

**ГЕОТЕХНОЛОГИЯ
(ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ)
GEOTECHNOLOGY
(UNDERGROUND, OPEN AND CONSTRUCTION)**

Научная статья

УДК 622.831; 622.2; 622.236

DOI: 10.26730/1999-4125-2022-6-75-83

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ И ОТРАБОТКИ
ОЧИСТНЫХ БЛОКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ВЗРЫВНЫХ И КОМПЕНСАЦИОННЫХ СКВАЖИН**

**Копытов Александр Иванович¹, Масаев Юрий Алексеевич¹,
Масаев Владислав Юрьевич^{1,2}**

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

²Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия

для корреспонденции: kai.spssh@kuzstu.ru



Информация о статье

Поступила:

01 ноября 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

16 декабря 2022 г.

Принята к публикации:

20 декабря 2022 г.

Ключевые слова:

очистные работы, массовый взрыв; компенсационная полость; камуфлетный взрыв; ударная волна; подготовительные выработки; нарезные выработки.

Аннотация.

Развитие железорудной отрасли промышленности связано с техникой и технологией буровзрывных работ (БВР), которые остаются безальтернативной основой разрушения горных пород. Разработка железорудных месторождений осуществляется в сложных горно-геологических условиях на больших глубинах при повышенной сейсмоопасности и удароопасности, в условиях действия высоких тектонических напряжений и нарушенности массива. Рудные тела представлены магнетитом с примесью кварца, хлорита, кальцита, сиенитом, диоритом, скарном, порфиритом и другими вмещающими породами, практически изотропными, способными к разрушению за счет упругой энергии, накопленной в самом материале, и около 90% из них удароопасны. Несмотря на сложность горно-геологических и геомеханических условий, значительный прогресс в области технологии БВР при подземной разработке рудных месторождений был достигнут при внедрении отбойки пучками параллельно-сближенных скважинных зарядов и системы непрерывного этажно-принудительного обрушения с вибровыпуском, которая до настоящего времени применяется при разработке железорудных месторождений Горной Шории. В статье представлены результаты внедрения системы разработки непрерывного этажно-принудительного обрушения пучками параллельно-сближенных скважин и исследований влияния компенсационных скважин на повышение эффективности технологии проходки подготовительных и нарезных выработок, позволяющей повысить технико-экономические показатели при подготовке и отработке очистных блоков, а также обеспечить высокую безопасность работ.

Для цитирования: Копытов А.И., Масаев Ю.А., Масаев В.Ю. Совершенствование геотехнологии подготовки и отработки очистных блоков рудных месторождений с использованием взрывных и

компенсационных скважин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 6 (154). С. 75-83. doi: 10.26730/1999-4125-2022-6-75-83

Развитие железорудной отрасли промышленности связано с техникой и технологией буровзрывных работ (БВР), которые остаются безальтернативной основой разрушения горных пород.

Разработка железорудных месторождений осуществляется в сложных горно-геологических условиях на больших глубинах при повышенной сейсмоопасности и удароопасности, в условиях действия высоких тектонических напряжений и нарушенности массива. Рудные тела представлены магнетитом с примесью кварца, хлорита, кальцита, сиенитом, диоритом, скарном, порфиритом и другими вмещающими породами, практически изотропными, способными к разрушению за счет упругой энергии, накопленной в самом материале, и около 90% из них удароопасны.

Несмотря на сложность горно-геологических и геомеханических условий, значительный прогресс в области технологии БВР при подземной разработке рудных месторождений был достигнут при внедрении отбойки пучками параллельно-сближенных скважинных зарядов и системы непрерывного этажно-принудительного обрушения с вибровыпуском, которая до настоящего времени применяется при разработке железорудных месторождений Горной Шории.

Применение этой технологии позволило значительно улучшить технико-экономические показатели по системе разработки, главным образом за счет улучшения качества дробления руды, сокращения объема подготовительно-нарезных работ и повышения производительности труда на бурении глубоких скважин [1, 2, 3, 4, 5].

При подготовке блоков к очистной выемке системой непрерывного этажно-принудительного обрушения необходимо проводить комплекс горных выработок различного назначения, и отбойка горных пород и полезных ископаемых производится взрыванием зарядов ВВ в шпурах и скважинах различного диаметра и глубины. Условия залегания рудных залежей различны и на отработку каждого участка рудного тела (блока, панелей) разрабатываются проекты с учетом геологической ситуации, физико-механических свойств, тектоники и трещиноватости, характера залегания руд и вмещающих пород, горного давления, сдвижения горных пород, потерь и засорения руды, расположения и состояния ранее пройденных горных выработок. Все эти факторы учитываются в фактической геолого-маркшейдерской документации, которая выдается для проектирования массовых взрывов.

К массовым взрывам относятся взрывы, при осуществлении которых требуется время для проветривания и возобновления работ больше, чем это предусмотрено в расчете при повседневной организации работ. По назначению массовые взрывы делятся на три вида:

- технологические, по отбойке основного массива горных пород, его отрезке и подсечке, а также по обрушению потолочин и целиков в пределах подэтажа, при подэтажном обрушении блоков (панелей) с отбойкой на зажимающую среду и компенсационное пространство, и на этих объектах осуществляются на основе типовых проектов по техническим расчетам и распоряжкам их проведения;
- специальные, по обрушению потолочин, междукамерных целиков на всю высоту этажа, по ликвидации пустот в пределах блока (группы блоков), по ликвидации аварийных ситуаций;
- экспериментальные, для определения параметров буровзрывных работ при массовых взрывах.

Проектирование, подготовка и проведение технологических и массовых взрывов с учетом основных нормативных требований по безопасности взрывных работ осуществляется в соответствии с разработанным, утвержденным и согласованным с Ростехнадзором руководством [6, 7, 8, 9, 10].

Проектирование и проходка подготовительных и нарезных выработок в конструктивных элементах очистного блока производится исходя из рациональных параметров, взрывной отбойки и вибровыпуска руды [11, 12, 13].

В зависимости от условий залегания рудных тел и горных пород их прочностные характеристики, которые влияют преимущественно на эффективность проходки горных выработок, различные; основные из пород: руда – $f = 12-14$ и $f = 14-16$; известняк $f = 9-12$; мраморизованный известняк $f = 8-12$; скарны $f = 14-16$; скарны трещиноватые $f = 16-18$ и другие

Таблица 1. Объем подготовительных и нарезных выработок в типовом блоке
 Table 1. The volume of development and temporary workings in a typical block

№ п/п	Наименование выработок	Сечение, м ²	Длина, м	Количество, шт.	Суммарная длина, м	Объем, м ³	Срок существования, лет
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Откаточный орт	2,8	130	1	130	1196	до 5
2.	Камера ВДПУ-4ТМ	2,8	10,5	10	105	294	до 1
3.	Заходки под дучку	2,2	4,5	22	99	217,8	до 1
4.	Камера под лебедку	4,5	2,0	10	20	90	до 5
5.	Камера под разворотом дучки	6	3,0	22	66	396	до 1
6.	Ходовая сбойка	2,3	12	2	24	55,2	до 5
7.	Вентиляционный смотровой орт	2,3	95	1	95	218,5	до 5
8.	Ниша под электрооборудование	3,0	0,8	5	4,0	15,0	до 5
9.	Вентиляционная дучка	2,3	5	1	6,0	11,5	до 1
10.	Ходок на горизонт подсечки	2,6	4	1	4,0	10,4	до 1
11.	Выпускная дучка	2,3	4	22	88	202,4	0,2-0,4
12.	Траншейный орт	7,3	84	2	168	1226,4	0,5-1
13.	Разрезная панель	7,7	10	2	20	154	0,5-1
14.	Вентиляционная ходовая сбойка	7,3	5	4	20	146	0,5-1
15.	Сбойка к спаренным веерам скважин	7,3	10	1	10	73	0,5-1
16.	Разрезной восстающий	2,5	12	2	24	60	0,1-0,2
17.	Буровая выработка (заходка)	2,7	10	21	210	540,3	0,8-0,9
18.	Буровая завивка	0,8	2	96	192	153,6	0,3-0,9
19.	Ходовая сбойка	2,3	5	4	20	46	0,3-0,9
20.	Отрезной восстающий	2,5	50	2	100	250	0,1-0,2
Всего:					4057	5326,1	

горные породы.

При отработке системы этажно-принудительного обрушения с вибровыпуском руды необходимо осуществлять проходку 2,5–3,0 м горных выработок различного назначения для добычи 1 тыс. т руды (табл. 1).

Несмотря на значительное снижение протяженности подготовительно-нарезных выработок в блоке, достигнутое в результате совершенствования системы этажно-принудительного обрушения, трудоемкость подготовки и нарезки в общей структуре трудозатрат на 1000 т добываемой руды остается высокой.

Анализ геотехнологии проходки горных выработок в мощных залежах крепких руд показал, что для повышения эффективности БВР и интенсивности подготовки блоков целесообразно применять глубокие скважины.

Применение глубоких взрывных и компенсационных скважин при проведении выработок в крепких породах существенно увеличивает эффективную глубину отбойки, при этом достигается высокий коэффициент использования взрыва. В то же время в 2-4 раза возрастает величина одновременно взрываемого заряда ВВ на 1 метр выработки по отношению к обычному способу проходки, а следовательно, и вентиляционная нагрузка на забой, динамическое воздействие воздушных ударных волн на призабойное оборудование и средства вентиляции, дальность разлета кусков отбитой горной массы и взрывное воздействие на приконтурный массив горных пород. Отсюда следует, что основными факторами, определяющими способ или схему применения скважин при подготовке и нарезке блоков, являются протяженность и условия проветривания выработок, назначение и срок их эксплуатации [14].

Длина типового блока (табл. 1), подготовленного системой этажного принудительного обрушения с вибровыпуском руды 84 м, ширина 27 м, высота 70 м, запасы сырой руды 565 тыс. т, протяженность выработок в блоке изменяется от 0,8 м до 130 м. Анализ показывает, что выработки протяженностью более 20 м составляют 41% от общего удельного объема горизонтальных подготовительно-нарезных выработок. Это главным образом откаточные орты

сечением 9,2-10,0 м² и выработки единого горизонта подсечки сечением 7,3-7,7 м².

Для откаточных выработок и выработок горизонта подсечки, протяженность которых более 20 м, главным ограничивающим фактором способа применения взрывных и компенсационных скважин является условие проветривания, которое ухудшается в связи с увеличением одновременно взрываемого заряда ВВ и разрушающим воздействием на вентиляционный трубопровод воздушной ударной волны (ВУВ) повышенной интенсивности.

Согласно правилам безопасности, выработки протяженностью до 10 м можно проветривать за счет общешахтной депрессии [15]. Применение малошумовых эжекторов ЭДВ-120 и установки УПП-200 в комплексе с вентиляционным трубопроводом и вентилятором или без них обеспечивает эффективный вынос продуктов взрыва из выработок протяженностью до 20 м. Во всех остальных случаях при протяженности выработок более 20 м требуется применение обычных средств проветривания с отставанием конца нагнетательного трубопровода от груди забоя не более 10 м. В этих условиях ведение взрывных работ с применением скважинных зарядов ВВ вызывает более сильное, чем при мелкошпуровом способе проходки, разрушение призабойной части вентиляционного трубопровода и, как следствие, ухудшение проветривания.

Исследованиями установлено, что в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий при производстве массовых взрывов по отбойке руды эффективное снижение интенсивности ВУВ может быть получено регулированием объема компенсации. С увеличением объема компенсации избыточное давление на фронте ВУВ снижается пропорционально его объему [16, 17].

Следовательно, можно предположить, что для проходки подготовительно-нарезных выработок протяженностью более 20 м схема расположения взрывных и компенсационных скважин (шпуров) и их диаметры в комплекте должны быть такими, чтобы за счет соответствующего объема компенсации обеспечить максимальную эффективную глубину отбойки в забое выработки и снизить воздушную ударную волну от взрыва заряда увеличенной мощности до величины, не оказывающей разрушающего действия на средства вентиляции и призабойное оборудование.

Рациональную величину заряда при использовании глубоких скважин и схему их расположения в комплекте для проходки подготовительно-нарезных выработок большой протяженности определяли на основании оценки разрушающего воздействия ВУВ на вентиляционный прорезиненный трубопровод с металлическим наконечником, прикрепленный к стенке выработки на расстоянии 10-15 м от груди забоя, в котором производился взрыв.

Опыты проводились в траншейном орте блока № 30 гор. 412 м шахты «Шерегешская». В забое сечением 8,6 м² по руде крепостью $f = 15$ были отбурены взрывные и компенсационные шпуровые и скважины диаметром 43, 70, 110, 155 и 212 мм. Пробивные расстояния между взрывными и компенсационными скважинами определяли по номограмме и разработанной методике. Избыточное давление P на фронте ВУВ измеряли датчиками давления, которые размещали попарно на расстоянии 1,7 м, 10,0 м и 15,0 м от груди забоя.

Оценка влияния объема компенсации производилась по отношению к величине избыточного давления воздушной ударной волны, замеренного при камуфлетном взрыве удлиненных цилиндрических зарядов ВВ диаметром 43, 70 и 110 мм, и сопоставлением характера полученных разрушений. Длина взрываемого заряда во всех случаях составляла 3 м. В качестве ВВ использовали аммонит № 6ЖВ.

Первоначальными камуфлетными взрывами установлено, что при взрывании шпурового заряда диаметром 43 мм величиной 2,9 кг вентиляционный трубопровод был сорван с металлического наконечника и на расстоянии до 15 м по всей его длине имел значительные порывы. Давление ВУВ при этом на расстоянии 10-15 м от места взрыва составляло 0,08-0,1 МПа. При камуфлетном взрывании зарядов диаметром 70, 110 мм вентиляционный трубопровод на участке от 20 до 30 метров восстановлению не подлежал.

Результаты опытов приведены в табл. 2.

На основании полученных данных установлены зависимости изменения величины избыточного давления ВУВ (ΔP) с увеличением расстояния от центра взрыва (L) при различных объемах компенсации, диаметрах и величине зарядов (рис. 1).

С увеличением диаметра компенсационной полости до 212 мм для зарядов диаметром 43 мм и величиной 2,9 кг коэффициент компенсации возрастает в 5,7 раза, а величина ВУВ на

Таблица 2. Результаты производственных экспериментов по исследованию влияния величины заряда и объема компенсации на параметры воздушной ударной волны в проходческом забое
 Table 2. Results of production experiments on study of the influence of the magnitude of the charge and volume compensation for the parameters of the air shock wave in the development face

Диаметр заряда, d , мм	Величина заряда, q , кг	Диаметр компенсационной полости, D , мм	Коэффициент компенсации, K_k	Избыточное давление на фронте ВУВ при взрыве P , МПа на расстоянии от взрыва, L , м		
				1,7	10,0	15,0
43	2,9	—	—	0,32	0,08	0,04
43	2,9	43	0,27	0,3	0,07	0,04
43	2,9	70	0,441	0,25	0,06	0,04
43	2,9	110	0,69	0,2	0,05	0,04
43	2,9	155	0,945	0,16	0,04	0,03
43	2,9	212	1,15	0,12	0,03	0,02
70	8,4	—	—	0,82	0,25	0,12
70	8,4	70	0,19	0,62	0,15	0,07
70	8,4	110	0,286	0,5	0,13	0,06
70	8,4	155	0,446	0,4	0,1	0,05
70	8,4	212	0,665	0,32	0,08	0,05
110	19,8	—	—	2,2	0,5	0,3
110	19,8	110	0,185	1,36	0,34	0,17
110	19,8	150	0,315	1,1	0,27	0,15
110	19,8	112	0,56	0,8	0,25	0,13

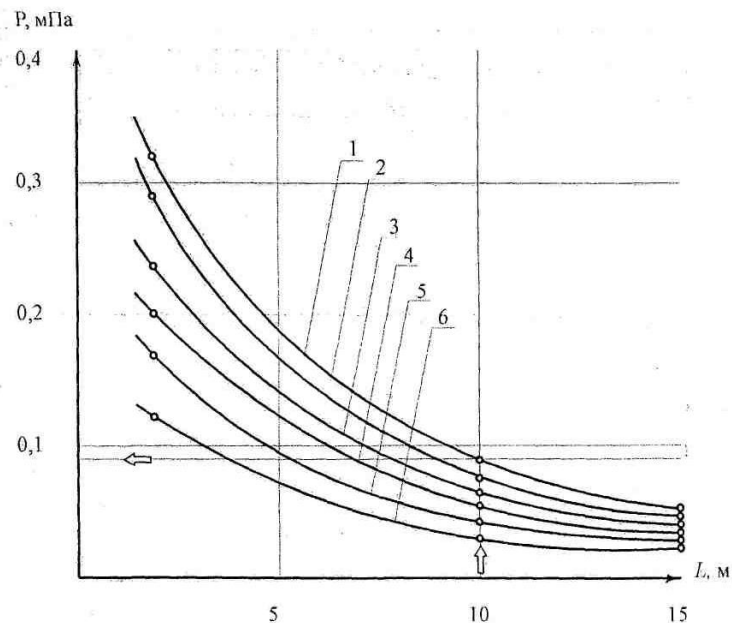


Рис. 1. Зависимость изменения величины избыточного давления ВУВ-Р с увеличением расстояния от центра взрыва – при взрывании шпурового заряда весом 2,2 кг:

1 – камуфлетный взрыв $D = 0$ мм; 2 – на компенсационный шпур $D = 43$ мм, $K_k = 0,27$; 3 – на компенсационную скважину $D = 70$ мм, $K_k = 0,44$; 4 – на компенсационную скважину $D = 110$ мм, $K_k = 0,69$; 5 – на компенсационную скважину $D = 155$ мм, $K_k = 0,945$; 6 – на компенсационную скважину $D = 212$ мм, $K_k = 1,15$

Fig. 1. Dependence of change in the magnitude of overpressure VUV-R with increasing distance from the center of the explosion - when blasting a bore charge weighing 2.2 kg:

1 – camoufledge explosion $D = 0$ mm; 2 – for compensation bore $D = 43$ mm, $K_k = 0.27$; 3 – for compensation bore $D = 70$ mm, $K_k = 0.44$; 4 – for compensation bore $D = 110$ mm, $K_k = 0.69$; 5 – for compensation bore $D = 155$ mm, $K_k = 0.945$; 6 – for the compensation well $D = 212$ mm, $K_k = 1.15$

расстоянии 10,0 м от места взрыва уменьшается с 0,08-1,0 МПа до 0,03 МПа, то есть в 2-3 раза. Использование взрывных скважин диаметром 70, 110 мм при проведении подготовительных

и нарезных выработок сечением 7,3-10,0 м² без специальных мероприятий по снижению избыточного давления на фронте ВУВ и защите коммуникаций и оборудования нецелесообразно, так как глубина отбойки по отношению к обычному мелкошпуровому способу проходки не увеличивается.

На основании проведенных исследований также установлено, что нарезные выработки малого сечения (до 4,0 м²) и протяженностью более 20 м проходить с использованием глубоких взрывных скважин нецелесообразно, так как с уменьшением сечения разрушающее воздействие ВУВ возрастает.

Проведение выработок протяженностью более 20 м при подготовке и нарезке очистных блоков наиболее эффективно осуществлять с использованием компенсационных скважин 155-212 мм для образования врубовой полости в сочетании с зарядами диаметром 43 мм и глубиной бурения 3-4 м.

Удельный объем подготовительно-нарезных выработок протяженностью до 20 м составляет 36,2% от общего объема горизонтальных выработок в блоке. Учитывая возможности эффективного проветривания выработок протяженностью менее 20 м с помощью эжектирующих устройств, обладающих небольшими размерами и массой, высокой устойчивостью к воздействию воздушных ударных волн, безотказностью в работе, можно заключить, что для проходки таких выработок наиболее целесообразно использовать компенсационные и взрывные скважины не только в комплекте вруба, но и взрывные скважины в качестве оконтуривающих.

В результате проведенных исследований и экспериментов на Шерегешском руднике была разработана и внедрена технология подготовки и нарезки очистных блоков с использованием глубоких скважин для системы непрерывного этажно-принудительного обрушения с вибровыпуском, которая позволяет снизить удельный расход ВВ при проходке выработок на 5–10%, увеличить коэффициент использования шпуров до 0,95–0,98 и эффективную глубину отбойки за цикл на 25–50% (в зависимости от параметров горной выработки), повысить производительность труда в 1,5-2 раза, а также улучшить условия и безопасность труда на проходческих работах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еременко А. А. Совершенствование технологии буровзрывных работ на железорудных месторождениях Западной Сибири. Новосибирск : «Наука», 2013. 191 с.
2. Бейбородов Я. Н. Отбойка блоков вертикальными концентрированными и сближенными зарядами ВВ различного диаметра в условиях высокого горного давления на Абаканском месторождении // Геодинамика и напряженное состояние недр Земли. Всерос. конф. ИГД СО РАН, 6-10.07.2009. Новосибирск : ИГД СО РАН, 2009.
3. Будько А. В. Выбор и совершенствование систем разработки. М. : «Недра», 1971. 256 с.
4. Дубынин Н. Г., Рябченко Е. П. Отбойка руды зарядами скважин различного диаметра. Новосибирск : «Наука», 1972. С. 11-85.
5. Руководство по проектированию, организации и проведению массовых взрывов на подземных рудниках филиалов Евразруды. Новокузнецк, 2008. 271 с.
6. Кутузов Б. Н., Ильин А. Е., Ульянов А. Е. [и др.] Безопасность взрывных работ в промышленности / Под ред. Б. Н. Кутузова. Москва : «Недра», 1992. 543 с.
7. Кутузов Б. Н. Безопасность взрывных работ в горное дело и промышленности. Москва : «Горная книга», 2009. 670 с.
8. Масаев Ю. А., Копытов А. И., Масаев В. Ю. Исследования по установлению рациональных параметров БВР при подготовке и нарезке очистных блоков в мощных залежах крепких руд // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Кемерово : ООО «ВостЭКО», № 2, 2020. С. 77-82.
9. Масаев Ю. А., Масаев В. Ю., Копытов А. И. Особенности проходки комплекса горных выработок при разработке рудных месторождений // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. Кемерово : ООО «ВостЭКО», № 2, 2020. С. 59-65.
10. Еременко А. А., Федоренко А. И., Копытов А. И. Проведение и крепление горных выработок в удароопасных зонах железорудных месторождений. Новосибирск : «Наука», 2008. 235 с.
11. 井巷快速掘进爆破新技术 (Способы и средства интенсификации горнопроходческих работ на рудниках). Пекин : Пекинское издательство горной промышленности, 2004. 289 с.
12. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при производстве, хранении и применении взрывчатых материалов промышленного назначения». Москва : ЗАО НТЦ ПБ, 2020. 330 с.

13. Гурин А. А. Управление ударными воздушными волнами при взрывных работах. Москва : «Недра», 1978. 80 с.

14. Миндели Э. О., Малый П. С., Савенко К. С., Гурин А. А. Учет параметров ударных воздушных волн с целью предотвращения вредного и разрушающего действия // Горный журнал. 1969, № 2. С. 31-34.

15. Mashukov I. V., Chaplygin V. V., Semin A. A., Klimkin M. A., Domanov V. P. Seismic safety in conducting large-scale blasts. // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Research Conference on Knowledge-Based Technologies in Development and Utilization of Mineral Resources, KTDUMUR 2017. 2017. С. 012042.

16. Mikhailov V., Karasev V., Mikhailov G. The study of the main indicators of the local environmental and economic system «industrial enterprise-environment». // В сборнике: E3S Web of Conferences. 3rd International Innovative Mining Symposium, IIMS 2018: Electronic edition. 2018. С. 02015.

© 2022 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Копытов Александр Иванович, докт. техн. наук, профессор, руководитель Сибирского отделения Академии горных наук, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28)

Масаев Юрий Алексеевич, канд. техн. наук, профессор, Почетный член Академии горных наук, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28)

Масаев Владислав Юрьевич, канд. техн. наук, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, (650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5)

Заявленный вклад авторов:

Копытов Александр Иванович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, концептуализация исследования.

Масаев Юрий Алексеевич – концептуализация исследования, сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, написание текста, выводы.

Масаев Владислав Юрьевич – обзор соответствующей литературы, написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

IMPROVEMENT OF GEOTECHNOLOGY FOR PREPARATION AND MINING OF MINING BLOCKS OF ORE DEPOSITS USING EXPLOSIVE AND COMPENSATING WELLS

Alexander I. Kopytov¹, Yuri A. Mashaev¹,
Vladislav Yu. Mashaev^{1,2}

¹T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

²Kuzbass State Agricultural Academy

for correspondence: kai.spssh@kuzstu.ru



Article info

Submitted:

01 November 2022

Approved after reviewing:

16 December 2022

Abstract.

The development of the iron ore industry is associated with the technique and technology of drilling and blasting operations, which remain the non-alternative basis for rock destruction. The development of iron ore deposits is carried out in difficult mining and geological conditions at great depths with increased seismic and shock hazard, in conditions of high tectonic stresses and massif disturbance. Ore bodies are represented by magnetite with an admixture of quartz, chlorite, calcite, syenite, diorite, skarn, porphyrite and other host rocks, practically isotropic, capable to destruction due to the elastic

Accepted for publication:
20 December 2022

Keywords: mining operations, mass explosion; compensating thickness; camouflage explosion; shock wave; development workings; temporary workings.

energy stored in the material itself and about 90% are shock hazardous. Despite the complexity of mining-geological and geomechanical conditions, significant progress in the technology of drilling and blasting operations in the underground development of ore deposits was achieved with the introduction of stripping by bundles of parallel-conjugated borehole charges and a system of continuous induced block caving with vibration release, which is still used in the development of iron ore deposits in Gornaya Shoria. The article presents the results of the implementation of the system of development of continuous induced block caving by the bundles of parallel-conjugate wells and studies the effect of compensation wells on improving the efficiency of preparatory and trenching workings, allowing to increase the technical and economic performance in the preparation and development of the cleaning blocks, as well as to ensure high operational safety.

For citation: Kopytov A.I., Masaev Yu.A., Masaev V.Yu. Improvement of geotechnology for preparation and mining of mining blocks of ore deposits using explosive and ompensating wells. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022; 6(154):75-83. (In Russ., abstract in Eng.). doi: 10.26730/1999-4125-2022-6-75-83

REFERENCES

1. Eremenko A.A. Sovershenstvovanie tekhnologii burovzryvnyh rabot na zhelezorudnyh mestorozhdeniyah Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk: «Nauka»; 2013. 191 s.
2. Bejborodov Ya. N. Otbojka blokov vertikal'nymi koncentrirovannymi i sblizhennymi zaryadami VV razlichnogo diametra v usloviyah vysokogo gornogo davleniya na Abakanskom mestorozhdenii. *Geodinamika i napryazhennoe sostoyanie nedr Zemli. Vseros. konf. IGD SO RAN, 6-10.07.2009*. Novosibirsk: IGD SO RAN, 2009.
3. Bud'ko A.V. Vybor i sovershenstvovanie sistem razrabotki. M.: «Nedra»; 1971. 256 s.
4. Dubynin N.G., Ryabchenko E.P. Otbojka rudy zaryadami skvazhin razlichnogo diametra. Novosibirsk: «Nauka»; 1972. S. 11-85.
5. Rukovodstvo po proektirovaniyu, organizacii i provedeniyu massovyh vzryvov na podzemnyh rudnikah filialov Evrazrudy. Novokuzneck, 2008. 271 s.
6. Kutuzov B.N., Il'in A.E., Ul'yanov A.E. [et al.] Bezopasnost' vzryvnyh rabot v promyshlennosti. Pod red. B. N. Kutuzova. Moskva: «Nedra»; 1992. 543 s.
7. Kutuzov B.N. Bezopasnost' vzryvnyh rabot v gornoe dele i promyshlennosti. Moskva: «Gornaya kniga»; 2009. 670 s.
8. Masaev Yu.A., Kopytov A.I., Masaev V.Yu. Issledovaniya po ustanovleniyu racional'nyh parametrov BVR pri podgotovke i narezke ochestnyh blokov v moshchnykh zalezahh krepkih rud. *Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti*. Kemerovo: OOO «VostEKO»; 2020; 2:77-82.
9. Masaev Yu.A., Masaev V.Yu., Kopytov A.I. Osobennosti prohodki kompleksa gornyh vyrabotok pri razrabotke rudnyh mestorozhdenij. *Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti*. Kemerovo: OOO «VostEKO»; 2020; 2:59-65.
10. Eremenko A.A., Fedorenko A.I., Kopytov A.I. Provedenie i kreplenie gornyh vyrabotok v udaropasnyh zonah zhelezorudnyh mestorozhdenij. Novosibirsk: «Nauka»; 2008. 235 s.
11. 井巷快速掘进爆破新技术 (Sposoby i sredstva intensivatsii gornoprohodcheskih rabot na rudnikah). Pekin: Pekinskoe izdatel'stvo gornoj promyshlennosti; 2004. 289 s.
12. Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Pravila bezopasnosti pri proizvodstve, hranenii i primenenii vzrychatykh materialov promyshlennogo naznacheniya». Moskva: ZAO NTC PB; 2020. 330 s.
13. Gurin A.A. Upravlenie udarnymi vozduzhnymi volnami pri vzryvnyh rabotah. Moskva: «Nedra»; 1978. 80 s.
14. Mindeli E.O., Malyj P.S., Savenko K.S., Gurin A.A. Uchet parametrov udarnykh vozduzhnykh voln s cel'yu predotvrashcheniya vrednogo i razrushayushchego dejstviya. *Gornyj zhurnal*. 1969; 2:31-34.
15. Mashukov I.V., Chaplygin V.V., Semin A.A., Klimkin M.A., Domanov V.P. Seismic safety in conducting large-scale blasts. *V sbornike: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Scientific and Research Conference on Knowledge-Based Technologies in Development and Utilization of Mineral Resources, KTDMMUR 2017*. 2017. S. 012042.
16. Mikhailov V., Karasev V., Mikhailov G. The study of the main indicators of the local environmental and economic system «industrial enterprise-environment». *V sbornike: E3S Web of Conferences. 3rd International Innovative Mining Symposium, IIMS 2018: Electronic edition*. 2018. S. 02015.

© 2022 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Alexander I. Kopytov, Dr. Sc. in Engineering, Professor, Head of the Siberian Branch of the Academy of Mining Sciences, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, 28 Vesennaya str.)

Yuri A. Masaev, Honorary Member of the Academy of Mining Sciences, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, 28 Vesennaya str.)

Vladislav Yu. Masaev, C. Sc. in Engineering, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russia, Kemerovo, 28 Vesennaya str.), Kuzbass State Agricultural Academy (650056, Russia, Kemerovo, Markovtseva str., 5)

Contribution of the authors:

Alexander I. Kopytov – formulation of a research task, scientific management, conceptualization of research.

Yuri A. Masaev – conceptualization of research, data collection and analysis, review of relevant literature, text writing, conclusions.

Vladislav Yu. Masaev – review of the relevant literature, writing the text.

All authors have read and approved the final manuscript.

