

## Рациональный объем массового взрыва при разработке карьеров

А. А. Галимьянов, В. И. Мишнев

Институт горного дела Хабаровского ФИЦ ДВО РАН,  
г. Хабаровск

azot-1977@mail.ru

### Аннотация

Нарастающие объемы горных работ выявили ряд задач, одной из которых является краткое обоснование рационального объема взорванной горной массы за один массовый взрыв при проектировании разработки твердых и общераспространенных полезных ископаемых и планировании развития открытых горных работ. В процессе научно-исследовательской работы выявлена связь между единичным объемом взрывного блока и среднесуточной производительностью экскаватора по блоку. А именно, с ростом объема массового взрыва при увеличении времени подготовки горного массива к выемке взрывным способом снижается производительность экскаватора из-за частичной потери детонационных свойств эмульсионного взрывчатого вещества (ЭВВ) и соответственно снижения качества взорванной горной массы.

### Ключевые слова:

рациональный единичный объем взорванной горной массы, массовый взрыв, буровзрывные работы, открытые горные работы

### Введение

Рост мировой экономики, повышение технического прогресса и объема добычи полезных ископаемых требуют новых подходов к процессам разработки месторождений твердых и общераспространенных полезных ископаемых открытым способом, где одним из основных технологических процессов является подготовка горного массива к выемке буровзрывным способом. Основная часть буровзрывных работ (БВР) приходится на дробление крепких и средней крепости горных пород. Совершенствования БВР обуславливают необходимость разработки методик, направленных на повышение уровня безопасности и производительности труда, в том числе и в экологической части, где одним из основных, и в тоже время недостаточно изученных вопросов является обоснование рационального единичного объема взрывного блока (РОВБ), а именно части горного массива, взрываемого за один массовый взрыв (МВ). Под рациональным единичным объемом взрывного блока подразумевается нормативный объем взрывного блока, обеспечивающий нормативную производительность и безопасность труда горнодобы-

## Rational volume of the dirtied rock mass of large-scale blast during quarry development

A. A. Galimyanov, V. I. Mishnev

Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian Academy of  
Sciences, Khabarovsk

azot-1977@mail.ru

### Abstract

The growing volumes of mining operations have revealed a number of tasks, one of which is a brief justification for evaluation of the rational volume of the blasted rock mass per one massive explosion when projecting the exploitation activities of solid and common minerals and planning the development of open-pit mining. During the research work, we have identified a correlation between the volume of the explosive block and the average productivity of the excavator per block. The article proposes the use of medium-volume blocks against application of a specific number of machines, which prepare the block for blasting, to increase the average productivity of the excavator per block. The identified dependence can help in projecting the exploitation of minerals and planning the development of open-pit mining, which will increase the profitability of mining production.

### Keywords:

rational volume of the dirtied rock mass, large-scale blast, drilling and blasting operations, mass explosion, open pit mining

вающего предприятия, рассчитанный для конкретного месторождения с учетом местных горно-геологических условий [1, 2].

Следует отметить, что рациональный единичный объем взрывного блока в настоящее время не учитывается при проектировании карьеров и планировании развития горных работ, поэтому соответствующий объем рассчитывается в оперативном порядке – на один-три МВ вперед, в лучшем случае на месяц, что зачастую негативно отражается на качестве взорванной горной массы (ВГМ) [3, 4]. К примеру, объем подготовки горного массива к выемке за один МВ (ОПГМ-МВ) сверх нормы может повлечь за собой низкое качество ВГМ из-за продолжительного нахождения и снижения качества взрывчатого вещества в обводненных скважинах [5] и отрицательный сейсмический эффект из-за увеличения амплитуды колебаний [6], тогда как ОПГМ-МВ ниже нормы очевидно повлияет на увеличение частоты взрывов и общего времени на организацию проведения МВ [7].

## Материалы и методы

Вопросы увеличения объема массового взрыва волнуют ученых и горняков с начала зарождения производства МВ. Только один переход с мгновенного на короткозамедленное взрывание в середине 50-х гг. прошлого века позволил увеличить объем массового взрыва и производительность при ведении горных работ в десятки раз [8–12]. Также имеются факторы, ограничивающие единичный объем взрывного блока, по разным критериям, в первую очередь сейсмическому. Однако пока нет общепринятой методики определения рационального единичного объема взрывного блока. В связи с чем на разрезе Буреинский были проведены пять экспериментальных взрывов по выявлению зависимости производительности экскаватора (Пэкс) от единичного объема взрывного блока и времени нахождения ЭВВ в скважине. Для чистоты эксперимента взрывные блоки выбирались с примерно однотипными горно-геологическими условиями.

На разрезе Буреинский были проведены исследования по выявлению зависимостей средней производительности экскаватора, по блоку от объема взрывного блока и времени нахождения ЭВВ в скважине. Для чистоты эксперимента взрывные блоки выбирались примерно с однотипными горно-геологическими условиями.

Параметры БВР исследуемых взрывных блоков приведены в таблице. В результате проведения экспериментальных взрывов выявлено, что при повышении объема взрывного блока в совокупности с увеличением времени его подготовки к выемке буровзрывным способом, зафиксировано уменьшение среднесуточной производительности экскаватора (рисунок). Это связано с увеличением времени нахождения ЭВВ в скважинах, и в связи с этим частичной потерей детонационных свойств ЭВВ [5] и, как следствие, снижения качества взорванной горной массы [13]. На рисунке указаны средние значения со среднесуточной производительностью экскаватора по результатам пяти экспериментальных взрывов.

## Заключение

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Среднесуточная Пэкс снижается по мере отработки взрывного блока в направлении взорванной горной массы скважинными зарядами с большим временем пребывания ЭВВ относительно скважинных зарядов, сформированных ранее, считая с начала отработки взорванного горного массива (рисунок).
2. Снижение качества ЭВВ на местах ведения горных работ начиная от закупки и хранения компонентов для изготовления полуфабрикатов до формирования скважинных зарядов зависит от человеческого фактора, в том числе квалификации персонала на местах.
3. Обоснование рационального объема массового взрыва зависит от горно-геологических и технологических факторов, в том числе от качества приготовления ЭВВ и формирования скважинных зарядов из них.
4. Целесообразно проведение дополнительных исследований, направленных на повышение качества ВГМ посредством улучшения качества скважинных зарядов из ЭВВ.

## Параметры БВР экспериментальных взрывов

### Parameters of drilling and blasting operations in explosion experiments

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Данные
1	Крепость породы по шкале проф. М. М. Протодьяконова, среднее значение		5,2
2	Диаметр скважины	мм	215
3	Выход ГМ с 1 п.м.	м³	28
4	Производительность буровой установки DML-1200	п.м./сут	700
5	Буровая установка DML-1200	шт	2
6	Эмульсионное взрывчатое вещество (ЭВВ) с добавкой сухой фазы – 30% гранул селитры		ЭВВ-70*
7	Наименование ПД		ТГЭ -750
8	Плановая суточная производительность экскаватора Komatsu PC-1250	м³	10300
9	Средства инициирования ИСКРА В том числе:		
10	Искра-П-109	мс	109
11	Искра-П-67	мс	67
12	Искра-С-1000	мс	1000
13	Высота уступа	м	10
14	Перебур	м	2
15	Удельный расход	кг/м³	0,79

Прмечание. \*производитель ЭВВ не конкретизируется в целях исключения конфликта интересов.

Note. \*producer of the emulsion explosive is not given to avoid the conflict of interests.

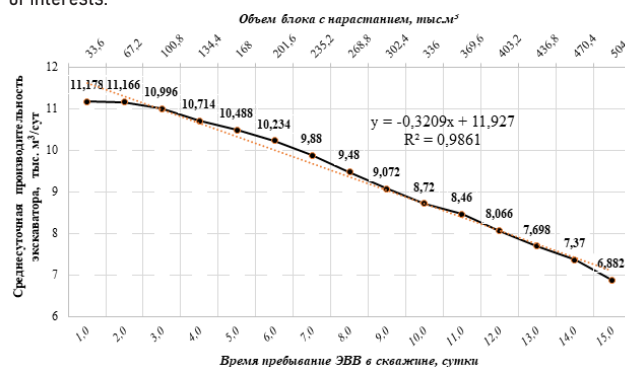


Рисунок. Зависимости среднесуточной Пэкс от единичного объема взрывного блока и времени пребывания ЭВВ в скважинах.

Figure. Average excavator productivity in dependence of the unit volume of blast block and residence time of emulsion explosive in blast holes.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## Литература

1. Соболев, А. А. Анализ изменения технико-экономических показателей буровзрывных работ в зависимости от возрастания глубины разработки угольных месторождений Дальнего Востока / А. А. Соболев, А. А. Галимьянов // Уголь. – 2022. – № 2 (1151). – С. 22–25. – DOI 10.18796/0041-5790-2022-2-22-25.
2. Совершенствование процесса подготовки горной массы к выемке на Солнцевском угольном разрезе / А. А. Галимьянов, О. И. Черских, И. Ю. Рассказов [и др.] // Уголь. – 2024. – № 3 (1178). – С. 104–109. – DOI 10.18796/0041-5790-2024-3-104-109.

3. Исследование влияния параметров взорванной горной массы на производительность экскаваторноавтомобильного комплекса / М. А. Маринин, Р. А. Рахманов, В. В. Должиков [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2023. – № 9-1. – С. 35–48. – DOI 10.25018/0236\_1493\_2023\_91\_0\_35.
4. Сысоев, А. А. Исследование резерва взорванной горной массы на разрезах с автомобильным транспортом / А. А. Сысоев, Я. О. Литвин, К. А. Голубин // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2015. – № 1. – С. 4–9.
5. Горинов, С. А. Оценка времени сохранения восприимчивости к инициирующему импульсу эмульсионным взрывчатым веществом, сенсibilизированным газовыми пузырьками / С. А. Горинов, А. С. Корецкий, И. Ю. Маслов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2022. – № 5. – С. 53–65. – DOI 10.21440/0536-1028-2022-5-53-65.
6. Соколов, С. Т. Оценка влияния взрыва протяженного блока на охраняемый объект / С. Т. Соколов, С. В. Хохлов, А. В. Баженова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2023. – № 9-1. – С. 122–134. – DOI 10.25018/0236\_1493\_2023\_91\_0\_122.
7. Комплексная оценка эффективности буровзрывных и экскаваторных работ при выемке взорванных пород экскаваторами типа ЭКГ / А. С. Ташкинов, А. А. Сысоев, И. А. Ташкинов [и др.] // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – № 2 (78). – С. 59–65.
8. Кокин, С. В. Опыт ООО «Кузбассразрезуголь-Взрывпром» по снижению воздействия массовых взрывов в Кузбассе на охраняемые объекты и окружающую среду / С. В. Кокин, Д. М. Пархоменко, А. В. Бервин // Горная промышленность. – 2019. – №5 (147). – С. 72–75.
9. Фетоденко, В. С. Оптимизация интервалов замедлений при короткозамедленном взрывании вскрышных пород на разрезах Кузбасса / В. С. Фетоденко, С. В. Матва // Устойчивое развитие горных территорий. – 2022. – Т. 14, №4. – С. 623–631.
10. Басарнов, А. И. Испытания устройств неэлектрической системы инициирования на время срабатывания в полигонных условиях / А. И. Басарнов, Д. Н. Батраков // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. – 2023. – № 1. – С. 27–37. – DOI 10.25558/VOSTNII.2023.34.31.003.
11. Кондратьев, С. А. Анализ результатов заводских испытаний устройств «Искра» для инициирования скважинных зарядов / С. А. Кондратьев, А. А. Сысоев, И. Б. Катанов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2019. – № 6 (136). – С. 72–78. – DOI 10.26730/1999-4125-2019-6-72-78.
12. Ильенко, С. М. Технология, механизация и организация открытых горных работ / С. М. Ильенко, П. А. Атамась. – Киев–Донецк: Вища школа, Головное изд-во, 1979. – 224 с.
13. Методика обеспечения качества заряда наливного эмульсионного взрывчатого вещества в обводненных скважинах / А. А. Галимьянов, О. И. Черских, А. В. Расказова [и др.] // Уголь. – 2024. – № 1 (1176). – С. 100–108. – DOI 10.18796/0041-5790-2024-1-100-108.

## References

1. Sobolev, A. A. Analiz izmeneniya tekhniko-ekonomicheskikh pokazatelej burovzryvnyh работ v zavisimosti ot vozrastaniya glubiny razrabotki ugolnyh mestorozhdenij Dalnego Vostoka [Analysis of changes in the technical and economic indicators of drilling and blasting operations depending on the increasing depth of coal deposits in the Far East] / A. A. Sobolev, A. A. Galimyanov // Ugol' [Coal]. – 2022. – № 2 (1151). – P. 22–25. – DOI 10.18796/0041-5790-2022-2-22-25.
2. Galimyanov, A. A. Sovershenstvovanie processa podgotovki gornoj massy k vyemke na Solncevskom ugolnom razreze [Improving the process of rock mass preparation for excavation at the Solntsevsky open-pit coal mine] / A. A. Galimyanov, O. I. Cherskikh, I. Yu. Rasskazov [et al.] // Ugol' [Coal]. – 2024. – № 3 (1178). – P. 104–109. – DOI 10.18796/0041-5790-2024-3-104-109.
3. Marinin, M. A. Issledovanie vliyaniya parametrov vzorvannoj gornoj massy na proizvoditelnost ekskavatorno-avtomobilnogo kompleksa [Study on the influence of the parameters of blasted rock mass on the productivity of the excavator-machine complex] / M. A. Marinin, R. A. Rakhmanov, V. V. Dolzhikov [et al.] // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten (nauchno-tekhnicheskij zhurnal) [Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)]. – 2023. – № 9-1. – P. 35–48. – DOI 10.25018/0236\_1493\_2023\_91\_0\_35.
4. Sysoev, A. A. Issledovanie rezerva vzorvannoj gornoj massy na razrezah s avtomobilnym transportom [Study on the reserve of blasted rock mass in open-pit mines with road transport] / A. A. Sysoev, Ya. O. Litvin, K. A. Golubin // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal [News of Higher Educational Institutions. Mining Journal]. – 2015. – № 1. – P. 4–9.
5. Gorinov, S. A. Ocenka vremeni sohraneniya vospriimchivosti k iniciiruyushchemu impulsu emulsionnym vzryvchatym veshchestvom, sensibilizirovannym gazovymi puzyrkami [Estimation of the time of maintaining susceptibility to the initiating pulse by an emulsion explosive sensitised with gas bubbles] / S. A. Gorinov, A. S. Koretsky, I. Yu. Maslov // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal [News of Higher Educational Institutions. Mining Journal]. – 2022. – № 5. – P. 53–65. – DOI 10.21440/0536-1028-2022-5-53-65.
6. Sokolov, S. T. Ocenka vliyaniya vzryva protyazhennogo bloka na ohranyaemyj obyekt [Assessing the impact of an explosion of extended block on the protected object] / S. T. Sokolov, S. V. Khokhlov, A. V. Bazhenova // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten (nauchno-tekhnicheskij zhurnal) [Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal)]. – 2023. – № 9-1. – P. 122–134. – DOI 10.25018/0236\_1493\_2023\_91\_0\_122.
7. Tashkinov, A. S. Kompleksnaya ocenka effektivnosti burovzryvnyh i ekskavatornyh работ pri vyemke vzorvannyh пород ekskavatorami tipa EKG [Comprehensive

- assessment of the efficiency of drilling and blasting and excavation operations when removing blasted rocks using EKG type excavators] / A. S. Tashkinov, A. A. Sysoev, I. A. Tashkinov [et al.] // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. – 2010. – № 2 (78). – P. 59–65.
8. Kokin, S. V. Opyt OOO «Kuzbassrazrezugol-Vzryvprom» po snizheniyu vozdeystviya massovykh vzryvov v Kuzbasse na ohranyaemye obyekty i okruzhayushchuyu sredu [Experience of OOO 'Kuzbassrazrezugol-Vzryvprom' in reducing the impact of massive explosions in Kuzbass on protected objects and the environment] / S. V. Kokin, D. M. Parkhomenko, A. V. Bervin // Gornaya promyshlennost [Mining Industry]. – 2019. – № 5 (147). – P. 72–75.
  9. Fetodenco, V. S. Optimizatsiya intervalov zamedlenij pri korotkozamedlennom vzryvanii vskryshnykh porod na razrezah Kuzbassa [Optimization of deceleration intervals during short-delay blasting of overburden rocks in Kuzbass open-pit mines] / V. S. Fetodenco, S. V. Matva // Ustojchivoe razvitiye gornyykh territorij [Sustainable Development of Mountain Territories]. – 2022. – Vol. 14. – № 4. – P. 623–631.
  10. Basarnov, A. I. Ispytaniya ustroystv neelektricheskoy sistemy iniciirovaniya na vremya sratyvaniya v poligonnykh usloviyakh [Testing of devices of a non-electric initiation system for response time in field conditions] / A. I. Basarnov, D. N. Batrakov // Bulletin of the Scientific Centre of the Eastern Research Institute for Industrial and Environmental Safety. – 2023. – № 1. – P. 27–37. – DOI 10.25558/VOSTNII. 2023.34.31.003.
  11. Kondratiev, S. A. Analiz rezultatov zavodskikh ispytaniy ustroystv «Iskra» dlya iniciirovaniya skvazhinnykh zaryadov [Analysis of the results of factory tests of Iskra devices for initiating borehole charges] / S. A. Kondratiev, A. A. Sysoev, I. B. Katanov // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. – 2019. – № 6 (136). – P. 72–78. – DOI 10.26730/1999-4125-2019-6-72-78.
  12. Ilyenko, S. M. Tekhnologiya, mekhanizatsiya i organizatsiya otkrytykh gornyykh rabot [Technology, mechanization and organization of open-pit mining] / S. M. Ilyenko, P. A. Atamas. – Kiev. – Donetsk : Vishcha shkola, Head Publishing House, 1979. – 224 p.
  13. Galimyanov, A. A. Metodika obespecheniya kachestva zaryada nalivnogo emulsionnogo vzryvchatogo veshchestva v obvodnennykh skvazhinakh [Methodology of quality assurance of the charge of the bulk emulsion explosive in watered wells] / A. A. Galimyanov, O. I. Cherskikh, A. V. Rasskazova [et al.] // Ugol [Coal]. – 2024. – № 1 (1176). – P. 100–108. – DOI 10.18796/0041-5790-2024-1-100-108.

#### Информация об авторах:

**Галимьянов Алексей Алмазович** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Института горного дела ДВО РАН; Scopus ID: 58034592900, <https://orcid.org/0000-0002-8003-7502> (680000, Российская Федерация, г. Хабаровск, ул. Тургенева, д. 51; e-mail: azot-1977@mail.ru).

**Мишнев Владимир Игоревич** – младший научный сотрудник, Института горного дела ДВО РАН; Scopus ID: 58030888800, <https://orcid.org/0009-0004-7859-8572> (680000, Российская Федерация, г. Хабаровск, ул. Тургенева, д. 51; e-mail: mishnev.vl@mail.ru).

#### About the authors:

**Alexey A. Galimyanov** – Candidate of Sciences (Engineering), Leading Researcher at the Institute of Mining of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus ID: 58034592900, <https://orcid.org/0000-0002-8003-7502> (51 Turgenev st., Khabarovsk, 680000, Russian Federation; e-mail: azot-1977@mail.ru).

**Vladimir I. Mishnev** – Junior Researcher at the Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; Scopus ID: 58030888800, <https://orcid.org/0009-0004-7859-8572> (51 Turgenev st., Khabarovsk, 680000, Russian Federation; e-mail: mishnev.vl@mail.ru).

#### Для цитирования:

Галимьянов, А. А. Рациональный объем массового взрыва при разработке карьеров / А. А. Галимьянов, В. И. Мишнев // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Науки о Земле». – 2025. – № 3 (79). – С. 102–105.

#### For citation:

Galimyanov, A. A. Ratsionalnyi ob'yem massovogo vzryva pri razrabotke karyerov [Rational volume of the dirtied rock mass of large-scale blast during quarry development] / A. A. Galimyanov, V. I. Mishnev // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Earth Sciences". – 2025. – № 3 (79). – P. 102–105.

Дата поступления статьи: 28.11.2024

Прошла рецензирование: 13.03.2025

Принято решение о публикации: 01.04.2025

Received: 28.11.2024

Reviewed: 13.03.2025

Accepted: 01.04.2025