

Таблица 2. Количество выделившихся газов на 1 кг взрывчатых составов с различным содержанием эмульсионной матрицы, л/кг

Взрывчатые составы *	Содержание эмульсионной матрицы в составе, % **					
	20	25	30	35	40	45
Состав 1	852,2	847,4	842,1	837,3	832,9	829,7
Состав 2	878	873,2	867,2	861,4	855	851
Состав 3	864,8	860	852	848,5	843,8	840,1
Состав 4	851,7	847,2	842,6	837,8	834,1	830,4
Состав 5	854,2	848,7	844,4	838,4	835	831,4
Состав 6	852	846,6	841,7	837	832,6	829,5

* Взрывчатые составы включают в себя следующие компоненты: аммиачная селитра – 85...90 %, дизельное топливо – 2,6...3,0 %, кордное волокно – 1,0...1,5 %, отруби – 0,4...0,8 %, карбамид – 0,5...1,0 %, ферросилиций – 5,6...6,8 %, гелеобразователь – 0,5...1,0 %.

** Содержание эмульсионной матрицы указано сверх 100 % взрывчатого состава.

Перспективы дальнейших исследований в данном направлении состоят в определении термодинамических характеристик вышеперечисленных составов, их водонаполнения и работоспособности

1. *Кутузов Б. Н.* Взрывные работы. – М., Недра, 1974. – 368 с.

2. *Технология приготовления* и применения простейших ВВ/Г. И. Тамбиев, А. М. Бейсебаев, В. Ю. Фадеев и др. / Под ред. Г. И. Тамбиева. – М.: ИПКОН РАН, 1996. – 166 с.

3. *Прокопенко В. С.* Фізико-технічні основи руйнування скельних порід вибухами свердловинних зарядів вибухових речовин у рукавах: Автореф. дис. докт. техн. наук: 05.15.11 / ННДІОП. – Київ, 2003. – 36 с.

УДК 622.023 (026); 622.14

КОНЦЕПЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ

Р. А. Такранов, докт. техн. наук (ВНИМИ, Санкт-Петербург), А. В. Зыков, инж. (ОАО «Взрывпром Юга Кузбасса»), В. П. Жилин, инж. (ОАО «Междуречье», г. Междуреченск Кемеровской обл.), РФ

Розглянуто стан геологічного забезпечення буропідричних робіт на вугільних розрізах, визначено склад і значущість геологічних факторів, що обумовлюють ефективність буропідричних робіт, запропоновано геолого-інформаційну модель з системними зв'язками значущих геологічних факторів та технологічних параметрів буропідричних робіт, указано реальні методи отримання геологічної інформації.

Обеспечение высокой эффективности взрывного дробления горных пород является актуальной проблемой открытого способа разработки, поскольку качество взорванной массы предопределяет технико-экономические показатели всех технологических процессов горных работ: экскавации, транспортировки, отвалообразования. Проблема повышения эффективности взрывной подготовки и качества горной массы в последние годы стала исключительно значимой. Это связано с опережающим ростом добычи угля открытым способом, с необходимостью ликвидировать хроническое отставание вскрышных работ и обеспечить горные работы достаточным количеством вскрытых запасов, а высокопроизводительную технику – постоянным фронтом работ. Повышенные требования к кусковатости горной массы предъявляются и в связи с перспективами внедрения прогрессивных циклично-поточной и поточной технологий вскрышных работ, в том числе с использованием специальных роторных экскаваторов.

Одним из путей решения проблемы является рациональное использование полноценной и оперативной геологической информации о взрываеом блоке, и на этой основе – расчет технологических параметров и конкретного паспорта БВР, которые обеспечили бы требуемую кусковатость взорванной массы и высокую производительность при ее экскавации.

Проведенные нами исследования состояния взрывной подготовки горной массы свидетельствуют о том, что буровзрывные работы ведутся при дефиците необходимой геологической информации и использовании приблизительных и усредненных геологических данных, полученных при разведке. Проектирование текущих взрывов и параметрические расчеты часто осуществляются на основе интуитивной оценки и приблизительной экстраполяции геологических условий, а также использования “практических” поправок к типовым паспортным данным БВР. Недопустимость последнего в свое время подчеркивалось акад. В. В. Ржевским. До сих пор на угольных разрезах отсутствует геологическое обеспечение буровзрывных и экскаваторных работ, которое осуществлялось бы на постоянной основе.

Практика ведения БВР при открытой разработке месторождений минерального сырья, а также исследования Л. И. Барона, К. И. Глушкина, Г. П. Демидюка, М. Ф. Друкованого, Э. И. Ефремова, Б. Н. Кутузова, Ф. И. Кучерявого, В. М. Мосинца, Б. К. Ракишева, В. В. Ржевского, Н. Я. Репина, В. К. Рубцова, Н. П. Сеинова, Н. У. Туруты и др. показали значение и результативность технологий БВР, разработанных с учетом геологической информации о взрываеом блоке. Рассматриваемая проблема является объектом исследований КузПИ и НИИОГР. Исследования ВНИМИ по созданию научно-методических основ горнопромышленной геологии при эксплуатации угольных месторождений были также направлены на повышение эффективности БВР на основе полноценного и оперативного геолого-информационного их обеспечения, разработки соответствующих нормативно-методических документов и их внедрения. Опытные взрывы по усовершенствованной технологии показали повышение качества горной массы и технической производительности при ее экскавации. Размер среднего куска снизился на 26–32 %, выход крупных

(>100 см) фракций – на 34–45 %; степень дробления возросла с 1,2 до 1,5, производительность экскаватора ЭКГ 6,3 – на 22 %.

Полноценное геологическое обеспечение, необходимое для решения задач БВР, позволяет обеспечить требуемое качество взорванной массы и эффективную ее экскавацию. Последовательность связей звеньев геолого-технологической системы изображена на рис. 1. В свою очередь, для обеспечения высокой производительности экскаватора необходимо иметь соответствующую кусковатость горной массы, что требует корректировки технологии путем параметрических расчетов и разработки соответствующих мероприятий. Такая обратная связь показана на рис. 1 изогнутыми стрелками.

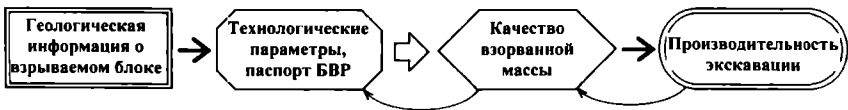


Рис. 1. Схема геолого-технологической системы

Рассмотренная совокупность геологической информации, инженерных расчетов и технологических процессов представляет собой геолого-технологический комплекс (систему). Для изучения этой системы, ее структуры, иерархии, значимости системообразующих элементов использованы методы информатики и системного анализа.

Теоретические положения физики разрушения горных пород взрывом, результаты лабораторного моделирования и практической их реализации позволяют определить геологические факторы и геолого-технологические характеристики, влияющие на эффективность взрывного дробления и качество горной массы. Первоначальную характеристику геологической среды при взрывном дроблении на карьерах можно получить по группе факторов, отмеченных в публикациях разных исследователей. В литературе отмечается, что на эффективность БВР влияют геологическое строение массива и его трещиноватость, физико-механические свойства пород и обводненность. Наибольшее влияние, по мнению всех авторов, оказывает трещиноватость (природная блочность) и физико-механические свойства, затем геологическое строение (60 % авторов), обводненность (40 %), залегание пород и геологические нарушения (20 %). Такая же оценка влияния получена нами по методу определения приоритетов с помощью показателя значимости.

Уточнение комплекса геологических факторов и показателей, а также количественная оценка их значимости были осуществлены методом экспертных оценок, который применяется в системном анализе, когда системообразующие элементы не имеют количественной характеристики. В качестве экспертов привлекались квалифицированные специалисты буровзрывного дела с большим стажем работы, главные геологи и технологи, работники специализированных производственных фирм, научные сотрудники НИИОГР, УкрНИИпроекта, ВНИМИ, СПбГГИ (ТУ), кандидаты и доктора наук.

Для детализированного комплекса из 11 геологических факторов после математической обработки оценок 34 экспертов по методике расстановки приоритетов получены количественные значения показателя групповой значимости факторов. Главными и постоянно влияющими факторами являются (по мере убывания показателя значимости): наличие трудновзрываемых пород и положение слоя в заходке, интенсивность основных систем трещин (природная блочность), прочность пород, геологическое строение взрываемого блока. Среднезначимые факторы: залегание (ориентировка) пород и геологические нарушения, ослабляющие массив; факторы, близкие к ним по величине показателя – обводненность и анизотропия пород, обусловленная их текстурно-структурными особенностями.

С учетом таких результатов, а также практического опыта взрывных работ и специальных исследований по геологическому обеспечению БВР значимые геологические факторы были объединены в шесть групп: геологическое строение блока, трудновзрываемый слой, залегание пород и нарушения, трещиноватость, физико-механические свойства, обводненность.

Первая группа включает в себя следующие факторы и показатели: переслаивание пород разного состава и свойств, их смена по латерали и в заходке в связи с выклиниванием пластов, фациальной заменой литотипов, петрографического состава и цементации; характер контактов и относительное сцепление по ним. Важным элементом строения массива является угольный пласт. Весьма большое значение для БВР имеет наличие трудновзрываемых пород, мощность и положение слагаемого ими слоя в забое и заходке. Залегание пород (азимут и угол падения) определяет важную для технологии БВР характеристику: пространственную ориентировку и угловое соотношение напластования с горно-технологичными элементами. Фактор “нарушения” – это интенсивные складки, дизъюнктивы и другие геологические нарушения, ослабляющие горный массив. Возле дизъюнктивов и в замках интенсивных складок, как правило, развита зона повышенной трещиноватости и деформированных пород. Размер этой зоны зависит от степени тектонической дислоцированности, оцениваемой для дизъюнктивов амплитудой смещения, а для складок – показателем складчатого изгиба. Такие зависимости нуждаются в корректировке для конкретных месторождений. Трещиноватость характеризуется ориентировкой и интенсивностью трещин основных систем. Этими параметрами определяются необходимые для технологических расчетов угловые соотношения, форма и размер природных блоков. Иногда учитывается степень раскрытия и заполнения трещин. Из физико-механических свойств на взрываемость пород влияют, в первую очередь, прочность, плотность и упругость (модуль Юнга, скорость упругих колебаний). Анизотропия свойств пород зависит от текстурно-структурных особенностей, пористости и микро-трещиноватости. Указанные свойства парагенетически обусловлены петрографическим составом пород, фациальными условиями образования и эпигенетического преобразования. Для установления закономерностей изменения физико-механических свойств и обоснованного их прогнозирования необходимы комплексные исследования состава, строения и свойств в зависимости от

геолого-генетических условий формирования пород. Обводненность пород учитывается в случае заполнения скважин водой. Она зависит от гидрогеологических условий и многих гидрогеологических факторов и параметров.

Влияние геологических факторов на разрушение пород взрывом и их связь с технологическими параметрами БВР в общем виде проявляется в следующем.

Геологическое строение блока является первоначальной характеристикой геологической среды реализации взрывного разрушения. В зависимости от строения заходки проектируется сетка скважины и расход ВВ на соответствующих интервалах. Важное значение в определении параметров технологии и паспорта БВР имеет положение и мощность угольного пласта и трудно-взрываемых пород. С учетом строения массива по вертикали выбирается конструкция скважинных зарядов, величина перебура и внутрискважинное инициирование.

Залегание пород и пластов разного состава и свойств определяет их положение в заходке и разделение ее на участки, взрываемые с разными параметрами БВР. Залегание и положение пластов в разных частях сечения и интервалов блока предопределяет глубину и направление бурения скважин, положение последнего их ряда, особенно возле наклонно- и крутозалегającego угольного пласта. Залегание напластования в однородном массиве учитывается при выборе направления взрывной скважины, поскольку наибольший эффект взрыва наблюдается при перпендикулярном расположении скважинного заряда к напластованию, особенно если последнее представлено четкой поверхностью раздела с примазками углистых, глинистых пород и различных ослабляющих минералов и образований. Залегание ослабленных поверхностей, зон и слоев слабых пород оказывает влияние на выбор параметров эффективной коммутации зарядов.

Участки возле дизъюнктивов и в замке складок, которые отличаются повышенной трещиноватостью, взрываются при пониженном расходе ВВ и редкой сетке скважин.

Трещиноватость и нарушение целостности горного массив в значительной мере предопределяет эффективность взрывного дробления. Ориентировка основных систем трещин и их угловое взаимоотношение влияет на форму зоны активного дробления возле заряда. На этой основе решается задача оптимальной компоновки зон дробления путем соответствующего расположения (сетки) скважинных зарядов. Угловое соотношение основных систем трещин с откосом (свободной поверхностью) оказывает влияние на параметры сетки скважин, учитывается при монтаже схемы инициирования и определении направления отбойки. Учет ориентировки трещиноватости способствует регулированию параметров развала взорванной массы.

Расстояние между трещинами (интенсивность, частота) трещин обуславливают размер природных блоков и характеризуют степень трещинной разбитости массива. Соотношением наибольшего и наименьшего расстояния между трещинами разных систем определяется трещинная анизотропия

массива. Средний размер природного блока и трещинная анизотропия используются многими специалистами в параметрических расчетах БВР.

Классификация горных массивов по трещиноватости, разработанная Межведомственной комиссией по взрывному делу, построена с учетом среднего расстояния между трещинами всех систем, удельной трещиноватости, или интенсивности, а также содержания крупных (более 100 см) и мелких (менее 30 см) природных блоков.

Физико-механические свойства во многом определяют результат реализации энергии взрывного воздействия и деформации горных пород. Некоторые нормативно-методические документы по БВР рекомендуют использовать в расчетах параметров крепость пород по Протодюкову. Но ряд авторитетных специалистов (акад. В. В. Ржевский и др.) считают, что взрываемость пород определяется прочностью на растяжение, сдвиг и сжатие, что в значительной мере соответствует физической сути взрывной деформации.

Для проектирования взрыва конкретного блока необходимо исходить из дифференцированных результатов определения физико-механических свойств слагаемых пород. Наибольшее практическое значение имеют породы с экстремальными свойствами. При разработке типовых паспортов целесообразно использовать средние значения свойств пород, которые установлены по большому количеству испытаний с математической оценкой изменчивости и достоверности средних величин.

Физико-механические, прочностные и упруго-плотностные свойства используются в разных классификациях взрываемости пород.

Рассмотренный комплекс геологических факторов является исходной информацией, необходимой и обязательной для проектирования и осуществления эффективного взрывного дробления пород, а также для обеспечения требуемой кусковатости горной массы.

С учетом изложенного и имеющихся в литературе рекомендаций и математических зависимостей построена структурная модель геолого-информационного обеспечения БВР (рис. 2). В ней отображена связь групп значимых геологических факторов с основными технологическими параметрами и компонентами паспорта БВР. Детальный состав сгруппированных параметров технологии БВР такой. Расположение зарядов в блоке – это их сетка с параметрами, линия сопротивления по подошве и форма, это количество рядов скважин, их глубина и наклон. Конструкцию зарядов определяют диаметр, длина и строение колонки заряда, длина забойки и перебура. Последовательность взрывания – это коммутация зарядов в блоке, замедление, внутрискважинное инициирование; количество и тип ВВ – удельный расход, количество ВВ в скважине, тип ВВ.

Рассматриваемые геологические факторы и геолого-технологические показатели подлежат постоянному изучению и использованию для проектирования массовых взрывов. На взрываемом блоке проводится комплекс геологических работ: разрабатывается геологическая документация, в том числе фотометодом с изучением строения, залегания и нарушенности пород, положения

трудновзрываемого слоя и пласта угля; выполняется специализированная съемка трещиноватости на основе массовых замеров ее угловых и линейных параметров; осуществляется опробование и механические испытания пород экспресс-методами.

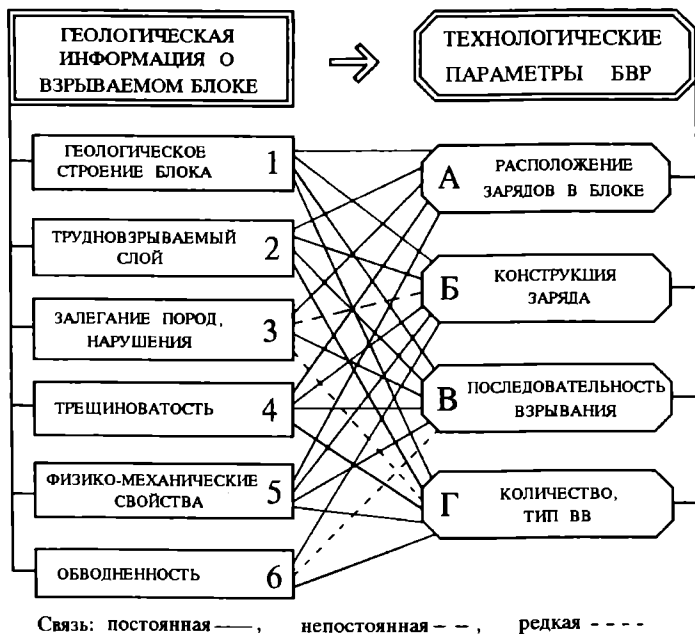


Рис. 2. Структура горно-информационного обеспечения БВР

Геологические данные для удобства использования целесообразно оформлять в виде геологического приложения к паспорту массового взрыва (рис. 3). В приложении отображается геологическое строение взрываемого блока в виде сплошной бортовой зарисовки при сложном строении или геолого-структурных колонок и поперечных разрезов, составленных по определенной сети с учетом горно-геологических условий. Слои, особенно трудно взрывааемых пород, выделяются условными знаками и цифрами. Для последнего случая в крупном масштабе составляется решетка трещиноватости с учетом фактической интенсивности, ориентировки и взаимоотношения систем и положения относительно борта. Результаты механических испытаний и замеров трещиноватости заносятся в специальную таблицу согласно нумерации слоев.

Геолог, кроме обеспечения текущих взрывов, должен вести систематическое изучение трещиноватости и физико-механических свойств вскрышных пород и геологического строения конкретных горизонтов и участков. По этим данным и результатам геологического обеспечения текущих взрывов производится районирование вскрышного массива по трещиноватости (природной блочности) и прочности, а также разрабатывается соответствующая типизация пород. При достаточном количестве результатов эффективного взрывания, которое оценивается по фактической кусковатости горной массы и технической производительности при ее экскавации, геологическая информация дополняется основным технологическим критерием взрываемости – удельным расходом ВВ.

Заходка ЭКГ-8 № 15

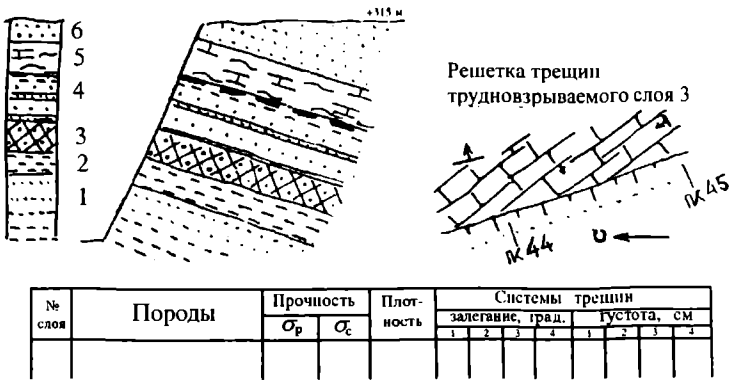


Рис. 3. Приложение к паспорту БВР (горно-геологические условия на взрываемом блоке)

На основе таких материалов и с учетом геологоразведочных данных осуществляется геологическое прогнозирование и разработка типовых паспортов БВР.

Учитывая достижения компьютерных технологий, проблема автоматизации геологического обеспечения БВР, особенно при проектировании и составлении паспортов БВР, является весьма актуальной. Это дает возможность обоснованно по фактической геологической информации осуществлять многовариантный выбор рациональных технологических решений, обеспечивая требуемое качество взорванной массы.

Рассматриваемый комплекс геологических работ должен выполняться геологом, специально обеспечивающим вскрышные и буровзрывные работы. Учитывая то, что учебные заведения не готовят профессионалов по горнопромышленной геологии, целесообразно, чтобы геолог прошел специальное обучение во ВНИМИ или индивидуальную стажировку. В связи со спецификой и

трудоемкостью работ по геологическому обеспечению БВР необходимо оснастить геолога современным горным компасом для проведения массовых замеров трещиноватости, прибором для систематических экспресс-испытаний прочности пород (например, пробником БУ-39 конструкции ВНИМИ), цифровой камерой для ведения геологической фотодокументации, современным компьютером.

Проведенный анализ и обобщение опыта геологического обеспечения БВР позволяют сказать, что полноценное и оперативное геолого-информационное обеспечение проектирования технологии БВР и разработки необходимых мероприятий представляет собой неиспользованный резерв повышения эффективности горного производства. Осуществление геологического обеспечения на постоянной основе не требует капитальных материально-финансовых затрат и оперативно при внедрении.

1. Демидюк Г. П., Смирнов С. А. Регулирование степени дробления при взрывной отбойке на уступах // Взрыв. дело. – М.: Недра. – 1971. – № 70/27. – С. 44–53.

2. Друкованый М. Ф. Методы управления взрывом на карьерах. – М.: Недра, 1973. – 416 с.

3. Ефремов Э. И., Петренко В. Д., Пастухов А. И. Прогнозирование дробления горных массивов взрывом. – К.: Наук. думка, 1990. – 120 с.

4. Кутузов Б. Н. Основные вопросы интенсификации процессов взрывания массивов горных пород при добыче полезных ископаемых // Взрыв. дело. – М.: Недра. – 1984. – № 86/43. – С. 5–10.

5. Кучерявый Ф. И., Олейников А. С., Волов А. Т. Многорядное короткозамедленное взрывание на карьерах строительных материалов. – К.: Будівельник, 1975. – 84 с.

6. Мосинец В. Н., Абрамов А. В. Разрушение трещиноватых и нарушенных горных пород. – М.: Недра, 1982. – 248 с.

7. Ржевский В. В., Новик Г. Я. Основы физики горных пород. – М.: Недра, 1978. – 390 с.

8. Репин Н. Я. Подготовка и экскавация вскрышных пород угольных разрезов. М.: Наука, 1974. – 222 с.

9. Рубцов В. К. Расчеты заданного выхода крупных и мелких фракций кусков породы на карьерах // Взрыв. дело. – М.: Недра. – 1984. – № 86/43. – С. 5–10.

10. Кутузов Б.Н. Приоритетные направления технического перевооружения горных предприятий в области буровзрывных работ // Промышленная безопасность и эффективность новых технологий в горном деле: Сб. матер. (доклады, статьи, решения). – М.: Изд-во МГГУ, 2001. – С. 445–455.