

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ ИСПЫТАНИЙ И ПРОИЗВОДСТВА В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

<sup>1</sup>Ефремовцев Н.Н., <sup>2</sup>Жаворонко С.Н., <sup>3</sup>Ефремовцев П.Н.

<sup>1</sup>Институт проблем комплексного освоения недр

<sup>2</sup>ООО «ПСУ Гидроспецстрой»

<sup>3</sup>АО Нитросибирь

### Актуальность исследований

Качество получаемых гранулированных взрывчатых веществ в значительной степени зависит от применяемой технологии и способов приготовления взрывчатых смесей. И поэтому, в патентной литературе технические решения по составу ВВ, как правило, рассматриваются совместно с технологией их производства [1-3]. Вопросы актуальности совершенствования составов промышленных взрывчатых веществ и анализ традиционных способы их производства подробно рассмотрены в статье [4]. Физическая сущность воздействия физических полей при акустической и магнитоимпульсной обработки на аммиачную селитру рассмотрена в работе [5]. Актуальной задачей исследований в области производства промышленных взрывчатых веществ является получение высокоэффективных, более безопасных в применении промышленных взрывчатых составов, обладающих более высокой полнотой химических превращений в зарядах среднего и малого диаметра, не требующих мощных промежуточных детонаторов, состав и способы изготовления которых позволяют оперативно регулировать объёмную концентрацию энергии и скорость её выделения, использование которых возможно как в сухих осушенных скважинах, так и в обводнённых скважинах. Для безопасной отработки глубоких горизонтов подземным способом, где наблюдается выделение метана, необходимы взрывчатые вещества нового поколения, в состав которых входят водно-углеводородные «поризующие» эмульсии. Перспективным направлением исследований является совершенствование технологии поризации аммиачной селитры. На заводах по производству аммиачной селитры поризация осуществляется за счет добавок в АС поверхностно-активных веществ. Однако пористая селитра, изготовленная на заводах существенно дороже гладкой аммиачной селитры. На рисунке 1 показано строение гранулы аммиачной селитры после обработки эмульсией при производстве Гранулита «ЕФ-П» по технологии, защищенной патентом [6].

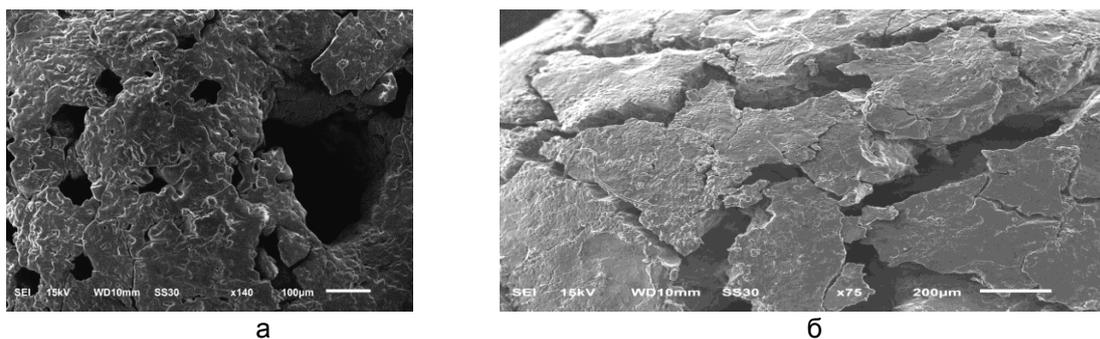


Рисунок 1 – Поверхность селитры, полученной по технологии производства Гранулита «ЕФ-П», защищенной патентом

### Методические аспекты проведения экспериментальных работ

Разработаны конструкции испытательных стендов многоразового использования, обеспечивающие безопасное проведение полигонных испытаний и проведение исследований воздействие энергии взрыва в воздушной среде, и водной среде, под давлением, имитирующем горное давление на большой глубине. Испытательные стенды обеспечивают безопасность ведения экспериментальных взрывных работ, локализацию фрагментов взорванной модели, отбор продуктов детонации для оценки экологических последствий. С применением сейсмографа (Blastmateseismograph) фирмы «Instantel» проводились замеры сейсмического действия взрыва в ближней зоне взрыва зарядов испытуемых взрывчатых смесей различного диаметра,

показателей ударной воздушной волны. С применением комплексной методики полигонных испытаний в ИПКОН РАН разработаны составы новых взрывчатых смесей с использованием жидких и твердых продуктов переработки отходов горного производства, содержащих углеводороды. Разработаны и испытаны модификации состава гранулированного взрывчатого вещества (Гранулита «ЕФ-П») на основе поризующих эмульсий с критическим диаметром детонации 26 мм. Новые энергонасыщенные материалы рекомендованы в частности для разработки месторождений руд редких и редкоземельных металлов.

Для проведения физических экспериментов по оценке влияния энергии взрыва на образцы пород и ценное кристаллосырье разработаны различные конструкции композиционных имитационных моделей, обеспечивающих повторяемость условий проведения экспериментов, моделирование зон действия взрыва, дефектов, анизотропию свойств фрагментов массива горных пород. Разработанная методика обеспечивает многократное повышение производительности труда при проведении испытаний взрывчатых веществ и научных исследований. На рисунке 2 показана конструкция композиционной имитационной модели.

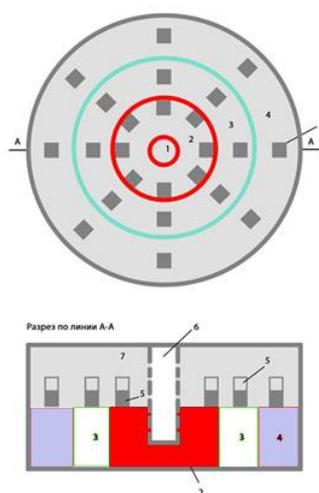


Рисунок 2 – Схема имитационной модели. 1, 6 – полость для размещения заряда ВВ; 2, 3, 4 – зоны действия взрыва; 5 – образцы исследуемых пород, расположенные на различном расстоянии от заряда в различных зонах действия взрыва

В процессе проведения экспериментов изучено воздействие взрыва на десятки образцов пород с различной прочностью и зернистостью.

Методы оптической микроскопии, фотопланометрии и наноиндентирования является составной частью комплексного системного многоуровневого анализа изменения свойств пород и ценного кристаллосырья в результате воздействия энергии взрыва. Методика исследования образцов пород и ценного кристаллосырья с различной прочностью и вязкостью предусматривает: определение нанотвердости, модуля Юнга, вязкости разрушения прочностные свойства образцов горных пород в зависимости от величины приложенной силы, глубины отпечатка и предварительной деформации образца; распределение локальных прочностных свойств исследуемых образцов в зависимости от расстояния до трещины разрушения; определение вязкости разрушения ( $K_{Ic}$ ) образцов горных пород до и после воздействия энергии взрыва; влияния масштабного фактора, изучение влияния предварительной ударной деформации на их трещиностойкость. Исследования с использованием нанотрибоиндентометра TI-950 Triboindenter (Hysitron Inc., США) в диапазоне глубин от 25 до 100 нм и диапазоне нагрузок от 100 мкН до 10 мН проводятся в научно-образовательном центре «Нанотехнологии и наноматериалы» Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина.

В результате проведенных исследований установлен характер зависимостей среднего куска, индекса дробимости от диаметра заряда, расстояния до заряда, прочности образцов пород на одноосное сжатие, скорости детонации, скорость выделение энергии. Зависимости индекса дробимости от расстояния до заряда и

прочности разрушаемых взрывом образцов пород экспоненциально убывающие [7]. Характер зависимости выхода фракций от исследованных влияющих факторов существенно отличается для различных зон действия взрыва и имеет существенные отличия для зарядов близких к критическому диаметру и больших критического диаметра

Обработка результатов экспериментов, проведенных в производственных условиях при взрывании массивов пород, имеющих различную прочность показали, что при использовании нового промышленного взрывчатого вещества Гранулита «ЕФ-П», имеющего скорость выделения энергии  $9,8 \times 10^6$  КДж/сек, вместо штатного ВВ гранулита-игданита на пористой селитре и дизельном топливе (показатель кинетики выделения энергии составляет  $6,8 \times 10^6$  КДж/сек) расстояние между крайними скважинами и линией отрыва увеличилась в среднем на 1,8 м. При этом, что особенно важно, не зафиксировано повышение показателей ударной воздушной волны и сейсмического действия взрыва. Анализ результатов экспериментальных работ в производственных условиях свидетельствует о том, что прирост параметров зоны контролируемого эффективного дробления прямо пропорционален скорости выделения энергии взрыва и обратно пропорционален прочности разрушаемых взрывом пород. На основании полученных новых закономерностей и комплекса аналитических зависимостей разработаны новые методики расчета параметров буровзрывных работ, размеров зон опасного действия взрывов, учитывающие влияние фактора скорости выделения энергии.

Проведенные исследования позволили провести систематизацию взрываемых сред по степени устойчивости к воздействию взрыва и средств их разрушения по критерию скорости выделения энергии /8/.

«Зеленый» эффект конкурентные преимущества новой технологии и составов взрывчатых веществ для горной промышленности и строительства достигается за счет повышения полноты взрывчатых превращений и заключается в следующем:

- снижению при взрыве выбросов пыли и окислов азота, а также ареала распространения пыленгазового облака;
- снижению содержания токсичных веществ в сточных водах водоносных горизонтах вблизи горных предприятий и отвалов пустых пород;
- утилизации отработанных масел, твердых и жидких продуктов переработки отходов промышленного производства.

Выбор рациональных, оптимальных значений в пределах технологических ограничений производится на основе разработанной методики многофакторной интегральной технико-экономической оценки и анализа эффективности и качества ведения взрывных работ на конкретном предприятии. В частности, учитывается влияние выбора способа разрушения горных пород, выбранного взрывчатого вещества, параметров буровзрывных работ на показатели полноты комплексного вовлечения в промышленное использование, потерь и разубоживания минерального сырья разрабатываемого месторождения на конечные технико-экономические показатели разработки месторождения.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке Программы Президиума РАН 1.4П*

### **Список литературы:**

1. Л.И. Барон, Б.Д. Росси, С.П. Левчик. Дробящая способность взрывчатых веществ для горных работ. Москва.1960г.
2. Викторов С.Д., Казаков Н.Н., Закалинский В.А Анализ методов управления процессом разрушения горных пород взрывом. Горный журнал №7. 1995г. 46-47с.
3. Трубецкой К.Н., Викторов С.Д., Кутузов Б.Н. Проблемы развития взрывного дела на земной поверхности // Взрывное дело. Выпуск №101/58. –М.2009. С . 3-23.
4. Н. Н. Ефремовцев, А.Н. Ефремовцев К вопросу совершенствования способов изготовления и составов простейших промышленных взрывчатых веществ. Сборник докладов первой конференции Евроазиатского союза инженеров-взрывников (ЕАСИБ), прошедшей в период 08.09.2016–13.09.2016 в с. Сары-Ой (Киргизская Республика) и в г. Алматы Стр. 53–63. ISBN 978-5-904374-50-1

5. Ефремовцев Н.Н. К вопросу применения акустической обработки в производстве энергонасыщенных материалов для горной промышленности. Международная научная конференция «Техническая акустика: разработка, проблемы, перспективы». 26-29 сентября 2016 года. Витебск, Беларусь: материалы конференции / УО «ВГТУ»- Витебск , 2016- с.206-208/ ISBN 978-985-481-441-4

6. Ефремовцев Н.Н., Квитко С.В. Составы взрывчатых смесей и способы их изготовления. Патент РФ № 2595709

7. Ефремовцев Н.Н. Методические вопросы и результаты исследований дробящего действия взрыва. Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках. Материалы XXVI Международной научной школы.- Симфинополь: Крымский федеральный университет, 2016. Стр. 84-90.

8. Ефремовцев Н.Н. Вопросы совершенствования способов и средств управления действием взрыва на основе научных классификаций. Сборник трудов 2-й международной научной школы академика К.Н. Трубецкого. Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. Москва.2016 Стр.137-141.