

*Минченко Сергей Сергеевич*

аспирант

ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой

университет «Горный»

г. Санкт-Петербург

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ**

*Аннотация:* в статье рассмотрены современные тенденции повышения качества буровзрывных работ, которые предлагается взять за основу комплексного метода на горнодобывающих предприятиях страны.

*Ключевые слова:* взрывные работы, промышленные взрывчатые вещества, средства инициирования, эмульсионные взрывчатые вещества, системы взрывания, короткозамедленное взрывание.

В настоящее время требования к качеству выполнения работ, их безопасности и эффективности при подземной разработке месторождений полезных ископаемых, а также тенденции, наблюдающиеся в промышленности, определяют необходимость комплексного подхода к решению поставленных задач при производстве взрывных работ, как основного вида работ, что вряд ли изменится в обозримом будущем.

Наблюдается повсеместное ухудшение горно-геологических условий на месторождениях в связи с постоянным увеличением глубины их разработки, ведущее к увеличению геомеханических проявлений, повышению крепости горных пород, увеличению объёма водонасыщенных пород, возрастанию уплотнения горных пород из-за увеличения горного давления что сказывается на эффективности применения и увеличении удельного расхода ВВ. В данной связи интерес представляет комплексный подход к решению поставленных задач и результаты его применения.

Чаще имеет место самостоятельное (отдельно) использование одного из возможных методов (параметров), например, замена взрывчатого вещества.

Исходя из анализа [1; 2; 7] индустрии можно выделить следующие направления исследований:

### 1. Работа взрыва.

В основном это направление представлено качественной работой взрыва в определённых условиях для получения материалов заданного качества, также это направление представлено гипотезами и исследованиями, которые более адекватно и актуально времени рассматривают технологические процессы, связанные со взрывом и его влиянием на массив горных пород, в зависимости от области его применения и требований производства.

Зачастую работы представлены определением дробящих свойств различных взрывчатых веществ (ВВ) в зависимости от их параметров и свойств массива пород, а также работой продуктов взрыва и их влиянием на массив горных пород.

Основной целью данных работ является повышение качества извлекаемых полезных ископаемых, частичная оптимизация комплекса работ.

### 2. Конструкции шпуров (скважин) и схемы расположения зарядов, а также условий применения зарядов и наличия (использование) специальных средств (забойка, запирающие устройства, устройства для искусственного нанесения трещин и т. п.).

В основном работы в этом направлении представлены возможностью изменения конструкции заряда с помощью добавления в неё различных специализированных устройств или размещение ВВ определённым образом, так или иначе влияющих на эффективность взрывного разрушения горных пород по определённым показателям.

Основной целью этого направления является оптимизация комплекса работ, соответствие требования безопасности и современным тенденциям развития индустрии.

### 3. Разработка новых ВВ, совершенствование составов существующих, определение эффективности и т. п.

Работы этого направления связаны с опытно-промышленными и лабораторными испытаниями новых составов ВВ, а также совершенствования существующих (изменением соотношения содержащихся веществ, пересмотра химической формулы, изменением кислородного баланса, добавлением различных добавок и т. п.), определением их свойств, работоспособности и др.

В основном рассматриваются односоставные ВВ в виду: снижения бризантного действия взрыва, совершенствования управления взрывом, повышения безопасности и т. п. Примером могут служить эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ), во многих работах даётся обзор их применения, описание свойств, работоспособности, воздействия на горные породы.

Направление преследует цели в виде повышения экономичности, безопасности и экологичности буровзрывного комплекса.

#### 4. Совершенствование методов инициирования зарядов ВВ.

Направление, зачастую, характеризуется разработкой новых или совершенствованием существующих способов инициирования, например, в плане разработки более безопасных детонаторов, передающих взрывной импульс, расширение области их применения, переход на неэлектрические или электронные системы инициирования, применение которых повышает безопасность работ, снижает количество отказов, тем самым снижая стоимость работ и т. п.

#### 5. Определение развития трещиноватости и микротрещиноватости от взрывных работ.

Работы данного направления нацелены на оценку действия взрывных работ (ВР) в аспекте развития (прорастания) трещиноватости и их влияние на качество добываемого полезного ископаемого в частном и общие свойства, а также состояние массива горных пород в целом.

Данное направление концентрируется на повышении качества добываемого полезного ископаемого с перспективой рассмотрения дальнейших технологических операций.

#### 6. Управление параметрами взрывов, направленное взрывание и комплексный подход к рассмотрению параметров и свойств массивов горных пород.

В большинстве своём работы данного направления построены на моделях, благоприятствующих применению методов (способов) взрывания, для которых имеются основные уравнения динамики и состояния сред, но природное состояние массивов горных пород делает эти модели неадекватными, так что перспективным в этом направлении является разработка адекватных и актуальных моделей, включающих различные компоненты массива, горнотехнические и технологические аспекты.

Работы данного направления направлены на изучения возможности управления взрывом и придания ему определённого направления используя кумулятивный эффект.

#### 7. Механизация, автоматизация и оптимизация ВР.

В данном направлении рассматриваются перспективные технологии по автоматизации и механизации комплекса буровзрывных работ (БВР), в который входит моделирование на системах автоматизированного проектирования (САПР), где производится моделирование различных технологических и технических решений, призванных оптимизировать работу предприятий, также рассматриваются модели, призванные решить неразрешённые на данный момент задачи, предлагаются теоретически решения, чаще всего описывающие напряжённо-деформированное состояние массива горных пород.

#### 8. Методологические (теоретические) вопросы взрывного дела.

Данные работы выделяются в отдельный ряд, в виду того, что носят методологический и обобщающий характер, имеющие целью создание основ и базы знаний, а также систематизацию и организацию проведённых работ по другим областям, рассмотрение перспективы развития и актуальности научных направлений.

Перспективными направлениями, с учётом вышеизложенного является:

1. Выбор оптимальной технологии ведения ВР и установление универсальных значений процессов и явлений, происходящих при взрывном разрушении пород в зависимости от конструкции заряда, схемы расположения пород, глубины разработки и модели массива.

2. Разработка щадящей и ресурсосберегающей методики ведения ВР.

3. Установление закономерностей формирования зон трещинообразования.

4. Организация полной независимости отечественного производства и научных исследования в области взрывного дела посредством разработки специализированных программных сред для моделирования, технологий производства ВВ и т. п.

5. Создание конструкции шпуров (скважин) и схемы их расположения с учётом газодинамических процессов в зарядной полости на основании проявления естественных напряжения при увеличении глубины разработки, взаимовлиянии и взаимодействии их с динамическими напряжениями и возможности их использования для повышения сохранности законурного массива.

6. Оптимизация БВР для условий глубокозалегающих массивов, создание адекватной физико-математической модели, повышение безопасности и эффективности работ, а также снижение удельного расхода ВВ и стоимости БВР.

Все работы, так или иначе, преследуют цель по оценке эффекта взрыва, рационального использование его энергии в различных горно-геологических условиях исходя из задач производства и требования промышленности, создание актуальных и адекватных моделей, общий вектор развития направлен на снижение стоимости и повышение безопасности ВР, разработке ресурсосберегающих и щадящих технологий. Несмотря на объём проделанных работ, до сих пор не существует законченной теории, которая в полной мере объяснит экспериментальные факты.

Современные взрывчатые вещества, в принципе, способны решить любую из предъявляемых к ним задач, связанных с разрушением горного массива, эффективность применения которых, в свою очередь, зависит от управления их энергией, возможности которой напрямую определяются конструкцией зарядов. Нынешние промышленность и рынок охарактеризованы обширным ассортиментом ВВ и разнообразием факторов, влияющих на результаты взрывной отбойки.

На современном этапе развития промышленных ВВ [3] наблюдается тенденция постепенного ухода от применения тротилосодержащих взрывчатых веществ с переходом к эмульсионным взрывчатым веществам (ЭВВ). Учитывая положительный опыт их применения [5; 6; 9–11; 14], эта группа ВВ представляет интерес в первую очередь однородностью своего химического состава, а также универсальностью и гибкостью применения в связи с полной механизацией процесса приготовления и заряжания, повышением водоустойчивости, работоспособности и КИШ. В виду того, что экономика взрывных работ в вопросе оптимизации бурения и взрывания – это одна из основ повышения эффективности работы предприятия в целом, переход на применение ЭВВ должен рассматриваться как один из этапов комплексного повышения эффективности взрывных работ.

Вторым этапом повышения эффективности наравне с применением ЭВВ, является переход к их производству непосредственно на предприятиях и разработке соответствующей инфраструктуры.

Комплексный подход к повышению эффективности и безопасности буровзрывных работ (БВР) невозможен без рассмотрения средств инициирования и методов взрывания, основными из которых являются электронные и неэлектрические системы взрывания [4]. Полноценный переход к новейшим методам взрывания и их комплексное использование является третьим этапом повышения эффективности.

С учётом ужесточения требований безопасности и возрастающим значением экологического вопроса электронные системы взрывания оказываются более универсальными и гибкими для применения в различных геологических условиях, также возможен отказ от забоечного материала при условии совместного применения с ЭВВ.

В связи с этим нельзя обойти стороной и такое важное направление, как последовательность взрывания зарядов и время замедления, заключающиеся в снижении сейсмического действия взрыва, интенсивности дробления и выходе не-

габарита, снижение отколообразования, соответствие фактического контура выработки проектному и т. п. воплощающиеся в короткозамедленном взрывании [8; 12; 13].

Последним, но несмотря на это не менее важным, является полноценный переход к информационным системам автоматизированного проектирования (САПР) взрывных работ, таких как Blast Maker, Ansys Autodyn и т. п., призванных оптимизировать труд проектировщиков.

Перспективным направлением также является управление действием взрыва с помощью конструкции заряда и схемы их расположения, например, верное расположение зарядов, пучки параллельно-сближенных скважинных зарядов, концентрированные заряда и заряды, использующие кумулятивный эффект.

Показанный комплексный подход оптимизации и повышения эффективности буровзрывных работ, и их совместная реализация определяют перспективную концепцию развития взрывных работ на большинстве технологически и технически устаревших предприятиях нашей страны, а также актуальный задел для подготовки будущих специалистов.

### ***Список литературы***

1. Викторов С.Д. Концепция развития взрывных работ в России / С.Д. Викторов, В.М. Закалинский // Взрывное дело. – 2010. – №103/60. – С. 3–17.
2. Викторов С.Д. Взрывное разрушение горных массивов в России / С.Д. Викторов, В.М. Закалинский // Взрывное дело. – 2012. – №107/64. – С. 181–190.
3. Соснин В.А. Мировые тенденции развития промышленных взрывчатых веществ // Взрывное дело. – 2012. – №107/64. – С. 107–121.
4. Агеев М.В. Состояние и перспективы применения средств инициирования промышленного назначения / М.В. Агеев, В.И. Вареница, В.К. Попов // Взрывное дело. – 2012. – №107/64. – С. 122–128.
5. Корунов В.Н. Опыт эксплуатации производств и применение эмульсионных ВВ разработки «ОАО «ГосНИИ «Кристалл» / В.Н. Корунов, К.Е. Морозов, А.И. Филинов // Взрывное дело. – 2012. – №107/64. – С. 147–153.

6. Козырев С.А. Внедрение на подземных рудниках ОАО «Апатит» эмульсионных ВВ «Сабтэк» при проходке горных выработок / С.А. Козырев, Е.А. Власова, А.В. Соколов, А.Ю. Звонарь, А.А. Браунштейн, М.Н. Оверченко // Взрывное дело. – 2013. – №109/66. – С. 161–172.

7. Трубецкой К.Н. Повышение эффективности взрывных работ при освоении месторождений полезных ископаемых / К.Н. Трубецкой, С.Д. Викторов, В.М. Закалинский // Взрывное дело. – 2013. – №110/67. – С. 3–15.

8. Андреев В.В. Перспективные системы разветвления и задержки детонации / В.В. Андреев, И.В. Найгеборин // Взрывное дело. – 2013. – №110/67. – С. 131–138.

9. Соснин В.А. Технологические особенности получения ЭВВ для заряжения и взрывания в подземных выработках / В.А. Соснин, К.Е. Морозов, В.Н. Корунов // Взрывное дело. – 2014. – №111/68. – С. 205–211.

10. Щукин Ю.Г. Интенсификация процессов взрывной подготовки горной массы и извлечения минералосырья / Ю.Г. Щукин, Ф.Р. Шакиров // Взрывное дело. – 2014. – №111/68. – С. 345–353.

11. Киняк С.М. Создание производства и результаты применения эмульсионных взрывчатых веществ с повышенной детонационной способностью / С.М. Киняк, В.С. Хархардин, В.Р. Нейманн, С.С. Костылев, А.В. Старшинов // Взрывное дело. – 2014. – №112/69. – С. 157–163.

12. Козырев С.А. Оценка оптимального времени замедления между скважинами при их разновременном взрывании в веере / С.А. Козырев, А.В. Соколов, А.С. Сакерин // Взрывное дело. – 2014. – №112/69. – С. 81–98.

13. Андреев В.В. Об особенностях короткозамедленного взрывания // Взрывное дело. – 2014. – №112/69. – С. 220–222.

14. Токарев О.В. Опыт изготовления и использования эмульсионных взрывчатых веществ на открытых и подземных горных работах в АО «Кольская ГМК» / О.В. Токарев, М.В. Кузенков, Р.Г. Расторгуев, М.Н. Оверченко // Горный журнал. – 2015. – №7. – С. 64–66.