7. 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.
8. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Шевкунова Е.В., Ворона У.Ю., Серёжников Н.А. Сейсмический эффект промышленных взрывов в Западной Сибири и наведённая сейсмичность // Вопросы инженерной сейсмологии. 2018. Т. 44. № 4. С. 63-76.
9. Комплект карт общего сейсмического районирования территории

## References

1. Adushkin V.V. Development of technogenic-tectonic seismicity in Kuzbass // *Geology and Geophysics*. Т. 59. № 5. 2018. P. 709-724.
2. Geomechanical fields and processes: experimental and analytical studies of the formation and development of focal zones of catastrophic events in mining and technical and natural systems. Vol.1. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. 2018. 549 p.
3. Emanov A.F., Emanov A.A., Filina A.G., Kungurtsev L.V., Leskova E.V., Sheykina Zh.V., Yarygina M.A. Spatio-temporal analysis of Altai-Sayan seismicity folded area. In *Proc.: Problems of Seismology of the 3rd Millennium Materials of the International Conference*. Novosibirsk, 2003. P. 73-86.
4. Emanov A.F., Emanov A.A., Leskova E.V., Fateev A.V., Semin A.Yu. Seismic activations in the development of coal in Kuzbass // *Physical meso mechanics*, 2009. V. 12. No. 1. P. 49–64.
5. Emanov A.A., Leskova E.V., Fateev A.V., Emanov A.F. Assessment of seismic hazard in the city of Anzhero-Sudzhensk of the Kemerovo Region and adjacent territories // *Interexpo Geo-Siberia*. 2016. V. 2. № 2. P. 182-186.
6. Emanov A.F., Emanov A.A., Fateev A.V., Leskova E.V. Technogenic BACHATNIAN EARTHQUAKE 18.06.2013 in Kuzbass – the strongest in the world in the extraction of solid minerals // *Issues of engineering seismology*. 2016. Т. 43. № 4. P. 34-60.
7. Emanov A.A., Emanov A.F., Fateev A.V., Leskova E.V. The simultaneous impact of open and underground mining on the subsoil and induced seismicity // *Questions of engineering seismology*. 2017. Т. 44. № 4. P. 51-62.
8. Emanov A.F., Emanov A.A., Fateev A.V., Shevkunova E.V., Vorona U.Yu., Seryozhnikov N.A. Seismic effect of industrial explosions in Western Siberia and induced seismicity // *Questions of engineering seismology*. 2018. Т. 44. № 4. P. 63-76.
9. A set of maps of the general seismic zoning of the territory of the Russian Federation – OSR-97. Scale 1:8,000,000: Explanatory note and a list of cities and towns located in earthquake-prone areas. М.: OIFP RAS, 1999. 57 p.

**Для цитирования:** Emanov A.F., Emanov A.A. Сейсмический мониторинг техногенного воздействия на территорию Западной Сибири // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2019. № 4. С. 48-53.

**For citation:** Emanov A.F., Emanov A.A. Seismic Monitoring of Technogenic Impact on the Territory of Western Siberia. *Seismostoykoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenii* [Earthquake engineering. Constructions safety], 2019, no. 4, pp. 48-53. (In Russian).

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «СЕЙСМОСТОЙКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. БЕЗОПАСНОСТЬ СООРУЖЕНИЙ»

### Текст:

1. **Объем статьи** не должен превышать **40 000** знаков.
2. **Количество авторов** статьи – не более 3-х.
3. **Сведения об авторе** должны содержать: ФИО, регалии, место работы и должность, почтовый и электронный адреса, контактный телефон **на русском и английском языках**. Необходима фотография в формате TIF, JPG.
4. **Ключевые слова** к статье\* должны быть **на русском и английском языках**.
5. **Аннотация** к статье должна содержать 200–250 слов **на русском и английском языках**. Аннотация на английском языке не должна полностью повторять текст аннотации на русском языке. Статья должна содержать: введение, цели задачи, методы, результаты, заключение.
6. Обязательно наличие **библиографического списка** с ссылками по тексту на русском (ГОСТ Р 7.0.5–2008) и английском языках (или латиницей по правилам Scopus).
7. Обязательное приложение – **рекомендательное письмо** от организации, которую представляет автор, **рецензия** или **экспертное заключение** (для аспирантов или соискателей ученой степени кандидата наук).

### Иллюстрации:

1. **Рисунки** должны быть представлены в форматах файлов (под PC): **PDF, EPS, AI**;
2. **Фото** должны быть представлены для публикации в форматах файлов (под PC): **TIFF, JPG**;
3. **Разрешение** файлов – не менее **300 dpi**;
4. **Таблицы, схемы и диаграммы** должны быть встроены в статью и иметь связи (быть доступными для редактирования) с программой, в которой они созданы (**Excel**);
5. Наличие **подписи к иллюстрациям и рисункам** на русском и английском языках, оформленных отдельным списком.
6. **Данные в таблицах** даются полностью **без сокращений**.
7. **Математические формулы и выражения** должны быть записаны в **Microsoft Word** или с помощью редактора **Microsoft Equation 3.0**.
8. **УДК статьи**.

Ждем ваши материалы по адресу:  
**109456, а/я 29, г. Москва**  
или по e-mail: **info@raee.su**,  
т/ф.: **(499) 174–70–65**