

Обоснование критериев оценки результатов ведения буровзрывных работ в части экологической эффективности*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-12-112-116>

АВЕРИН А.П.

Канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
ИПКОН РАН,
111020, г. Москва, Россия,
e-mail: averin.andrey@gmail.com

ХАРЧЕНКО А.В.

Канд. техн. наук, доцент,
старший научный сотрудник
ИПКОН РАН,
111020, г. Москва, Россия,
e-mail: av-kharchenko@yandex.ru

Обоснование критериев оценки результатов ведения буровзрывных работ является очень важным этапом в оценке влияния и снижения негативного воздействия на окружающую среду буровзрывных работ. Благодаря мониторингу и анализу негативных сейсмических воздействий на объекты и инфраструктуру вокруг ведения работ можно адаптировать параметры и организацию буровзрывных работ в соответствии с ходом добычи таким образом, чтобы можно было защитить близлежащую инфраструктуру и добиться положительного экологического эффекта. В данной статье рассмотрено создание локальных (в рамках одного угольного разреза или отрабатываемого поля) систем сейсмического и акустического мониторинга негативных воздействий массовых взрывов. Показано, что по мере накопления сейсмической базы данных и последующего сопоставления ее с параметрами буровзрывных работ возможна корректировка проектов массовых взрывов для уточнения безопасных расстояний, что позволит увеличить размеры взрываемых блоков и повысить эффективность работы горнотранспортного оборудования, при этом сохранив экологию.

Ключевые слова: мониторинг, негативное воздействие, магнитуда, изосейсты, массовые взрывы, интенсивность сейсмических колебаний, охраняемые объекты.

Для цитирования: Аверин А.П. Харченко А.В. Обоснование критериев оценки результатов ведения буровзрывных работ в части экологической эффективности // Уголь. 2023. № 12 С. 112-116. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-112-116.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы обеспечения промышленной безопасности и охраны окружающей среды являются приоритетными при ведении буровзрывных работ (БВР). Для оценки влияния промышленных взрывов и снижения их негативного воздействия на литосферу, среду обитания человека и его здоровье необходимо проведение детального анализа эколого-геологических эффектов, вызванных горнодобывающим производством. Анализом экологических последствий при проведении массовых взрывов на карьерах занимаются многие ученые как в России [1, 2, 3, 4], так и за рубежом [5, 6].

* Исследования проведены в рамках мероприятия № 1 Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 мая 2022 года № 1144-р и соглашения о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации № 075-15-2022-1185 от 28 сентября 2022 года.



Помимо залпового выделения газообразных продуктов взрыва промышленных взрывчатых веществ (ВВ) и пыли от разрушаемых горных пород не менее важным является сейсмическое воздействие на окружающую среду, на инфраструктуру предприятий, на конструкции зданий и сооружений. Длительное периодическое сейсмическое воздействие может приводить к накоплению напряжений и деформаций в конструкциях и основаниях зданий.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Согласно [7] при анализе сейсмической обстановки в Кемеровской области всего зарегистрировано 605 сейсмических событий с 01.01.2023 по 31.01.2023 гг.:

- 543 промышленных взрыва;
- 13 местных землетрясений;
- 6 региональных землетрясений;
- 43 далеких землетрясения

Наибольшая сейсмическая активность в регионе в январе 2023 г. наблюдалась на территории:

- Беловского муниципального округа, зарегистрировано три сейсмических события магнитудой от 1.9 до 2.4 в районе угольного разреза «Бачатский»;
- Полысаевского городского округа, зарегистрировано также три сейсмических события магнитудой от 1.8 до 2.0.

Все другие зарегистрированные местные землетрясения находились на «фоновом» уровне (магнитуда не более 2.8) и происходили традиционно на территориях, связанных к горным выработкам угледобывающих предприятий (рис. 1).

Несмотря на это, в Агентство по защите населения и территории Кузбасса периодически поступают жалобы от жителей домов, расположенных в непосредственной близости к зонам ведения открытых горных работ. Так, например, на рис. 2 приведена карта, на которой видно, что частные дома расположены на расстоянии не более 200-300 м от бровки разреза. Очевидно, что сейсмическое воздействие на близлежащие здания превышает допустимые уровни вибраций.

Как было показано в [8] переход к оценке массовых взрывов от магнитуды к интенсивности (баллам) сейсмического воздействия позволит локально оценивать величину негативного воздействия на близлежащую застройку.

В рамках выполнения работ по гранту была создана сейсмическая измерительная сеть на разрезе «Кедровский». Сейсмометры расположены как в границах горного отвода, так и в близлежащем жилом районе Кедровский. За время наблюдений база измерений составила от 250 до 4500 м.

Важным аспектом является представление результатов инструментальных наблюдений. Точечные результаты необходимо экстраполировать на всю близлежащую территорию для мониторинга сейсмической безопасности на региональном уровне.

На основе проведенных экспериментальных измерений сейсмического поля и ударно-воздушной волны получены максимальные амплитуды скорости смещения грунта в ближней зоне (700 м), которые составляют не более 70 мм/с. Учитывая, что сейсмический эффект от массового взрыва может вызвать негативные вибрации зданий и со-



Рис. 1. Карта Кузбасса с сейсмоактивными районами в январе 2023 г.

Fig. 1. Map of Kuzbass with seismically active areas in January 2023

оружий, нормативные документы [9, 10], регламентирующие оценку вибраций на конструкцию, указывают на диапазон вибрации техногенной природы 1-150 Гц. При регистрации сейсмике максимальное значение амплитуды колебаний, не приводящее к значительным последствиям, может составлять 50 мм/с. Таким образом, регистрирующая аппаратура и первичные преобразователи должны иметь верхний предел регистрируемой амплитуды до 50 мм/с. Частотный диапазон сейсмических измерений должен лежать в пределах от 0,1 до 100 Гц. С учетом затухания амплитуды колебаний с расстоянием для пунктов регистрации сейсмических колебаний, размещенных на расстояниях более двух километров, допустима установка первичных преобразователей с верхним пределом амплитуды колебаний 5 мм/с, а верхняя граница частотного диапазона может быть смещена в низкочастотную область до 50 Гц. Частотный диапазон акустического микрофона – от 2 до 10000 Гц.

На основе проекта БВР, в котором по ФНП «Правила безопасности при взрывных работах» приводятся расчеты безопасных расстояний негативных воздействий массовых взрывов [11], система удаленного мониторинга буровзрывных работ осуществляет геопространственную привязку потенциально опасных зон и проверяет наличие охраняемых объектов в опасной зоне. Путем монито-



Рис. 2. Расстояние от жилых построек до взрываемого блока менее 1000 м (источник: maps.yandex.ru)
 Fig. 2. Distance from the residential buildings to the blasted block less than 1000 m (source: maps.yandex.ru)

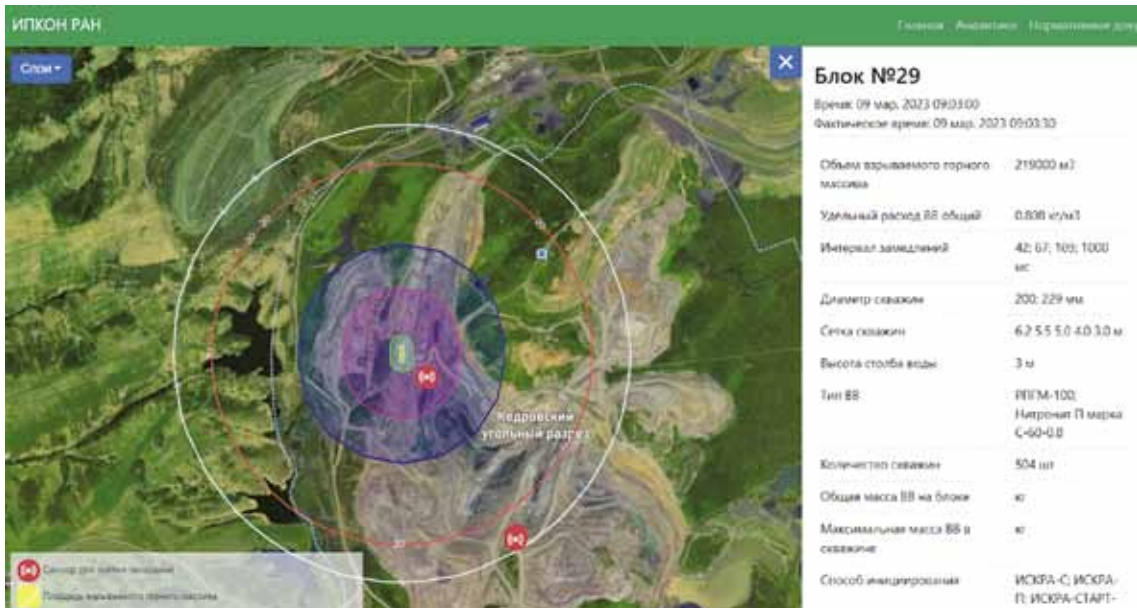


Рис. 3. Прогноз изолиний после взрыва на разрезе «Кедровский»
 Fig. 3. Forecast of isolines after the blast at the Kedrovsky strip mine

ринга сейсмического воздействия взрывных работ в первые годы работы шахты, а также с использованием зарегистрированных скоростей вибрации можно определить уровень и законы распределения и интенсивности сейсмической активности [12].

На рис. 3 представлены изосейсты, рассчитанные по фиксируемым с расставленных датчиков амплитудам колебаний.

Такой прогноз позволяет объективно и заблаговременно оценивать риски негативного воздействия как на жилые, так и на промышленные объекты, находящиеся в расчетной зоне. По мере накопления данных можно объективно судить о том, что на ряд объектов, особенно жилой застройки, массовые взрывы не оказывают ника-

кого воздействия, а влияние может быть из-за географического расположения объектов, геологического строения участка недр и локальной метеорологической обстановки.

ВЫВОДЫ

Создание локальных (в рамках одного угольного разреза или обрабатываемого поля) систем сейсмического и акустического мониторинга негативных воздействий массовых взрывов позволит точно оценивать вибрационную нагрузку на близлежащие здания и сооружения. Ведение базы данных зданий и сооружений, попадающих в опасную зону, позволит достоверно оценивать влияние массовых взрывов на текущее техническое состояние гражданских объектов.

По мере накопления сейсмической базы данных и последующего сопоставления с массой заряда взрывчатого вещества, количеством и сеткой скважин возможна корректировка проектов массовых взрывов для уточнения безопасных расстояний, что позволит увеличить размеры взрывааемых блоков и повысить эффективность работы горнотранспортного оборудования.

Список литературы

1. Богословский В.А., Жигалин А.Д., Хмелевской В.К. Экологическая геофизика. М.: Изд-во МГУ, 2000. 256 с.
2. Репина Е.М., Косинова И.И. Техногенная сейсмичность при горнодобывающей деятельности, ее влияние на инженерные сооружения и здоровье человека // Вестник ВГУ, Серия: география, геоэкология, 2010. № 1. С. 71-76.
3. Постсейсмические эффекты массовых взрывов, выделенные при разработке железорудных месторождений КМА / Э.М. Горбунова, А.Н. Беседина, Н.В. Кабыченко и др. // Динамические процессы в геосферах. 2022. Т. 14. № 1. С. 51-68. DOI: <http://doi.org/10.26006/22228535-2022-14-1-51>.
4. Adushkin V.V. Technogenic tectonic seismicity in Kuzbass // Russian Geology and Geophysics 2018. No 59. P. 571-583. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2018.04.010>.
5. Sharp increase in central Oklahoma seismicity since 2008 induced by massive wastewater injection / K.M. Keranen, M. Weingarten, G.A. Abers et al. // Science. 2014. No 345. P. 448-451. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1255802>.
6. Global review of human-induced earthquakes / G.R. Foulger, M.P. Wilson, J.G. Gluyas et al. // Earth-Science Reviews. 2018. No 178. P. 438-514. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.07.008>.
7. Анализ обстановки на территории Кемеровской области. Январь. 2023. [Электронный ресурс].
8. Аверин А.П., Харченко А.В. Критерии оценки негативного воздействия при проведении массовых взрывов на окружающую среду // Уголь. 2022. № 512. С. 44-48. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2022-512-44-48>.
9. ГОСТ Р 57546-2017 Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности.
10. ГОСТ Р 52892-2007 Вибрация зданий. Измерение вибрации и оценка ее действия на конструкцию.
11. Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения: официальное издание. Утверждены Приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 494 от 03.12.2020: введены в действие с изменениями 25.05.2022. М., 2022. (Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности).
12. Malbasic V., Stojanovic L. Determination of Seismic Safety Zones during the Surface Mining Operation Development in the Case of the «Буваč» Open Pit // Minerals. 2018. No 8. P. 71. URL: <https://doi.org/10.3390/min8020071> (дата обращения: 15.11.2023).

Original Paper

UDC 622.85:622.235 © A.P. Averin, A.V. Kharchenko, 2023
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2022, № 12, pp. 112-116
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-12-112-116>

Title

JUSTIFICATION FOR CRITERIAS OF ASSESSING THE RESULTS OF DRILLING AND EXPLOSIVE OPERATIONS IN PART OF ECOLOGICAL EFFICIENCY

Authors

Averin A.P., Kharchenko A.V.

¹ ICEMR RAS, Moscow, 111020, Russian Federation

Authors Information

Averin A.P., PhD (Engineering), Senior Researcher, e-mail: averin.andrey@gmail.com

Kharchenko A.V., PhD (Engineering), Associate Professor, Senior Researcher, e-mail: av-kharchenko@yandex.ru

Abstract

Justification of criteria for evaluating the results of drilling and blasting is a very important step in assessing the effects and mitigating the negative environmental impacts of drilling and blasting operations. By monitoring and analyzing the negative seismic effects on the facilities and infrastructure around the operations, it is possible to adapt the parameters and organization of blasting operations to the mining operation in such a way that nearby infrastructure can be protected and positive environmental effects can be achieved. This article considers the creation of local (within one coal strip mine or the mined coal field) systems to monitor negative seismic and acoustic effects of large-scale blasting. It is shown that accumulation of the seismic database and its subsequent comparison with the drilling and blasting parameters will make it possible to refine the large-scale blasting projects to specify safe distances, which will increase the size of blasted blocks and improve the efficiency of mining transportation equipment, while safeguarding the environment.

Keywords

Monitoring, Negative impact, Magnitude, Isoseists, Mass explosions, Intensity of seismic vibrations, Protected objects.

References

1. Bogoslovsky V.A., Zhigalin A.D. & Khmelevskoy V.K. Ecological geophysics. Moscow, MGU Publ., 2000, 256 p. (In Russ.).
2. Repina E.M. & Kosinova I.I. Man-caused seismicity due to mining activities, its impact on engineering structures and human health. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Geografiya, geoekologiya*, 2010, (1), pp.71-76. (In Russ.).
3. Gorbunova E.M., Besedina A.N., Kabychenko N.V., Batukhtin I.V. & Petukhova S.M. Postseismic effects of mass explosions recorded during the development of KMA iron ore deposits. *Dinamicheskie processy v geosferah*, 2022, Vol. 14, (1), pp. 51-68. (In Russ.). <http://doi.org/10.26006/22228535-2022-14-1-51>.
4. Adushkin V.V. Technogenic tectonic seismicity in Kuzbass. *Russian Geology and Geophysics*, 2018, (59), pp. 571-583. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2018.04.010>.
5. Keranen K.M., Weingarten M., Abers G.A., Bekins B.A. & Ge S. Sharp increase in central Oklahoma seismicity since 2008 induced by massive wastewater injection. *Science*, 2014, (345), pp. 448-451. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1255802>.

DRILLING AND BLASTING OPERATIONS

6. Foulger G.R., Wilson M.P., Gluyas J.G., Julian B.R. & Davies R.J. Global review of human-induced earthquakes. *Earth-Science Reviews*, 2018, (178), pp. 438-514. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscrev.2017.07.008>.
7. Analysis of the situation in the Kemerovo region. January. 2023. [Electronic resource].
8. Averin A.P. & Kharchenko A.V. Criteria for assessing the negative impact of mass explosions on the environment. *Ugol'*, 2022, (S12), pp. 44-48. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-44-48.
9. GOST R 57546-2017 Earthquakes. Seismic intensity scale.
10. GOST R 52892-2007 Vibration of buildings. Measurement of vibration and evaluation of its effects on structure.
11. Safety rules for production, storage and use of explosive materials for industrial purposes: official publication. Approved by Order No. 494 of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision as of 03.12.2020; enacted with amendments on 25.05.2022, Moscow, 2022. (Federal Norms and Rules in Industrial Safety). (In Russ.).
12. Malbasic V. & Stojanovic L. Determination of Seismic Safety Zones during the Surface Mining Operation Development in the Case of the "Buvač" Open Pit. *Minerals*, 2018, (8), pp. 71. Available at: <https://doi.org/10.3390/min8020071> (accessed 15.11.2023).

Acknowledgements

The research was performed as part of Activity No.1 of the Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle, approved by Order No. 1144-p of the Government of the Russian Federation as of May 11, 2022, and Agreement No. 075-15-2022-1185 as of September 28, 2022, on providing grants from the federal budget in the form of subsidies in accordance with Item 4 of Article 78.1 of the Budget Code of the Russian Federation.

For citation

Averin A.P. & Kharchenko A.V. Justification for criterias of assessing the results of drilling and explosive operations in part of ecological efficiency. *Ugol'*, 2023, (12), pp. 112-116. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-112-116.

Paper info

Received October 17, 2023
 Reviewed November 10, 2023
 Accepted November 27, 2023

Кузбассразрезуголь проведет испытания новой технологии очистки сточных вод

Экспериментальная установка для повышения эффективности очистки карьерных и поверхностных сточных вод смонтирована на очистных сооружениях Кедровского разреза УК «Кузбассразрезуголь». Блочно-модульный комплекс разработан совместно с учеными Кемеровского государственного университета в рамках реализации комплексной научно-технической программы «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс» и сейчас проходит испытания.

В блоках опытной установки сточные воды проходят многоэтапную водоочистку, чтобы избавиться от осадков и вредных примесей перед дальнейшим сбросом в водоемы. Проводятся реагентная обработка, адсорбция, напорная фильтрация с кварцевым песком, затем вода проходит через обратноосмотическую мембрану и облучение ультрафиолетом.



КУЗБАССРАЗРЕЗУГОЛЬ



Экологи УК «Кузбассразрезуголь» и ученые КемГУ проводят регулярные заборы проб, чтобы оценить работу пилотной уста-

новки. Результаты лабораторных исследований помогут оценить эффективность водоочистки и доработать технологию.

«Для очистки сточных вод на всех предприятиях УК «Кузбассразрезуголь» используются наилучшие до-

ступные технологии. Несмотря на это, мы находимся в постоянном поиске новых решений по технической модернизации очистных сооружений, чтобы дополнительно увеличить степень очистки сточных вод. За три года мы сократили общий объем сброса загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты более чем на четверть. Сегодня вместе с учеными мы испытываем новые техно-

логии, которые в перспективе помогут сделать очистку сточных вод еще эффективнее и экономичнее», – отметил директор по правовому обеспечению и экологии УК «Кузбассразрезуголь» Захар Сапурин.

Работу пилотной установки в числе первых оценили студенты-экологи Кемеровского государственного университета. Они посетили Кедровский угольный разрез, взяли первые пробы воды для лабораторного анализа, а также познакомились с действующей на предприятии системой водоочистки. Первые результаты наблюдений будут получены уже к концу текущего года.

Пресс-служба УК «Кузбассразрезуголь»

