

Пьянзин Станислав Русланович

аспирант, младший научный сотрудник
лаборатории открытой геотехнологии
Институт горного дела УрО РАН
620219, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
Тел. 8(343)3501497, 89530067777,
e-mail: goldminer1@rambler.ru

Ryanzin S.R.,

junior research worker,
The Institute of Mining UB RAS
620219, Yekaterinburg, 58, Mamin-Sibiryak st.
Tel. +7(343) 350-14-97
e-mail: goldminer1@rambler.ru

Рождественский Владимир Николаевич

старший научный сотрудник,
кандидат технических наук
лаборатории открытой геотехнологии,
Институт горного дела УрО РАН
620219, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58

Rozhdestvensky V.N.

candidate of technical sciences,
The Institute of Mining UB RAS
620219, Yekaterinburg,
58, Mamin-Sibiryak st.

Кочнев Константин Анатольевич

аспирант, младший научный сотрудник
лаборатории открытой геотехнологии
Институт горного дела УрО РАН
620219, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58

Kochnev K.A.

junior research worker
The Institute of Mining UB RAS
620219, Yekaterinburg,
58, Mamin-Sibiryak st.

Кабелко Сергей Геннадьевич

научный сотрудник
отдела геологии и геоинформатики
ОАО «ВИОГЕМ»
308007, г. Белгород, ул. Б. Хмельницкого, 86
Тел. +7 (4722) 26-05-23

Kabelko S.G.,

candidate of technical sciences,
LJSC "VIOGEM",
308007, Belgorod, B. Hmel'nitsky, 86.
Tel. +7 (4722) 26-05-23

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНОГО
КОМПОНЕНТА В РАЗВАЛЕ
ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ
ПРИ БОЛЬШИХ УДЕЛЬНЫХ
РАСХОДАХ ВВ**

**PREDICTING THE DISTRIBUTION OF
VALUABLE COMPONENTS IN
DISINTEGRATING OF BROKEN ROCK
MASS UNDER LARGE BCASTING
AGENTS' UNIT COST**

Аннотация:

В статье описаны опыты, проводившиеся на предприятии ОАО «ЕВРАЗ-КГОК» по внедрению ГИС ГЕОМИКС модуля BlastModel для прогнозирования распределения железной руды в развале горной массы при буровзрывной отбойке на карьерах.

Abstract:

The experiment on introduction GIS GEOMIX Blast Model module for prediction iron ore distribution in disintegration in the open pit are set forth in the article.

Ключевые слова: распределение полезного компонента, удельных расход, многорядное короткозамедленное взрывание, компьютерное моделирование.

Key words: valuable component distribution, unit costs, multi - series short-delay, simulation modeling.

Применение взрывного разрушения горных пород при значительных удельных расходах взрывчатых веществ на карьерах, разрабатывающих рудные месторождения, влечет за собой проблему оценки качества полезного ископаемого в образованном после взрыва развале горной массы. Установленное по данным опробования буровзрывных скважин распределение в целике магнитной железной руды, регламенти-

рующее качество, при сложном строении рудных тел не представляется возможным с высокой степенью достоверности распространить на развал разрушенных взрывом пород. Следствием этого являются потери и разубоживание полезного ископаемого, погрешности оперативного планирования добычи руд и их внутрикарьерного усреднения. Осуществить прогноз распределения полезных компонентов, используя для этого данные опробования буровзрывных скважин, позволяет компьютерное моделирование взрывного разрушения горных пород на карьерах.

Исследования проводились на базе карьеров ОАО «ЕВРАЗ – КГОК». Для практического применения программного моделирования были рассмотрены следующие основные положения ведения взрывных работ, разработанные проводимыми ранее исследованиями сотрудниками ИГД УрО РАН [1]:

- применение подпорной стенки из ранее взорванной неубранной горной массы оптимальным размером 10 – 15 м как способа управления параметрами развала;
- количество взрываемых рядов 4 – 6;
- высота развала не более 18 м, выход негабаритных кусков не более 1,5 – 2 %, коэффициент разрыхления 1,3 – 1,5;

– применение рекомендованных [3] для условий ОАО «ЕВРАЗ – КГОК» схем многорядного короткозамедленного взрывания (МКЗВ) (рис. 1), для обеспечения требуемого качества дробления и проработки подошвы. В условиях применения МКЗВ один из основных факторов, обеспечивающих минимальное перемещение породы и удовлетворительное качество дробления без обратного выброса, определяется пространственно-временной последовательностью взрывания зарядов. Из всего разнообразия схем МКЗВ для компьютерного моделирования взрывного разрушения и перемещения горной массы были выбраны три схемы, при которых обеспечивается хорошее дробление и минимальное перемещение взорванной горной массы [1].

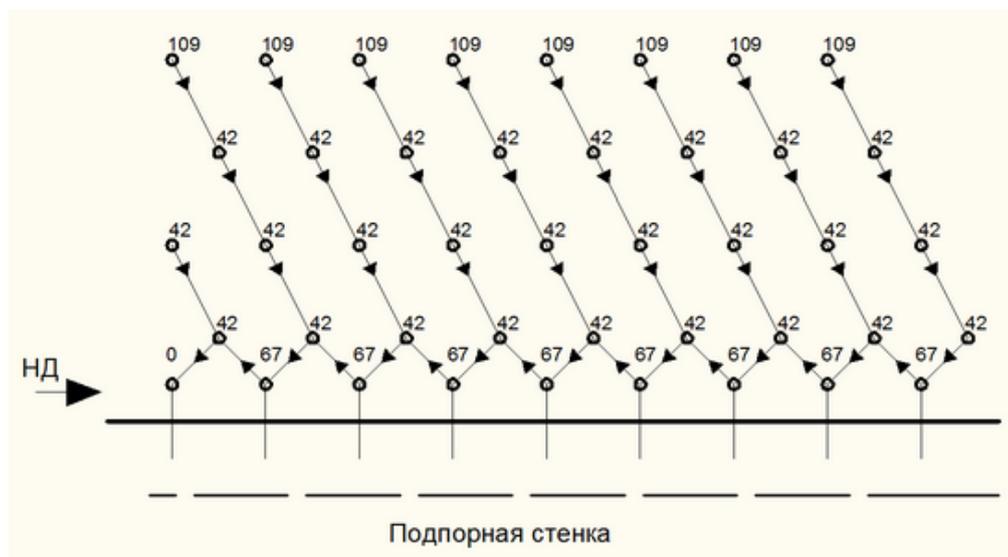


Рис. 1 – Принципиальная схема монтажа поверхностной сети при использовании неэлектрических систем инициирования скважинных зарядов

В условиях ведения буровзрывных работ на карьерах ОАО «ЕВРАЗ - КГОК» при удельных расходах взрывчатых веществ (ВВ) 1,5 – 2,3 кг/м³ происходит сильная трансформация внутренней структуры разрушаемого массива (значительное смещение рудного тела от первоначального положения и перемешивание с вмещающими породами), но, как показывает опыт отгрузки взорванной горной массы, только при таких удельных расходах ВВ обеспечивается удовлетворительное дробление крупноблочных

вязких пород и достаточно высокая производительность работы погрузо-транспортного оборудования.

Подпорная стенка (в зависимости от ее величины и формы) снижает движение породы в горизонтальном направлении и создает условия перемещения разрушенной породы только в вертикальном направлении, в результате чего снижается дальность выброса взорванной горной массы, но растет высота развала. Исследования совместного влияния величины подпора, различных схем МКЗВ и направления отбойки на трансформацию развала взорванной горной массы проводились на технологических массовых взрывах в Главном, Западном и Северном карьерах с применением технологии наземного лазерного сканирования.

На основании проведенных замеров изменения параметров развала для снижения трансформации внутренней структуры рудных блоков рекомендуется использовать интервалы времени замедления 67 – 109 мс в скважинах первого ряда, 42 мс в остальных рядах с применением схемы монтажа в обратную диагональ, обеспечивающую угол направления отбойки не более 40 – 60° [1]. Большое влияние на трансформацию взорванной горной массы и разубоживание рудной массы при производстве БВР оказывает число взрывааемых рядов скважин. При многорядном взрывании скважинных зарядов с подпором установлено, что эффективность дробления и минимальное перемещение рудной массы происходит при числе рядов более четырех. При меньшем числе рядов высота развала снижается до 9 – 12 м и растет ширина развала (табл. 1).

Таблица 1

Результаты статистического анализа изменения параметров развала в зависимости от интервалов времени замедления и направления отбойки

Интервалы времени замедления в первом - последующих рядах	Схема монтажа по отношению к началу детонации (НД) блока	Угол направления отбойки, град	Изменение параметров развала от величины подпора (L), м		Коэффициент детерминации		Стандартное отклонение		Проработка подошвы уступа
			ширины	высоты	ширины	высоты	ширины	высоты	
42-42 (25+25) -42	Обратная диагональ	30 – 34 30 – 37	58,1 - 1,64L	8,5 + 0,27L	0,91	0,87	3,3	0,8	Завышение не отмечено
67-42 (42+42) -25	Обратная диагональ	38 – 40 40 – 45	41,2 - 1,32L	11,7 + 0,22 L	0,92	0,87	2,3	0,6	Завышение не отмечено
(100-109)-42 (100-109)-67	Обратная диагональ	50 – 56 46 – 51	46,6 - 1,39L	12,6 + 0,21 L	0,94	0,72	2,2	0,6	Завышение не отмечено
(100-109)-42 (100-109)-67	Прямая диагональ	70 – 80 80 – 60	25,1 - 0,81L	12,4 + 0,25 L	0,88	0,87	1,8	0,8	Завышение подошвы (1.0 – 2.0 м)

Для компьютерного моделирования трансформации структуры взрывного блока была применена ГИС ГЕОМИКС, модуль «BlastModel», разработанная ОАО «ВНОГЕМ». Численные расчёты физических процессов, происходящих при взрывном разрушении, осуществляются на основе блочной модели (БМ) буровзрывного блока, состоящей из элементарных ячеек. «BlastModel» описывает поведение породного массива в элементарных ячейках БМ при поэтапном процессе его взрывного разрушения. Данный модуль работает с применением технологий параллельного программирования центральных и графических процессоров на высокопроизводительных вычислительных системах [2].

На основании рассмотренных выше положений при участии лаборатории открытой геотехнологии ИГД УрО РАН разработчиками ГИС ГЕОМИКС произведена адаптация модуля «BlastModel» для прогнозирования структуры развала при производстве взрывных работ на карьерах ОАО «ЕВРАЗ – КГОК». В результате проведения экспериментальных взрывов в программу были введены коэффициенты, учитывающие применение наклонных скважин по первому ряду, взрывание на подпорную стенку, а также применение повышенного удельного расхода ВВ (более 2 кг/м^3). Данные, необходимые для моделирования модуле «BlastModel»: характеристика поверхности блока, координаты скважин, качественные характеристики руда – вскрыша по результатам опробования на блоке, характеристика взрывной сети, параметры буровзрывных работ, характеристика взрывчатого вещества и забойки.

На основании качественных характеристик и характеристик поверхности программой рассчитывается блочная модель блока, подготавливаемого к взрыву с распределенным в ней полезным компонентом. Подпорной стенке присваивается состояние разрыхленной горной массы. Модуль рассчитывает по всем заданным параметрам и характеристикам развал горной массы с распределением в нем полезного компонента. Результатом расчетов являются разрезы с координатами, построенные в заданном порядке, и таблица, в которой указано содержание по полезному компоненту и пустой породе для каждого из сечений (рис. 2).

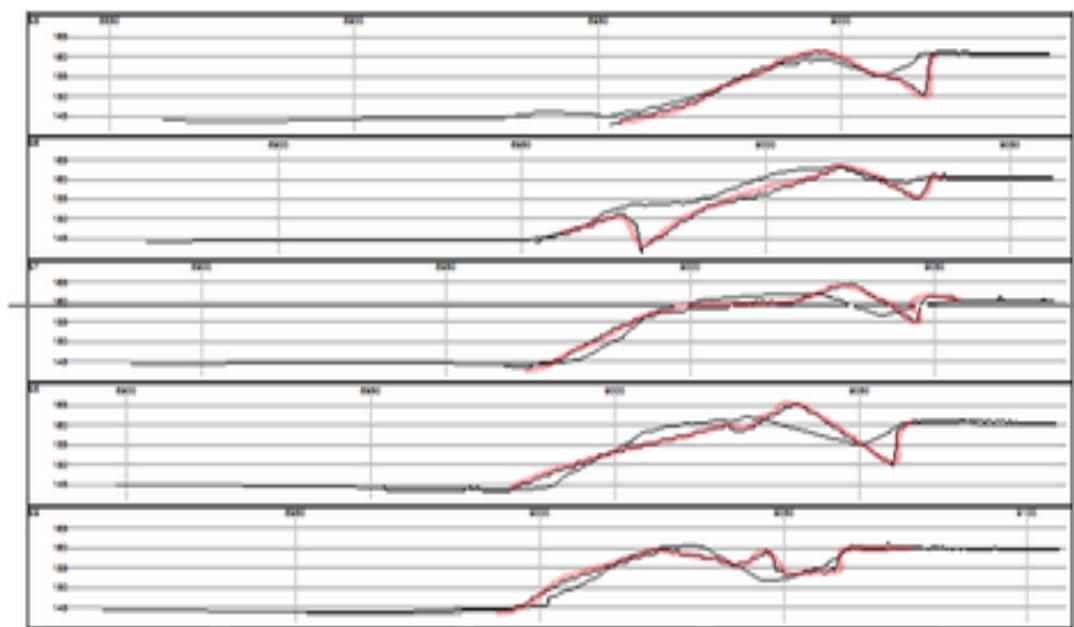


Рис. 2 – Сравнение расположения поверхности развала рассчитанной, в «BlastModel» и полученной при взрыве блока № 2191: *красным* – прогнозируемое положение поверхности развала в «BlastModel», *черным* – реальное положение поверхности развала

Один из блоков, подвергшихся моделированию, – блок № 3577. Высота уступа 15 м, средняя глубина скважин 17,2 м, сетка $5 \text{ м} \times 5,5 \text{ м}$, удельный расход ВВ $2,27 \text{ кг/м}^3$, количество скважин на блоке 164, общая масса взрывающего ВВ 132786 кг, объем взрывающей горной массы 58300 м^3 ; остальные параметры моделирования БВР блока № 3577 приведены в табл. 2. Результаты моделирования представлены на рис. 3 - 5.

Параметры БВР по блоку № 3577

Показатель	Ед. изм.	Ф
Объем взорванной горной массы	тыс.м ³	58,3
Общий расход ВВ на блоке, в том числе по видам:	кг	132786
Нитронит	кг	132540
Штатное ВВ, в том числе по видам:	кг	0
Граммонит	кг	0
Гранулотол	кг	0
Шашки	кг	246
НСИ "RIONEL" :		
MS-20-22,2 м	шт.	328
X-25-7,8 м	шт.	6
X-42-7,8 м	шт.	92
X-67-12 м	шт.	63
X-100-7,8 м	шт.	0
Тип и вес ПД	ПТ-П-750(1,5 кг)	
Удельный расход ВВ	кг/м ³	2,28
Взорвано скважин	шт.	164
Взорвано	м	2873,2
Выход с 1 м скважины	м ³	20,3

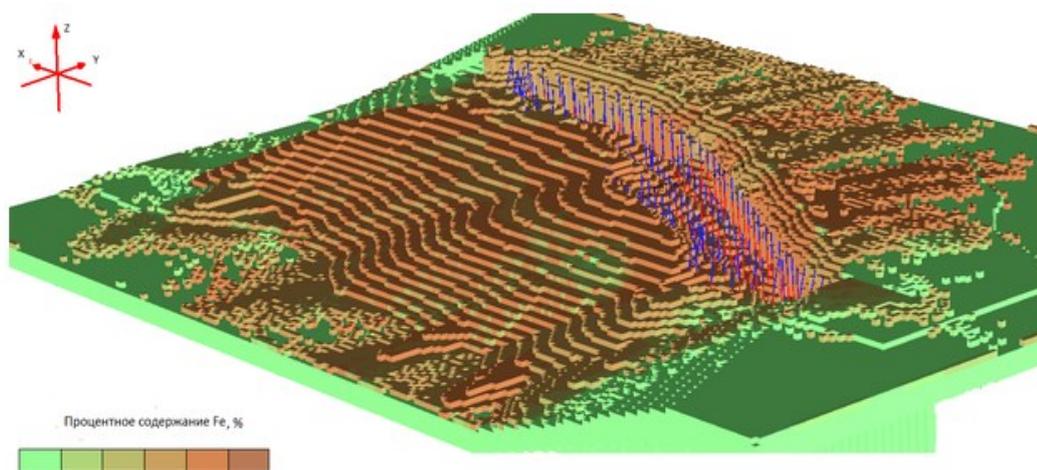


Рис. 3 – Блочная модель развала блока № 3577, рассчитанная «BlastModel»

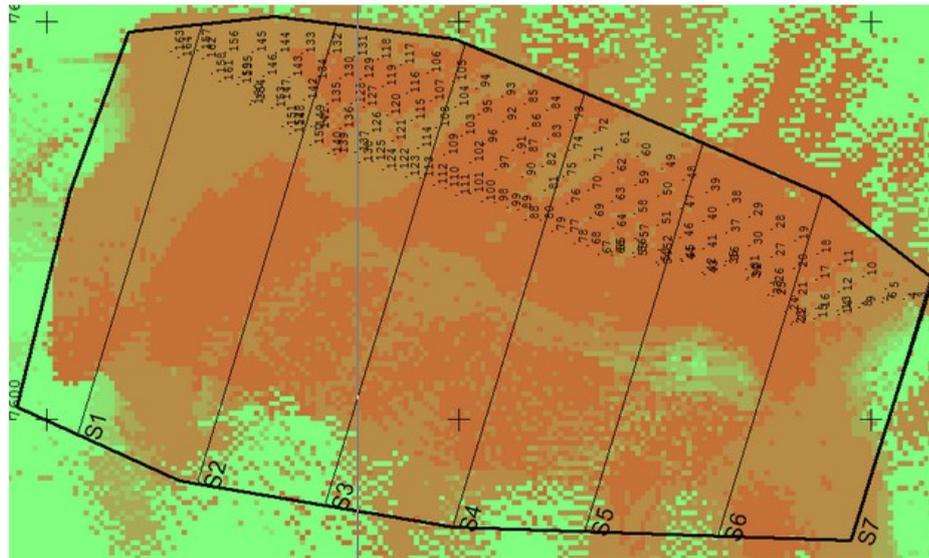


Рис. 4 – Блочная модель развала блока № 3577 в плане с нанесенными сечения, между которыми считаются объемы

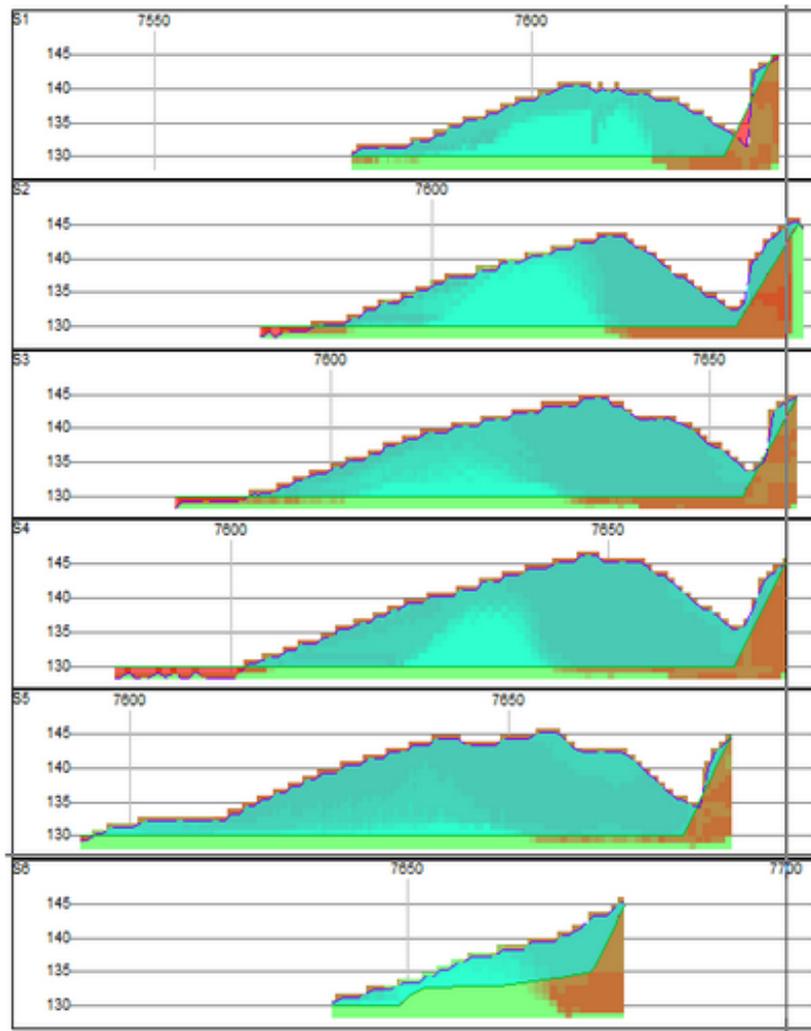


Рис. 5 – Поперечные разрезы развала блока № 3577 взорванной горной массы (светлые участки – размещение железной руды с содержанием полезного компонента более 10%)

Адаптированный модуль «BlastModel» позволяет достаточно достоверно прогнозировать параметры развала и моделировать развал при различных интервалах и различных схемах коммутации. Спрогнозированные параметры развала и распределения полезного компонента показали высокую степень сходимости (до 70 %) с данными реальных взрывов на карьерах, которые были подтверждены по результатам маркшейдерской съемки развалов и опробования взорванной горной массы по заходкам экскаватора.

Литература

1. Исследование влияния параметров буровзрывных работ на трансформацию структуры рудных массивов: отчет о научно-исследовательской работе / ИГД УрО РАН. – Екатеринбург, 2012. – 71 с.
2. Кабелко С.Г. Математическая основа, алгоритмы и программное обеспечение компьютерного моделирования взрывного разрушения горных пород на карьерах / С.Г. Кабелко, А.В. Герасимов // IV Уральский горнопромышленный форум. Горное дело. Технологии. Оборудование. Спецтехника: сб. докладов научно-технической конференции «Информационные технологии в горном деле» 12 - 14 октября 2011 г. – Екатеринбург: УрО РАН, 2012. – С. 64 - 74.
3. Рождественский В.Н. Взрывание скважинных зарядов в условиях подпора из ранее взорванной горной массы при дроблении крупноблочных пород: науч.-техн. сб. / В.Н. Рождественский, С.Р. Пьянзин, Т.М. Зырянова // Взрывное дело. - № 108/65 – М.: ЗАО МВК по взрывному делу при АГН, 2012. – С. 117 - 125.