ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2021;(12-1):255–263
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 622.235 DOI: 10.25018/0236_1493_2021_121_0_255

ВЗРЫВНОЕ РЫХЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД С УВЕЛИЧЕННЫМИ ИНТЕРВАЛАМИ ЗАМЕДЛЕНИЯ

Е. Б. Шевкун[1], **Н. А. Леоненко**[2], **А. Ю. Плотников**[3]

[1] Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия;
[2] Институт горного дела ДВО РАН, обособленное подразделение Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН, Хабаровск, Россия;
[3] ООО «АВТ-Амур», Благовещенск, Россия

Аннотация: Представлены материалы исследований по взрывному рыхлению скальных пород и руд с максимальным сохранением первичных контактов «руда-порода» в развале горной массы при подготовке к выемке специальными методами ведения взрывных работ. Наиболее распространенное буферное взрывание с пригрузкой из ранее взорванной горной массы требует больших размеров рабочих площадок и окупается только при разработке ценных руд. Более простой и дешевый способ взрывания на «зажим» природным массивом со стартом схемы инициирования из тыльной части взрываемого блока в сторону откоса уступа позволил получить существенные результаты только с началом использования интервалов межскважинного замедления в 150–200 мс и выше. Старт взрыва от средины блока снижает смещение взорванной горной массы, сохраняя контакты руд и пород близкими к естественным, и позволяет проводить взрывное рыхление пород на блоках большой протяженности (до полукилометра и более). Промышленное применение схем взрывания с увеличенными интервалами замедления в течение восьми лет показало влияние увеличенных интервалов замедления на качество дробления и величину смещения пород при взрыве: по мере роста величины интервалов межскважинного замедления улучшается качество дробления и снижается величина перемешивания горной массы в развале. Взрывное рыхление пород по схеме замедления 400×200 мс в течение 2020 года, в сравнении с показателями взрывания по схеме 150×200 мс, позволило снизить величину смещения первичных контактов «руда–порода», уточненных по результатам опробования взрывных скважин, до 0,8–1,3 м в развале горной массы с коэффициентом разрыхления 1,3–1,4 и за счет этого улучшить показатели селективной выемки руд: снизить разубоживание с 8,8 до 7,6%, а потери полезного компонента – на 22%.

Ключевые слова: взрывное рыхление пород, контакты «руда-порода», перемешивание пород при взрыве, интервал межскважинного замедления, потери полезного компонента.

Для цитирования: *Шевкун Е. Б., Леоненко Н. А., Плотников А. Ю.* Взрывное рыхление горных пород с увеличенными интервалами замедления // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 12-1. – С. 255–263. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_121_0_255.

Loosening blasting of rocks at extended delay intervals

E. B. Shevkun[1], **N. A. Leonenko**[2], **A. Yu. Plotnikov**[3]

[1] Pasific Nacional Universiti, Russia;
[2] Mining Institute FEB RAS the separate subdivision of Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia;
[3] OOO "AVT-AMUR", Blagoveshchensk, Russia

© Е. Б. Шевкун, Н. А. Леоненко, А. Ю. Плотников. 2021

Abstract: The study focuses on loosening blasting of hard rocks and ore at maximum preservation of rock–ore contacts in broken-rock disintegration using special blasting techniques. The commonly used buffer blasting with buffer made of preliminary broken rock requires vast work areas and pays back only in high-value ore production. The simpler and cheaper cushion blasting in the direction from intact rock mass toward operating bench appears to be effective at delay intervals starting from 150–200 ms and longer. Explosion initiation from the middle of a block reduces displacement of broken rocks and preserves nearly natural ore–rock contacts, which allows loosening blasting in long blocks (500 m and longer). Commercial-scale application of blasting patterns with extended delay intervals within 8 years shows that the extended delay intervals have influence on fragmentation and displacement of rocks by blasting: the quality of fragmentation grows and the value of rock shuffle in broken-rock disintegration lowers. Loosening blasting at delay pattern 400×200 ms in the course of 2020, as against the delay pattern 150×200 ms, enabled reduction in ore–rock contact displacement, adjusted after blasthole testing, to 0.8–1.3 m in broken-rock disintegration at loosening factor of 1.3–1.4 and, thereby, allowed improved selectivity of ore extraction by means of decreased ore dilution from 8.8 to 7.6% and reduced loss of useful component by 22%.

Key words: loosening blasting, ore–rock contacts, rock shuffle in blasting, delay interval, useful component loss.

For citation: Shevkun E. B., Leonenko N. A., Plotnikov A. Yu. Loosening blasting of rocks at extended delay intervals. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(12-1):255—263. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_121_0_255.

Введение

При открытой разработке ценных руд в скальных массивах горных пород необходимо максимально сохранить уточнённые по результатам опробования взрывных скважин естественные контакты рудных зон с пустыми породами за счет уменьшения перемешивания горных пород в развале при подготовке к выемке специальными методами ведения взрывных работ. По этой причине продолжаются практические и теоретические исследования процессов разрушения пород скважинными зарядами, включая математическое и физическое моделирование [1—8].

Широкое распространение на карьерах получило взрывание на буфер из ранее взорванной горной массы или взрывание в абсолютно зажатой среде (на монолитный массив). Такое взрывание обеспечивает управление развалом горной массы и возможность селективной выемки. При этом основное внимание уделяется именно буферному взрыванию с пригрузкой из ранее взорванной горной массы, включая дополнительные специальные работы по формированию этой пригрузки [9, 10]. Требуются существенные затраты времени и финансов на сооружение пригружающего буфера из взорванной горной массы, причем в случае использования вскрышных пород их придётся ещё и вывозить после взрыва. С учётом необходимости значительных размеров рабочих площадок при буферном взрывании на ранее взорванную горную массу затраты могут окупаться только в случае отработки руд высокой ценности. В то же самое время существует более простой и дешевый способ взрывания: на «зажим» природным массивом со стартом поверхностной схемы инициирования массового взрыва из тыльной части взрываемого блока в сторону откоса уступа. Он применяется достаточно давно, но существенные результаты нами были получены только в последние 8—9 лет, с началом использования

интервалов межскважинного замедления в 150×200 мс и выше.

Методы

Практика ведения взрывных работ показала, что при расположении врубового ряда вторым или третьим от тыльного края взрываемого блока исключается выброс горной массы за последний ряд скважин за счёт возможности подвижки разрушаемого массива в сторону взорванной горной массы врубового ряда. Старт взрыва от средины блока снижает смещение взорванной горной массы, сохраняя контакты руд и пород близкими к естественным, обеспечивая при этом многократное циклическое знакопеременное воздействие волн напряжения на районы расположения последующих скважинных зарядов, и позволяет проводить взрывное рыхление пород на блоках большой протяженности (до полукилометра и более) [11].

При увеличении интервалов замедления выше 150–200 мс существенно меняется механизм развития взрыва в массиве горных пород. Длительное распирающее воздействие продуктов детонации в трещинах предыдущих взрывов позволяет удлинять и расширять их. К. Хино [12] утверждает, что при короткозамедленном взрывании в результате взрыва зарядов предыдущей очереди образуются дополнительные поверхности обнажения, в которых распирающее действие газов взрыва последующей очереди продолжается от 10 до 100 мс. Поэтому при больших интервалах замедления появляется время, необходимое для прорастания трещин на полную глубину, соответствующую квазистатической стадии разрушения под действием распирающего действия продуктов взрыва последующих зарядов. Такая трактовка укладывается в концепцию стадийного механизма разрушения горных пород, исследованном учеными из ФТИ им. А. Ф. Иоффе [13]. При любом механическом и ином способе воздействия на породу процесс разрушения протекает в две стадии. На первой стадии (объёмного предразрушения) в объёме породы протекают процессы генерации и накопления микро- и макротрещин до определённой концентрации. На второй стадии (доразрушения) идут процессы слияния трещин в более крупные и доминирующего катастрофического локального роста некоторых из них с образованием отдельностей.

В работе [14] установлено, что в результате циклического воздействия сжимающей нагрузкой накопление разрушений происходит от цикла к циклу, особенно активно протекают процессы разупрочнения в последних циклах, когда происходит массовое накопление микроразрушений. В результате таких воздействий наблюдается множественное разрушение с образованием поверхности в несколько раз большей, чем при обычном (нециклическом) деформировании, и снижение требуемой энергии разрушения в 1,3–1,4 раза. В работе [15] подчеркивается, что микротрещины в области упругого деформирования развиваются под действием импульса растяжения в упругой волне. Определяющими параметрами являются величина импульса растяжения, время его действия и скорость начала развития микротрещины. При этом скорость роста трещины является постоянной величиной, составляющей по данным различных источников от 13 [16] до 50% [17] от скорости звука в данном массиве горных пород.

Результаты

Рассмотрим особенности взрывного рыхления горных пород с применением неэлектрической системы

инициирования (НСИ) Rionel по схеме взрывания с замедлением во врубовом ряду 400 мс (два последовательно соединённых поверхностных замедлителя Rionel X-200) и 200 мс по рядам скважин с внутрискважинным замедлением 5 000 мс (Rionel LP-50) на примере рядового массового взрыва блока вскрышных пород с коэффициентом крепости f = 8—10, объёмом 99 264 м^3, обуренного по сетке 6,5х6,5 м 470-ю взрывными скважинами диаметром 0,215 м средней глубиной 6 м (при средней высоте уступа 5,0 м). Взрыв блока произведён 15 апреля 2021 г. в глубоком зажиме со стартом в тыльном ряду. Удельный расход ЭВВ Нитронит Э-70 составил 0,7 кг/м^3 при массе заряда около 150 кг и длине его 3,0 м; выход взорванной горной массы — 35,2 м^3 с 1 пог. м скважины.

Общая продолжительность процесса развития массового взрыва составила на графической модели 13 400 мс, а по кадрам видеосъёмки (между появлениями выбросов первого и последнего сработавших зарядов) — 11 397 мс, или на 2 секунды меньше (рис. 1). Столь существенная разница объясняется допускаемым производителем разбросом величины интервалов замедления: у Rionel X-200 она составляет 188–212 мс, у Rionel LP-50 — 4 750–5 240 мс, следовательно, минимальное замедление между взрывами соседних ступеней замедления возможно 62 мс, а максимальное — 452 мс.

Так, уже с самого начала развития взрыва заметны отклонения от модельного варианта, по которому после взрыва стартового скважинного заряда на следующей ступени замедления через 200 мс должны сработать два заряда, ещё через 200 мс — уже три заряда (рис. 2, *а*), а на видеокадрах картина существенно иная (рис. 2, *б*).

На кадре *0* мс виден пылегазовый выброс из скважины *1*. Уже в следующем кадре (29 мс), виден пылегазовый выброс следующего (одиночного) взрыва из скважины *2*, а через 116 мс (в кадре 145 мс) отмечен взрыв двух зарядов в скважинах *3* и *4*, через такой же промежуток — ещё одного заряда *5* в кадре 261 мс, а следующий заряд *6* сработал уже через 58 мс в кадре 319 мс, затем два заряда *7* и *8* — через 29 мс в кадре 348 мс. Таким образом, фактическое развитие массового взрыва носит ярко выраженный вероятностный характер, что отмечается и другими исследователями. Так, в работе [16] утверждается, что с первых ступеней замедления неэлектриче-

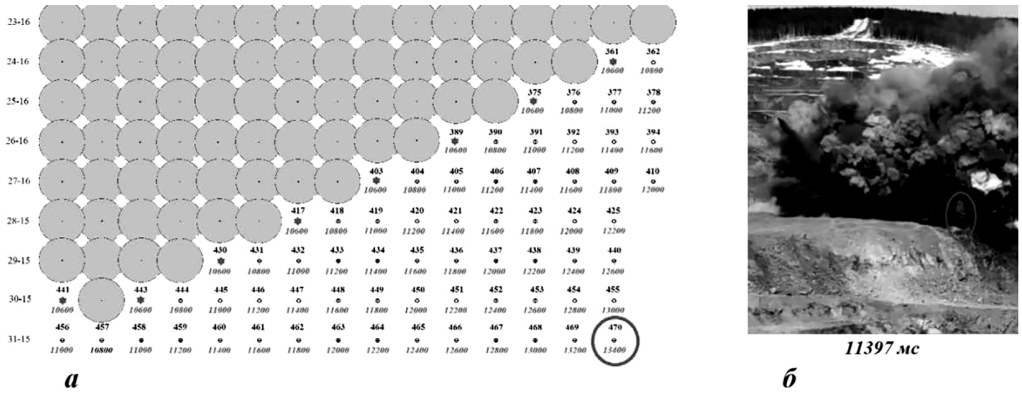

Рис. 1. Время срабатывания последнего заряда на модели (а) и на видеосъёмке (б)
Fig. 1. The response time of the last charge on the model (a) and on the video (b)

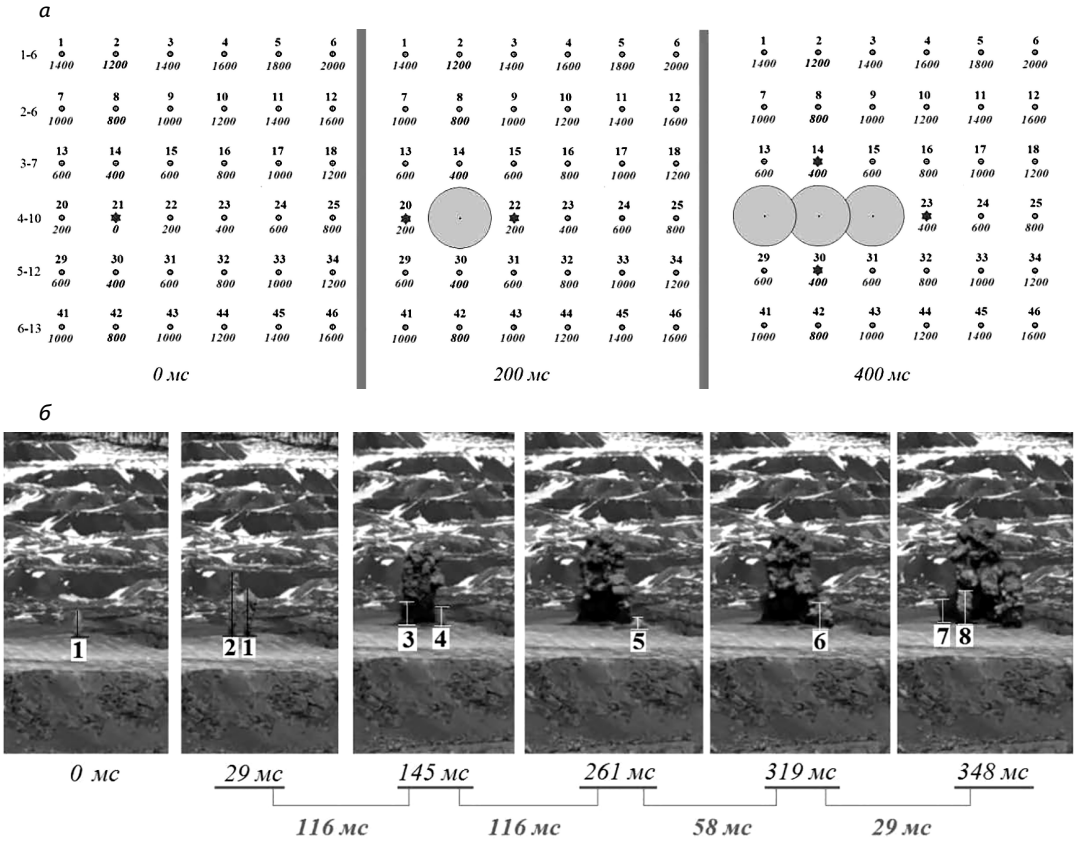

Рис. 2. Старт массового взрыва на модели (а) и по видеосъёмке (б)
Fig. 2. The start of a mass explosion on the model (a) and on video (b)

ские системы инициирования (НЭСИ) с волноводами в значительной степени перестают выполнять функцию регулятора короткозамедленного взрывания, обеспечивающего качество дробления горной массы, лишь увеличивая общую продолжительность взрыва. Тем не менее, общий характер перехода клиновой схемы в диагональ сохраняется и выдерживается геометрически достаточно строго (рис. 3, *в*), а опережение поверхностной сети достигает 10 — 12 рядов при сетке 6,5х6,5 м (рис. 3, *б*), что практически исключает возможность повреждения элементов поверхностной сети разлетающимися кусками горной массы. Одновременно достигается мелкокусковое дробление горной массы развала, остающегося в контурах блока (рис. 3, *г*).

При этом за счет цикличного воздействия волн напряжения в зоне предразрушения с кратностью 20–25 (когда через район расположения каждого заряда проходит 20–25 волн напряжения с различных направлений) достигается качественное дробление горной массы развала (рис. 4), остающегося в контурах блока, а смещение контактов «руда-порода» в развале с коэффициентом разрыхления 1,3–1,4 находится в пределах 0,8–1,3 м, позволяя осуществлять раздельную выемку

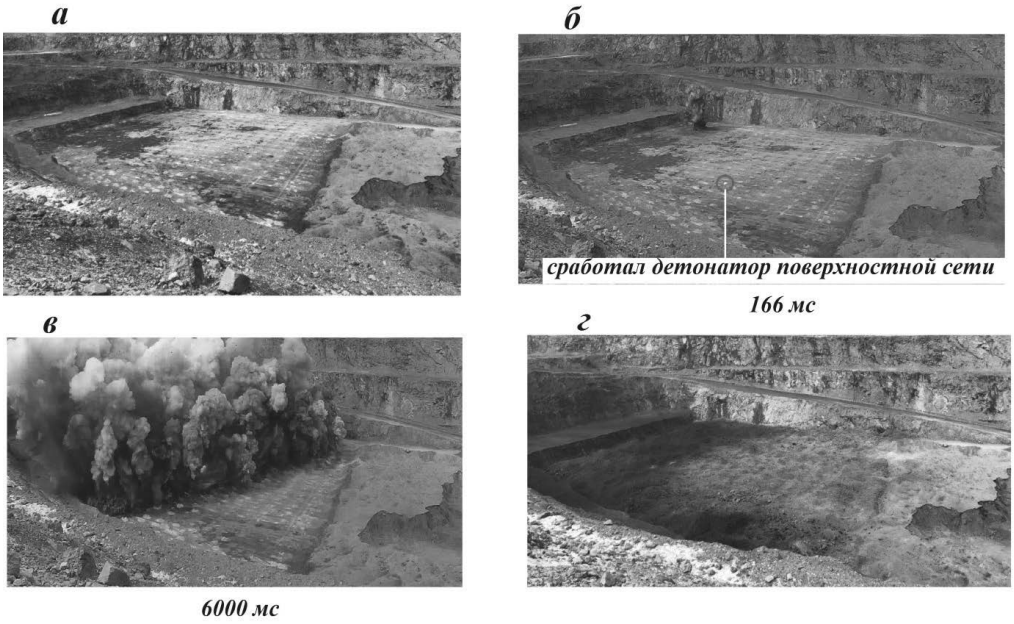

Рис. 3. Развитие взрыва по схеме 400х200 с замедлением в скважине 5 000 мс
Fig. 3. The development of the explosion according to the 400x200 scheme with a slowdown in the well of 5,000 ms

Рис. 4. Забой добычного экскаватора
Fig. 4. The face of the mining excavator

руд с минимальным примешиванием пустых пород [18].

В 2020 году применение схем взрывания с замедлением 400×200 мс по сравнению со схемами 150×200 мс позволило снизить разубоживание с 8,8 до 7,6%, а потери полезного компонента — на 22%. Здесь следует особо подчеркнуть тот факт, что именно схема замедления 400×200 мс позволила, в нарушение классических рекомендаций о величине линии сопротивления $W \leqslant 0{,}8H_y$ [19], применить $W = 1{,}3H_y$ при качественной проработке подошвы уступа, поскольку процесс циклического воздействия волн напряжения на массив горных пород с кратностью 20–25 происходит и в перебуре.

Выводы

Взрывное рыхление горных пород с межскважинными замедлениями, увеличенными до 400×200 мс, обеспечивает повышение качества дробления за счет цикличного воздействия волн напряжения на массив горных пород в зоне предразрушения кратностью 20–25.

Технология обеспечивает снижение величины смещения первичных контактов «руда–порода», уточненных по результатам опробования взрывных скважин, до 0,8–1,3 м в развале горной массы с коэффициентом разрыхления 1,3–1,4. Это позволило снизить разубоживание с 8,8 до 7,6%, а потери полезного компонента — на 22% по сравнению со схемой взрывания 150×200 мс.

Сетка расположения скважин диаметром 215 мм на уступе высотой 5 м увеличена до размеров 6,5×6,5 м, а выход горной массы — до 35 м^3/пог.м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Silva J.*, *Worsey T.*, *Lusk B.* Practical assessment of rock damage due to blasting.//. 2019. Vol. 29, Iss. 3. pp. 379–385. https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.11.003
2. *Вохмин С. А.*, *Курчин Г. С.*, *Кирсанов А. К.*, *Грибанова Д. А.* Обзор существующих методик расчёта параметров зон разрушения породного массива // Современные проблемы науки и образования. 2015. №. 1 — 1. С.401.
3. *Moldovan D.*, *Chernobai V.*, *Kovalevskyi V.* Solving the issue of regulating the granulo-metric composition of shattered rock mass depending on the quality of locking explosion products in the explosion cavity. //International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2017. Vol. 8. Iss. 11. pp. 1133–1142. http://iaeme.com/Home/issue/IJMET?Volume=8&Issue=11
4. *Ofoegbu G. I.*, *Smart K. J.* Modeling discrete fractures in continuum analysis and insights for fracture propagation and mechanical behavior of fractured rock // Results in Engineering. 2019. Vol. 4. 100070. DOI: 10.1016/j.rineng.2019.100070.
5. *Bo Yan, Xinwu Zeng, Yuan Li.* Subsection Forward Modeling Method of Blasting Stress Wave Underground // Mathematical Problems in Engineering. 2015. Vol. 2015. ID 678468. DOI: 10.1155/2015/678468.
6. *Кутузов Б. Н.*, *Тюпин В. Н.* Метод расчета параметров буровзрывных работ на карье-рах с целью обеспечения заданного качества дробления горных пород // Горный журнал. 2017. № 8. С. 66–69. DOI: 10.17580/gzh.2017.08.12.
7. *Ghiasi M.*, *Askarnejad N.*, *Dindarloo S.*, *Shamsoddini H.* Prediction of blast boulders in open pit mines via multiple regression and artificial neural networks // International Journal of Mining Science and Technology. 2016. Vol. 26. Iss. 2. P. 183–186. DOI:10.1016/j.ijmst.2015.12.001
8. *Duan Y.*, *Xiong D.*, *Yao L.*, *Wang F.*, *Xu G.* Advanced Technology for Satting Out of Blastholes and Measurement while Drilling // Proceedings of the 11th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting (Fragblast 11). — Sydney, 2015. P. 593–598. Available at: https://ausimm.com/product/advanced-technology-for-setting-out-of-blastholes-and-measurement-while-drilling/
9. Пат. № 2653172 Российская Федерация, МПК E21C 41/30, F42D 3/04. Способ взрывной подготовки горной массы к селективной выемке / *Корнев К. Л.*, *Маринин М. А.*, *Бабкин Р. С.* ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет». — № 2017120635; заявл. 13.06.2017 ; опубл. 07.05.2018, Бюл. № 13. — 11 с.
10. *Заиров Ш. Ш.*, *Махмудов Д. Р.*, *Уринов Ш. Р.* Теоретические и экспериментальные исследования взрывного разрушения горных пород при различных формах зажатой среды // Горный журнал. — 2018. — № 9. — С. 46–50. DOI: 10.17580/gzh.2018.09.05.

11. *Шевкун Е. Б.*, *Лещинский А. В.*, *Лысак Ю. А.*, *Плотников А. Ю.* Особенности взрывного рыхления при увеличенных интервалах замедления // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 4. — С. 272–282.

12. *Hino K.* Fragmentation of rock through blasting and shock waves, theory of blasting Quarterly of the Colorado School of Mines, Golden, 1956, 51. P. 189 — 209.

13. *Скрябин Р. М.*, *Фёдоров Л. Н.* Новые подходы к организации ресурсосберегающих процессов разрушения горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 1995. — №5. — С. 59 — 62.

14. *Хопунов Э. А.* Селективное разрушение минерального и техногенного сырья (в обо-гащении и металлургии). — Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2013. — 429 с.

15. *Кочанов А. Н.*, *Одинцев В. Н.* Теоретическая оценка радиуса области предразруше-ния пород при камуфлетном взрыве // Взрывное дело. — 2015. — №113/70. — С. 41 — 54.

16. *Барон В. Л.*, *Кантор В. Х.* Техника и технология взрывных работ в США. — М.: Недра, 1989. — 376 с.

17. *Кутузов Б. Н.* и др. Справочник взрывника / Под общ. ред. Б. Н. Кутузова. — М.: Недра, 1988. — 511 с.

18. Патент РФ № 2723419, 23.12.2019. *Шевкун Е. Б.*, *Лещинский А. В.*, *Плотников А. Ю.*, *Дрокин Д. В.* Способ отработки локальных участков оруденения в крепких горных породах. 2020. Бюл. № 17.

19. Технические правила ведения взрывных работ на дневной поверхности. — М.: Недра. — 1972. — 240 с. ГИАБ

REFERENCES

1. Silva J., Worsey T., Lusk B. Practical assessment of rock damage due to blasting. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2019. Vol. 29, no. 3. pp. 379–385. https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.11.003

2. Vokhmin S. A., Kurchin G. S., Kirsanov A. K., Gribanova D. A. Review of existing meth-ods determination of zones rock mass destruction. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. Moscow, 2015. no. 1 — 1. pp. 401 — 401. [In Russ]

3. Moldovan D., Chernobai V., Kovalevskyi V. Solving the issue of regulating the granulo-metric composition of shattered rock mass depending on the quality of locking explosion products in the explosion cavity. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8, no. 11. pp. 1133–1142. http://iaeme.com/Home/issue/IJMET?Volume=8&Issue=11

4. Ofoegbu G. I., Smart K. J. Modeling discrete fractures in continuum analysis and insights for fracture propagation and mechanical behavior of fractured rock. *Results in Engineering*. 2019. Vol. 4. 100070. DOI: 10.1016/j.rineng.2019.100070.

5. Bo Yan, Xinwu Zeng, Yuan Li. Subsection Forward Modeling Method of Blasting Stress Wave Underground. *Mathematical Problems in Engineering*. 2015. Vol. 2015. ID 678468. DOI: 10.1155/2015/678468.

6. Kutuzov B. N., Tyupin V. N. Method for calculating the parameters of drilling and blasting operations at quarries in order to ensure a given quality of rock crushing. *Gornyi zhurnal*. 2017. no. 8. pp. 66–69. DOI: 10.17580/gzh.2017.08.12. 9 [In Russ]

7. Ghiasi M., Askarnejad N., Dindarloo S., Shamsoddini H. Prediction of blast boulders in open pit mines via multiple regression and artificial neural networks International. *Journal of Mining Science and Technology*. 2016. Vol. 26. no. 2. pp. 183–186.

8. Duan Y., Xiong D., Yao L., Wang F., Xu G. Advanced Technology for Satting Out of Blastholes and Measurement while Drilling . Proceedings of the 11th International Symposi-um on Rock Fragmentation by Blasting (Fragblast 11). Sydney, 2015. pp. 593–598. Available at: https://ausimm.com/product/

9. Kornev K. L., Marinin M. A., Babkin R. S. Pat. RU no. 2653172 E21C 41/30, F42D 3/04, 07.05.2018, Byul. [In Russ]
10. Zairov Sh. Sh., Makhmudov D. R., Urinov Sh. R. Theoretical and experimental studies of explosive destruction of rocks in various forms of a clamped medium. *Gornyi zhurnal*. 2018. no. 9. pp. 46–50. DOI: 10.17580/gzh.2018.09.05.
11. Shevkun E. B., Leshchinskii A. V., Lysak Yu. A., Plotnikov A. Yu. Features of explosive loosening at extended deceleration intervals. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2017. no. 4. pp. 272–282. [In Russ]
12. Hino K. Fragmentation of rock through blasting and shock waves, theory of blasting Quarterly of the Colorado School of Mines, Golden, 1956, 51. pp. 189 — 209.
13. Skryabin P. M., Fedorov L. H. New approaches to the organization of resource-saving processes of rock destruction. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 1995. no. 5. pp. 59 — 62. [In Russ]
14. Khopunov E. A. *Selektivnoe razrushenie mineral'nogo i tekhnogennogo syr'ya (v obo-gashchenii i metallurgii)* [Selective destruction of mineral and technogenic raw materials (in equipment and metallurgy)]. Ekaterinburg: OOO «UIPTs», 2013. 429 p. [In Russ]
15. Kochanov A. N., Odintsev V. N. Theoretical estimation of the radius of the area of pre-destruction of rocks during a camouflage explosion. *Vzryvnoe delo*. 2015. no. 113/70. pp. 41 — 54. [In Russ]
16. Baron V. L., Kantor V. Kh. *Tekhnika i tekhnologiya vzryvnykh rabot v USA* [Technique and technology of blasting in the USA]. Moscow: Nedra, 1989. 376 p. [In Russ]
17. Kutuzov B. N. and etc. *Spravochnik vzryvnika* [Explosive Handbook]. Pod obshch. red. B. N. Kutuzova. Moscow: Nedra, 1988. 511 p. [In Russ]
18. Patent RU no. 2723419 F 42D, 11.06.2020. [In Russ]
19. *Tekhnicheskie pravila vedeniya vzryvnykh rabot na dnevnoi poverkhnosti* [Technical rules for conducting blasting operations on the daytime surface]. Moscow: Nedra. 1972. 240 p. [In Russ]

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шевкун Евгений Борисович — докт. техн. наук, профессор Тихоокеанского государственного университета, ev.shevkun@yandex.ru, Хабаровск, Россия;
Леоненко Нина Александровна — канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник Института горного дела ДВО РАН, обособленного подразделения Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН, Хабаровск, Россия;
Плотников Андрей Юрьевич — зам. гл. инженера по БВР ООО «АВТ-Амур», Благовещенск, Россия.
Для контактов: *Шевкун Е. Б.* , ev.shevkun@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Shevkun E. B., Dr. Sci. (Eng.), Professor, ev.shevkun@yandex.ru, Pasific Nacional Universiti, Russia;
Leonenko N. A., Leading Researcher Mining Institute FEB RAS the separate subdivision of Khabarovsk Federal Research Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia;
Plotnikov A. Yu., Deputy Chief Engineer for Drilling and Blasting Operations OOO "AVT-AMUR", Blagoveshchensk, Russia.
Corresponding author: *Shevkun E. B.*, e-mail: ev.shevkun@yandex.ru.

Получена редакцией 18.07.2021; получена после рецензии 03.11.2021; принята к печати 10.11.2021.
Received by the editors 18.07.2021; received after the review 03.11.2021; accepted for printing 10.11.2021.