

УДК 622.235.215.7:65.011.54

Синицын Виктор Александрович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗРЫВНОЙ ПОДГОТОВКИ
ГОРНОЙ МАССЫ НА КАРЬЕРАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВЗРЫВЧАТЫХ
ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ОБРАТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ**

Специальность 25.00.22 «Геотехнология
(подземная, открытая и строительная)»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2007 г.

Работа выполнена в Институте горного дела Уральского отделения Российской академии наук

Научный руководитель – член -корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор В.Л.Яковлев

Официальные оппоненты: доктор технических наук А.И.Ермолаев,
кандидат технических наук Г.П.Берсенеv

Ведущая организация – ОАО «Гипроруда»

Защита состоится « 21 » сентября 2007 г. в 10 часов на заседании Диссертационного совета Д 004.010.01 в Институте горного дела УрО РАН по адресу: 620219, г.Екатеринбург, ГСП-936, ул.Мамина-Сибиряка,58.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института горного дела УрО РАН.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2007 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

В.М.Аленичев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Взрывная подготовка горной массы к экскавации относится к основным технологическим процессам горного производства и в значительной мере определяет себестоимость добычи полезных ископаемых. С ростом глубины открытых горных разработок увеличиваются объемы выемки скальных пород, изменяется их трещиноватость, повышается крепость, обводненность, что оказывает негативное влияние на эффективность процесса подготовки горной массы к выемке и транспортированию. С ухудшением горно-геологических и горнотехнических условий возрастает потребность во взрывчатых веществах (ВВ) высокой мощности с регулируемыми взрывными характеристиками, обладающими водоустойчивостью и позволяющих производить безопасное механизированное зарядание скважин на карьерах.

Затраты на буровзрывные работы в общей стоимости единицы добываемой горной массы на отечественных горных предприятиях составляют около 30 %, причем основная статья расходов – взрывчатые вещества. До недавнего времени производство взрывчатых веществ было сконцентрировано на специализированных предприятиях, и только незначительное количество ВВ приготавливалось на местах применения в то время, как в мировой практике наблюдалась устойчивая тенденция повышения доли взрывчатых веществ местного приготовления.

В связи с чрезмерно возросшей стоимостью ВВ заводского изготовления и железнодорожных тарифов и ужесточением требований к перевозке опасных грузов резко возросла целесообразность приготовления взрывчатых веществ на горных предприятиях. Увеличение объемов применения ВВ местного приготовления – один из путей снижения затрат на взрывные работы. В этом направлении перспективным является использование водосодержащих взрывчатых веществ (ВВВ) четвертого поколения – эмульсионных взрывчатых веществ и ВВ на основе обратных эмульсий (ЭВВ).

Эффективность любого технологического процесса в значительной мере зависит от информированности об объекте, на который направлено воздействие, и

характеристик воздействующей нагрузки. В горном деле объект, на который направлено воздействие – это массив горных пород. При взрывном разрушении внешнее воздействие осуществляется энергией взрывного разложения ВВ. В этой связи большое значение имеет информированность о свойствах взрывчатого вещества, а актуальной задачей – разработка методики аналитического и экспериментального определения основных характеристик ВВВ, в частности, эмульсионных ВВ и взрывчатых веществ на основе обратных эмульсий. Решение этой задачи предусматривает:

- в научном плане – установление взаимосвязей между компонентным составом, взрывными и технологическими характеристиками ВВ на основе обратных эмульсий;

- в практическом плане – разработку способов и средств придания эксплуатационных и технологических свойств составам эмульсионных ВВ, обеспечивающим заданное качество подготовки горной массы к выемке и транспортированию.

Решению этих вопросов и посвящена диссертационная работа, выполненная автором в соответствии с планами научно-исследовательских работ Института горного дела Уральского отделения РАН.

Объект исследований – взрывная подготовка горной массы на карьерах к выемке с использованием эмульсионных ВВ,готавливаемых в условиях горного предприятия.

Предмет исследований – закономерности формирования составов эмульсионных ВВ на основе обратных эмульсий с требуемыми энергетическими и детонационными характеристиками для конкретных горнотехнических условий.

Цель работы – повышение эффективности и безопасности взрывного разрушения горных пород на карьерах за счет установления зависимости между компонентным составом, взрывными и технологическими характеристиками ВВ на основе обратных эмульсий.

Идея работы заключается в установлении и использовании многофакторной зависимости взрывных и эксплуатационных характеристик ВВ на основе об-

ратных эмульсий от их компонентного состава и в разработке способов их регулирования с целью обеспечения рационального гранулометрического состава взорванной горной массы.

Научные положения, выносимые на защиту:

1 Управление параметрами взрывной подготовки на карьерах горной массы к выемке и транспортированию достигается за счет регулирования энергетических и детонационных характеристик ВВ на основе обратных эмульсий, которые обеспечиваются в процессе формирования их рецептуры.

2 Конструкция и параметры технических средств для механизированного изготовления ЭВВ и область их применения обуславливаются компонентным составом, физическими и технологическими свойствами взрывчатых смесей.

Научная новизна выполненных исследований:

1 Впервые установлена многофакторная зависимость взрывных и эксплуатационных характеристик ВВ на основе обратных эмульсий от их компонентного состава, которая позволяет получить ВВ с требуемыми энергетическими и детонационными характеристиками, обеспечивающими необходимое качество подготовки горной массы к выемке и транспортированию в конкретных горнотехнических условиях.

2 Разработан метод расчета основных характеристик ВВ на основе обратных эмульсий, позволяющий установить рациональную область их применения на карьерах.

3 Научно обоснованы принципы комплектования технических средств для приготовления эмульсионных ВВ в процессе заряжания в зависимости от компонентного состава приготавливаемой взрывчатой смеси и способа зарядки скважин.

Практическое значение работы состоит:

- в разработке методики формирования рецептур ЭВВ с требуемыми энергетическими, детонационными и технологическими характеристиками в зависимости от физико-механических свойств и обводненности горных пород, в обосновании технологических приемов их приготовления;

- в разработке технологии и технических средств для приготовления смесевых ЭВВ, которая вписывается в комплекс взрывных работ, применяемых на предприятии;

- в установлении области применения смесевых ЭВВ и способов заряжания скважин в зависимости от состояния и свойств массива горных пород.

Методы исследований включают в себя теоретические и экспериментальные исследования; аналитический метод, содержащий исследование физической сущности процесса разрушения горных пород, дедуктивный и индуктивный методы установления общих принципов формирования рецептур смесевых ЭВВ и принятия частных решений по регулированию их отдельных характеристик; лабораторные и натурные эксперименты.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обоснована: использованием фундаментальных положений теории вероятностей и математической статистики, корректным применением методов математического и физического моделирования, теории подобия, результатами экспериментальных исследований, проводившихся апробированными методами, широким внедрением результатов исследований на горных предприятиях.

Реализация результатов работы. Результаты работы использованы при определении параметров буровзрывных работ для разрушения локальных массивов горных пород на карьерах ОАО «Ванадий» и ОАО «Ураласбест».

Научная значимость результатов работы заключается в установлении зависимостей между компонентным составом, взрывными и технологическими характеристиками ВВ на основе обратных эмульсий, позволяющих создавать рецептуры ЭВВ, обеспечивающих требуемое качество дробления пород в конкретных горнотехнических условиях.

Личный вклад автора состоит:

- в анализе существующего отечественного и зарубежного ассортимента ВВ, его недостатков и путей совершенствования;

- в разработке методики расчета энергетических и детонационных характеристик ЭВВ (теплота взрыва, скорость детонации и др.), определяющих их работоспособность в заданных условиях применения;

- в обосновании и формировании схем механизации взрывных работ на карьерах;

- в проведении опытно-промышленных испытаний технических средств смесительно-зарядных машин (СЗМ) и отработке технологии приготовления ЭВВ.

Автор выражает глубокую благодарность коллективу инженерно-технических работников, персоналу взрывных участков предприятий ОАО «Ванадий», ОАО «Ураласбест», сотрудникам лаборатории разрушения горных пород ИГД УрО РАН за сотрудничество и поддержку, оказанную в период выполнения исследований и при подготовке данной работы.

Результаты работы базируются на исследованиях, проведенных на карьерах ОАО «Ванадий» и ОАО «Ураласбест». Используются материалы исследований лаборатории разрушения горных пород Института горного дела УрО РАН (бывший ИГД МЧМ СССР, г.Екатеринбург).

Апробация работы. Основные положения работы периодически докладывались на конференциях и Ученых советах ИГД МЧМ СССР и ИГД УрО РАН, 1977-2006 гг., Всесоюзных конференциях по взрывным работам (г.Качканар, 1989-1996 гг., г.Междуреченск, 1997 г.), III международной конференции по буровзрывным работам (Москва, 1997 г.), Международной конференции по открытым горным работам (Москва, 1998 г.), на технических совещаниях по повышению эффективности буровзрывных работ (ОАО «Ванадий», Санкт-Петербург, Екатеринбург, 2000-2005 гг.). Материалы исследований использованы на ОАО «Ванадий» при разработке и освоении технологии приготовления и внедрении эмульсионных взрывчатых веществ.

Публикации. Автором опубликовано 30 статей, основные положения диссертационной работы представлены в 20 статьях, в т.ч. в 8 рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК России.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав и заключения общим объемом 146 страниц, содержит 30 таблиц, 27 рисунков, 2 приложения. Список использованных источников включает 126 наименований.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность работы.

В первой главе показана значимость решения проблемы по снижению затрат на взрывную подготовку горной массы к выемке и транспортированию при обеспечении безопасности взрывных работ и требуемого качества дробления пород.

Взрывная подготовка горной массы к выемке и транспортированию на карьерах относится к основным технологическим процессам горного производства и в значительной мере определяет себестоимость добычи полезных ископаемых.

В странах СНГ работы по созданию технологии и техники приготовления ВВ проводились и проводятся в ИГД УрО РАН, МГТУ, ЛГТУ, КарГТУ, ФГУП «Кристалл» и других НИИ и вузах. Большой вклад в исследования по разработке рецептур, технологии и техники изготовления эмульсионных ВВ и водосодержащих ВВ внесли академик РАН Н.В.Мельников; профессора, доктора технических наук Г.П. Демидюк, Б.Н.Кутузов, С.Д.Викторов, В.М. Закалинский, А.Н. Ханукаев, Е.Г.Баранов, Л.В. Дубнов, Э.И. Ефремов, Е.В. Колганов, М.В.Корнилков, А.И.Ермолаев, В.А. Соснин; кандидаты технических наук В.П. Ветлужских, В.М. Павлютенков, А.С. Маторин, И.А.Чижов, В.Г. Шеменев, А.А. Котяшев и другие.

Эффективность взрывного разрушения горных пород может быть осуществлено за счет:

- совершенствования технологии и техники подготовки и производства массовых взрывов;
- совершенствования характеристик и свойств взрывчатых материалов (ВМ).

Перспективным направлением является использование взрывчатых веществ с высокими тепловыми и детонационными характеристиками, расширенной зоной химического превращения и, в частности, применение взрывчатых веществ на основе обратной эмульсии, что способствует равномерному дроблению горных пород. ЭВВ не содержат в своем составе взрывчатых компонентов и позволяют регулировать взрывные характеристики и механизированное изготовление взрывчатой смеси в процессе заряжания скважин.

Анализ научно-технической литературы по исследованию технологии и техники приготовления ВВ на основе обратных эмульсий и эффективности взрывной подготовки горных пород к выемке и транспортированию с применением взрывчатых веществ этого типа показал, что на базе имеющегося научно-технического задела в этой области корректно решить проблему повышения эффективности взрывного дробления горных пород проблематично без проведения дополнительных исследований.

Исходя из поставленной цели, определены основные задачи диссертационной работы:

- исследовать зависимости взрывных и технологических характеристик ВВ на основе обратных эмульсий от их компонентного состава взрывчатой смеси;
- исследовать и предложить технические и технологические решения по параметрам технических средств и способам заряжания ВВ на основе обратных эмульсий различных рецептур;
- провести опытно-промышленную проверку и технико-экономическую оценку технических средств и технологии приготовления ВВ на основе обратных эмульсий различных рецептур в условиях горнорудных предприятий.
- определить области рационального применения ВВ на основе обратных эмульсий различного состава;

Во второй главе проведен анализ существующих методов определения основных характеристик ВВ на основе обратных эмульсий и определены принципы формирования рецептур, обеспечивающих взрывные характеристики для эффективного дробления горных пород в конкретных горнотехнических условиях. При

создании новых рецептов должен быть использован принцип достижения наибольшего результирующего эффекта: улучшения непосредственно эффекта взрыва за счет применения рациональных рецептов эмульсионных ВВ и варьирования их взрывными и физико-химическими свойствами; удешевления стоимости взрывных смесей.

Алгоритм разработки новых рецептов следующий:

- анализ горнотехнических условий (обводненность пород, физико-механические свойства, диаметр скважин и т.д.);
- анализ параметров БВР;
- определение основных характеристик ВВ, необходимых для эффективного разрушения горных пород в данных условиях;
- формирование рецептуры ВВ на основе обратной эмульсии, обеспечивающей требуемые характеристики.

Основными характеристиками взрывчатых веществ, определяющими их работоспособность, являются теплота взрыва и скорость детонации.

Определение теплоты взрыва водосодержащих ВВ имеет некоторую особенность. Вода как компонент ВВ смесевого типа, может играть двоякую роль: в отдельных случаях она может вступать при взрыве во взаимодействие с каким-либо другим компонентом ВВ, например с алюминием по реакции $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$; в других случаях она вводится в состав ВВ как пластификатор и наполнитель для повышения плотности. При этом плотность состава повышается не только в результате заполнения водой пустот между зернами состава, но и вследствие перевода в раствор части селитры. При взрыве часть выделяющегося тепла затрачивается на испарение воды. Это тепло может быть возвращено в случае конденсации паров воды при охлаждении продуктов взрыва ниже 100°C . Однако в большинстве случаев (кроме камуфлетных взрывов) при взрывных работах продукты взрыва выбрасываются в атмосферу при температуре свыше 100° и, таким образом, тепло, затраченное на испарение воды, является безвозвратной потерей. Соответственно, при определении теплоты взрыва Q_{max} для водосодержащих ВВ необходимо из теплоты взрыва сухой части ВВ вычесть тепло, израсходован-

ное на испарение того количества воды Q_B , которое находится в объеме заряда. Теплота испарения 1 кг воды оказывается равной:

$$Q_B = 2317q_B, \quad (1)$$

где q_B - количество воды, содержащееся в единице массы ВВ, кг.

Если ВВ имеет элементарный состав $C_a H_e N_c O_d$, то теплота взрыва для водосодержащих ВВ может быть определена по следующим уравнениям:

при положительном кислородном балансе

$$Q_{\max} = \frac{1-q_B}{M} \left(240,6 \frac{e}{2} + 395,6a - q_{BB} \right) - 2317q_B, \text{ кДж}, \quad (2)$$

при отрицательном кислородном балансе

$$Q_{\max} = \frac{1-q_B}{M} (21,55e + 197,8d - q_{BB}) - 2317q_B, \text{ кДж}. \quad (3)$$

Если в состав ВВ входит металлическое горючее, например алюминий, то элементарный состав запишется так $C_a H_e N_c O_d Al_e$, а теплота взрыва определяется по следующим уравнениям:

при положительном кислородном балансе

$$Q_{\max} = \frac{1-q_B}{M} (2499,6e + 120,3e + 395,6a - q_{BB}) - 2317q_B, \text{ кДж}, \quad (4)$$

при отрицательном кислородном балансе, в случае $\frac{3}{2}e < d < \frac{3}{2}e + \frac{e}{2}$

$$Q_{\max} = \frac{1-q_B}{M} (2138,7e + 240,6d - q_{BB}) - 2317q_B, \text{ кДж}; \quad (5)$$

При отрицательном кислородном балансе, в случае $\frac{3}{2}e < \frac{e}{2} < d < \frac{3}{2}e + \frac{e}{2} + 2a$

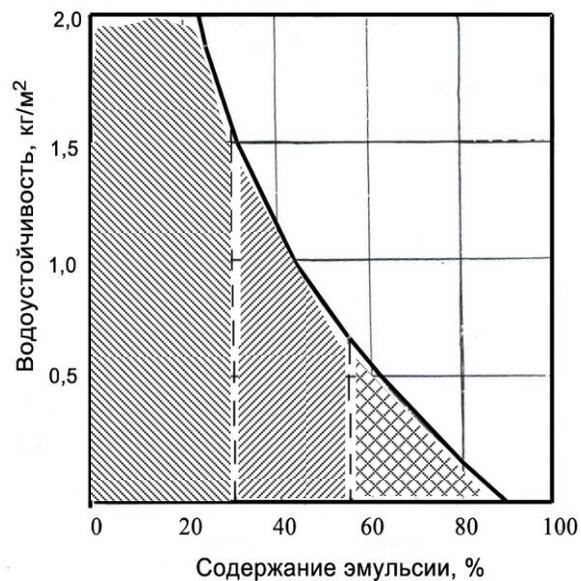
$$Q_{\max} = \frac{1-q_B}{M} (1906,2e + 395,6d - 77,5e - q_{BB}) - 2317q_B, \text{ кДж}. \quad (6)$$

Точный расчет теплоты взрыва, отнесенный к тому или иному конечному состоянию продуктов взрыва, содержит значительные сложности. Необходимо составить и решить относительно конечного состава продуктов взрыва систему уравнений, включающих уравнения материального баланса по элементам и уравнения равновесия для наиболее представительных реакций в продуктах взрыва. В

настоящее время имеются методики приближенного расчета теплоты взрыва, не требующие определения истинного состава продуктов взрыва.

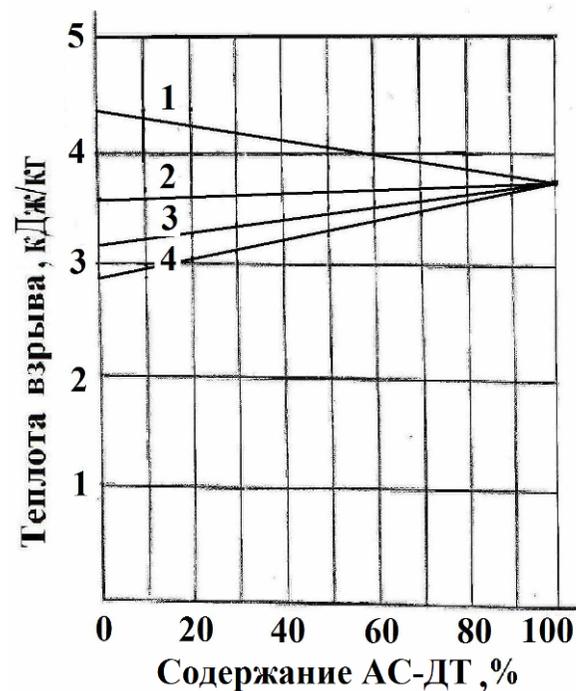
В их основе лежит идея о том, что фактическая теплота взрыва тем больше приближается к Q_{\max} , чем выше кислородный коэффициент $\alpha_{\text{ВВ}}$: $Q_{\text{факт}} = Q_{\max}$ при $\alpha=1$; в этом случае $Q_{\text{факт}}$ можно выразить как некоторую функцию от α .

Проведена оценка влияния компонентного состава на взрывные и технологические характеристики ВВ на основе обратной эмульсии. Исследовано влияние компонентного состава на теплоту взрыва и водоустойчивость (рис.1, 2). Установлено, что на теплоту взрывного разрушения существенно влияет содержание в ЭВВ эмульсии и гранулита, а также рецептура эмульсии. Содержание эмульсии и гранулита в составе взрывчатого вещества существенным образом влияет на водоустойчивость. Так, при содержании эмульсии до 30 % ВВ является неводоустойчивым и может применяться в необводненных породах, при содержании эмульсии от 30 до 55 % ВВ условно водоустойчивое и может применяться в слабообводненных скважинах, а при содержании эмульсии более 55 % взрывчатое вещество водоустойчивое, может применяться в скважинах любой обводненности и заряжаться путем подачи его насосом «под столб воды».



-  Заряжание гранэмита в сухие скважины
-  В слабообводненные
-  В обводненные

Рисунок 1 – Водоустойчивость гранэмита в скважинах в зависимости от содержания эмульсии



- 1 – эмульсия порэмита М-4А
- 2 – эмульсия порэмита М-8А
- 3 – эмульсия порэмита 1А
- 4 – эмульсия порэмита 1НИ-Н

$$Q_{\max} = 0,289g_{\text{АС-ДТ}} + 3,31$$

(для гранэмита на эмульсии порэмита 1А)

Рисунок 2 – Зависимость теплоты взрывного разложения гранэмита в зависимости от компонентного состава

Согласно гидродинамической теории, детонацией считают перемещение по ВВ зоны химического превращения, ведомой ударной волной с постоянной амплитудой (скачком давления). В настоящее время большинство практических расчетов по разрушению горных пород скважинными зарядами ВВ ведется на основе допущения о мгновенной детонации и отсутствии волновых движений продуктов детонации (ПД). При этом считается, что в продуктах детонации после взрыва устанавливается некоторое усредненное давление P_0 , одинаковое по всей длине скважины. В первом приближении обычно принимают P_0 равным половине детонационного давления. Многие исследователи полагают показатель политропы $n=3$. В такой трактовке детонации скважинного заряда ВВ дальнейшее расширение взрывной полости под действием ПД принимается адиабатическим. Что касается показателя политропы n , то в действительности он не является постоянным, а меняется от $n_{ж}=2\div 3$ в точке Чепмена – Жуге до $n=1,20\div 1,33$ при расширении ПД до нормальных давлений.

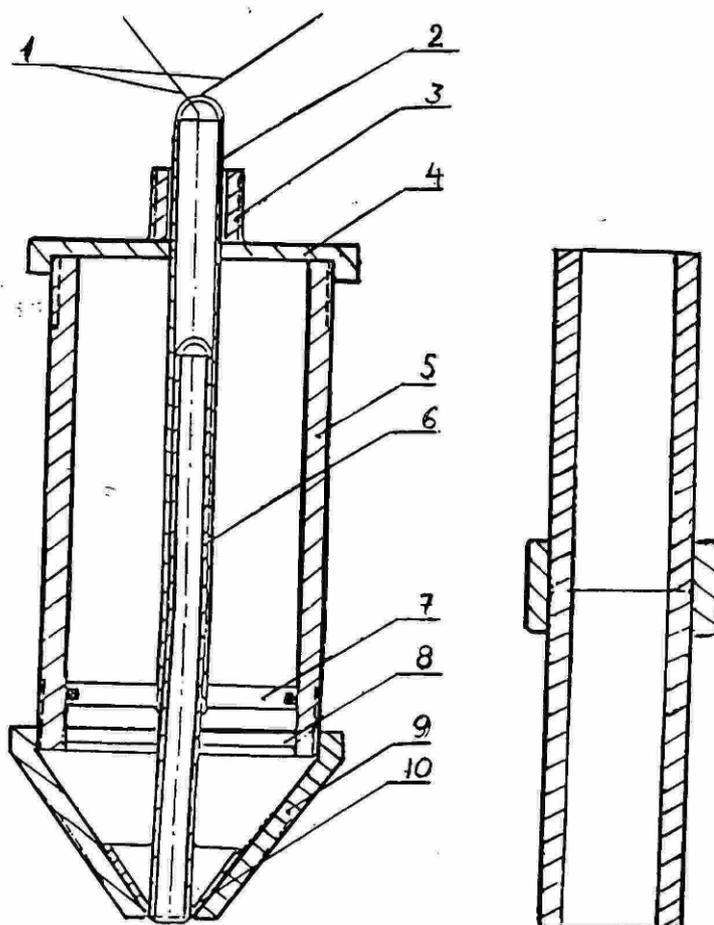
Третья глава посвящена экспериментальной оценке основных характеристик взрывных веществ на основе обратных эмульсий. Экспериментальное исследование взрывчатых характеристик ВВ этого типа имеет ряд особенностей, связанных, в первую очередь, с большим критическим диаметром гильз. Большой критический диаметр, с одной стороны, обеспечивает низкую чувствительность ВВ к механическим воздействиям и, следовательно, позволяет широко механизировать их изготовление и применение, а с другой стороны, требует проведения экспериментов с зарядами большого веса, что влечет за собой отказ от традиционных лабораторных методов исследования. В частности, различные способы определения работоспособности (бомба Трауцля, испытание в мортуре, метод маятника и т.д.) становятся непригодными. Определение характеристик таких взрывчатых веществ приходится проводить в производственных или полигонных условиях. Разработана методика экспериментального определения основных характеристик ВВ на основе обратной эмульсии.

Скорость детонации определялась так называемым непрерывным способом с применением комплекта измерительной аппаратуры VOD Mate («In-

stantel» Канада). Комплект оборудования состоит из двух частей: проводник-датчик и блок регистрирующей аппаратуры VOD Mate. Второй способ, который применялся при выполнении данной работы для замера детонации – это замер D с помощью датчиков и отметчика времени.

Теплота взрыва определяется расчетным путем по уравнениями и уточняется по экспериментальным данным, которые получены при определении тротилового эквивалента.

Качество смешения определялось анализом проб, полученных из колонки заряда с использованием отборника, разработанного и изготовленного с участием диссертанта. Принципиальная схема отборника проб ВВ из скважины представлена на рисунке 3.



1 – тросик, 2 – шток поршня, 3 – соединительный патрубок, 4 – верхняя крышка, 5 – корпус, 6 – шток запорного клапана, 7 – поршень, 8 – пластинка, 9 – нижняя крышка, 10 – запорный клапан.

Рисунок 3 – Принципиальная схема отборника проб ВВ из скважины.

На полигоне Качканарского ГОКа проведены испытания гранэмита И-30 с целью установления скорости детонации при разных плотностях в зарядах разных диаметров. В проведенных испытаниях применялось два типа детонаторов: состоящий из 2-х патронов аммонита 6ЖВ (Ø 32 мм, вес 200 г каждый) и КД-8 с отрезком ОШ; и детонатор состоящий из шашки детонатора БШД-800У и КД-8 с отрезком ОШ. Испытывались заряды диаметром 90,120 и 160 мм и плотностью 1,20; 1,25; 1,35 г/см³. Каждый типоразмер заряда, при каждой из трех плотностей инициировался от каждого типа ПД. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты замеров скорости детонации

Плотность заряда, ρ г/см ³	Скорость детонации, м/с					
	Заряд ЭВВ в гильзе Ø 90 мм		Заряд ЭВВ в гильзе Ø 120 мм		Заряд ЭВВ в гильзе Ø 160 мм	
	ПД, состоящий из 2-х патронов аммонита 6ЖВ Ø 32 мм по 200 г каждый	ПД из шашки-детонатора БШД-800У	ПД, состоящий из 2-х патронов аммонита 6ЖВ Ø 32 мм по 200 г каждый	ПД из шашки-детонатора БШД-800У	ПД, состоящий из 2-х патронов аммонита 6ЖВ Ø 32 мм по 200 г каждый	ПД из шашки-детонатора БШД-800У
1,20	2762	2802	3693	3488	4063	4028
1,25	3073	отказ	3265	3118	4005	3577
1,35	отказ	отказ	1886	3025	2246	3074

Заряды гранэмита И-30 устойчиво детонируют в открытых зарядах 120 мм и более в диапазоне плотностей 1,20 – 1,35 г/см³. Скорость детонации с увеличе-

нием диаметра возрастает, повышение плотности ведет к снижению скорости детонации.

Определение теплоты взрыва было проведено расчетным путем по структурно-химической формуле. Количественное значение этой характеристики уточнялось путем определения эквивалента нового взрывчатого вещества по отношению к штатным ВВ, характеристики которых хорошо исследованы. За эталон в настоящей работе принимали гранулотол и граммонит 79/21. Этот эквивалент определялся по двум методикам: искомый эквивалент является отношением потоков энергий бегущих ударных волн с учетом поправки на разность масс зарядов и множителем α – поправкой заряда в формуле М.В. Садовского. Результаты определения эквивалентов испытуемых ВВ по ударной воздушной волне по отношению к гранулотолу и граммониту 79/21, определенных по отношению потоков энергией бегущих ударных волн представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Эквивалент ЭВВ по отношению к гранулотолу и граммониту 79/21, определенный по энергии бегущих волн

№ гильзы заряда	Масса ВВ в заряде, кг (без учета ПД)	Поток энергии бегущей УВВ, Дж/м ²	Эквивалент h по УВВ относительно гранулотола	Эквивалент h по УВВ относительно граммонита 79/21
1	20,99	15,6	-	-
2	22,26	755,6	0,84	2,8
3	21,4	538,6	0,61	2,0
4	19,24	681,4	0,84	2,77
5	18,96	830,0	1,03	3,4
6	17,71	626,3	0,81	2,69
7	19,78	1084,0	1,3	4,32
8	20,98	632,1	0,73	2,42
9	17,33	474,6	0,62	2,06
10	15,92	637,6	0,89	2,94
11	19,60	538,2	0,65	2,16
12	15,0	691,3	1,0	3,3
13	15,0	208,76	0,3	1,0

Результаты расчетов эквивалента ЭВВ по гранулотолу представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Эквивалент ЭВВ относительно гранулолола, определенный по формуле М.В. Садовского

№ гильзы заряда	Масса ВВ в заряде, кг (без учета ПД)	Давление на фронте УВВ, Па	Эквивалент по гранулололу
1	20,99	22114	
2	22,36	11090	0,82
3	21,4	9090	0,55
4	19,23	10600	0,86
5	18,96	11030	0,94
6	17,71	9690	0,76
7	19,78	12080	1,1
8	20,98	10340	0,69
9	17,33	8960	0,63
10	15,92	9890	0,90
11	19,60	9730	0,69
12	15,0	10180	1,0
13	15,0	6560	0,38

Результаты определения тротилового эквивалента по ударной воздушной волне, проведенные по двум методикам имеют удовлетворительную сходимость. Тротильный эквивалент для гранэмита И-30, имеющего плотность в заряде $1,328 \text{ г/см}^3$, составляет по первой методике в среднем $0,725$, а по второй – $0,685$; для гранэмита И-30 с плотностью $1,236 \text{ г/см}^3$, соответственно, $0,89$ и $0,85$; для гранэмита И-30 с плотностью $1,333 \text{ г/см}^3$, соответственно, $1,0$ и $0,9$.

Используя уравнение

$$D = \sqrt{2Q(n^2 - 1)} , \quad (7)$$

можно определить показатель политропы

$$n = \sqrt{\frac{D^2}{2Q} + 1} . \quad (8)$$

Основные характеристики гранэмита И-30 приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные характеристики гранэмита И-30

Плотность заряда, кг/дм ³	Наименование горючего*	Теплота взрыва, кДж/кг	Скорость детонации, м/с	Показатель политропы	Местная скорость звука, м/с	Скорость распространения продуктов детонации, м/с
1,328	ДТ	2,97	4045	1,94	2669	1375
1,236	И-50	2,52	3791	1,96	2510	1281
1,35	И-40	2,70	2660	1,52	1600	1056

* ДТ – дизельное топливо, И-50 и И-40 – индустриальное масло.

Установлено, что ВВ на основе обратной эмульсии могут перекачиваться насосом при содержании твердого менее 45 %. В этой связи автором работы предложены две принципиальные схемы компоновки смесительно-зарядных машин; для заряжания ВВВ «под столб воды» (рисунок 4) и для заряжания скважин с ее устья (рисунок 5).

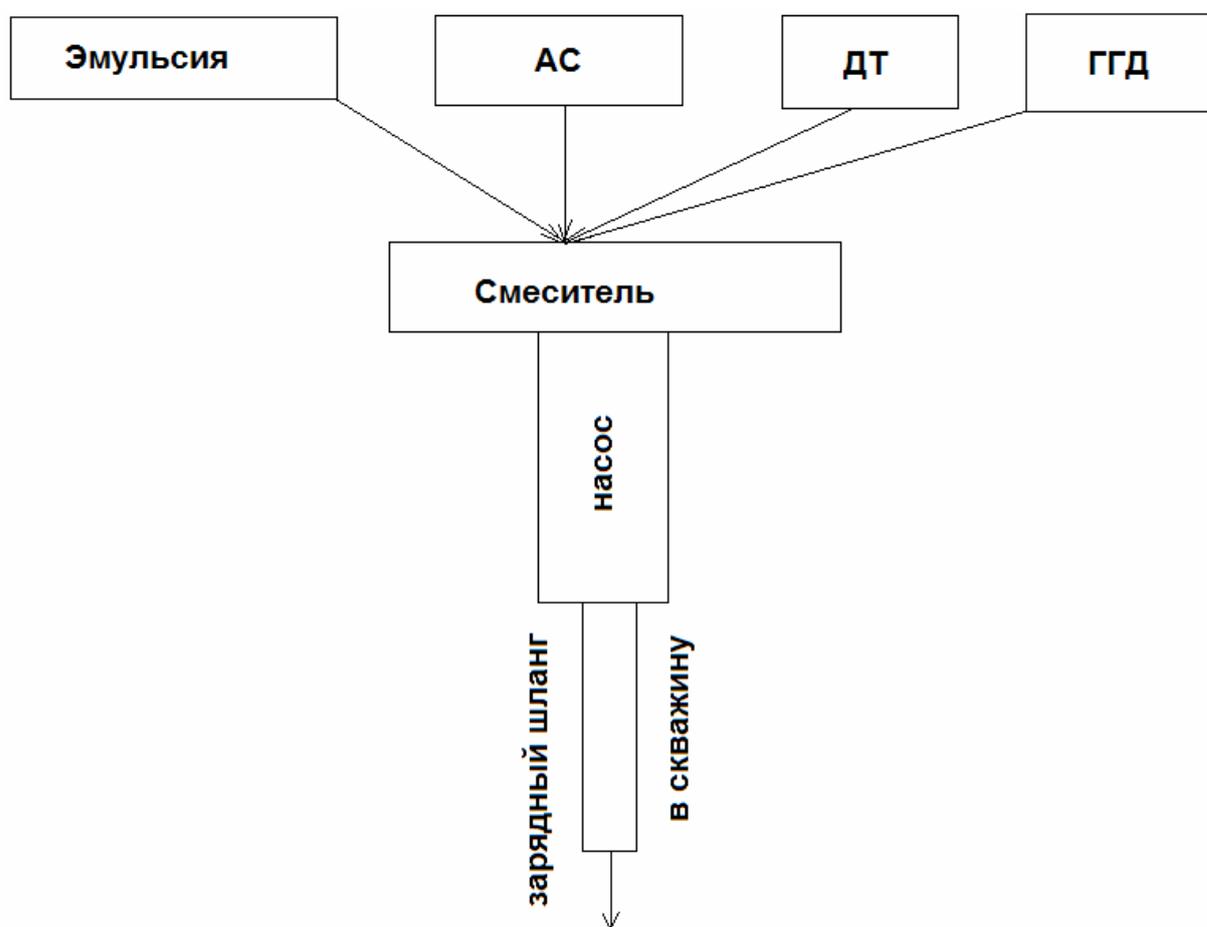


Рисунок 4 – Принципиальная схема СЗМ для приготовления и заряжания гранэмита «под столб воды».

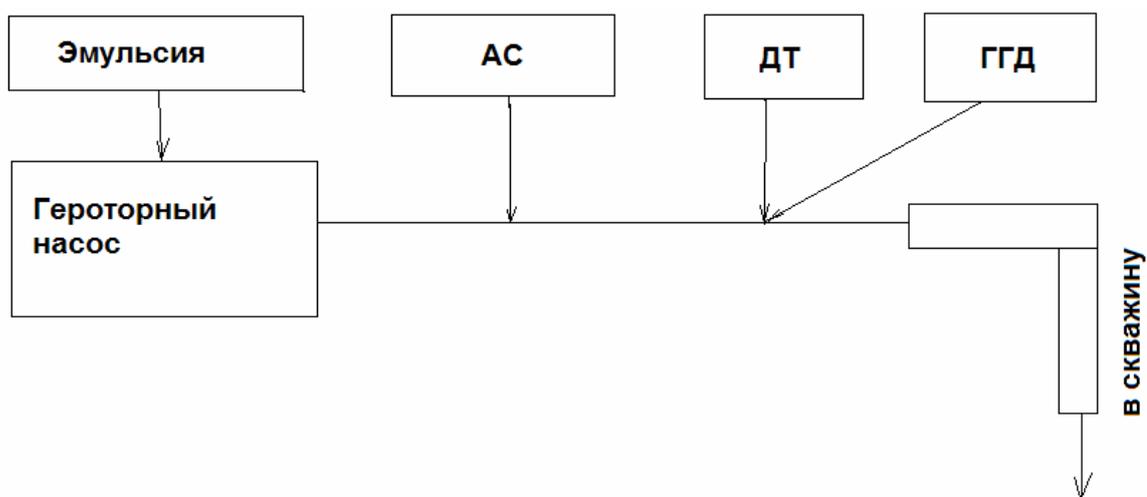


Рисунок 5 – Принципиальная схема СЗМ для приготовления и заряжания гранэмита с устья скважины

Четвертая глава посвящена опытно-промышленной проверке предложенных разработок и оценке эффективности их применения на карьерах. Опытные работы проводились на карьерах ОАО « Качканарский ГОК «Ванадий». Для проведения опытных взрывов выбирались только обводненные блоки, протяженность которых по фронту не менее 50 м. Физико-механические свойства пород принимались по геологической документации и уточнялись сейсмометрическим способом (табл. 5).

Таблица 5 – Физико-механические характеристики пород Гусевогорского месторождения

Порода	Категория взрываемости	$\sigma_{сж}$, МПа	σ_p , МПа	$E, 10^2$ МПа	ν	C_p , км/с	C_s , км/с
Пироксенит диаллаговый	III	94,5	13,4	627,1	0,29	5,64	3,0
	IV	77,3	11,9	629,0	0,14	4,94	3,18

Для зарядки использовалось ВВ на основе обратной эмульсии – гранэмит ОМ-70, аналог гранэмита И-30. Характеристики ВВ определялись по методике, изложенной в гл.2 настоящей работы. Основные показатели ВВ следующие: скорость детонации 3800 м/с, теплота взрыва 2800 кДж, показатель полнотропы 1,95, плотность заряжания $1,25 \cdot 10^3$ кг/м³.

На карьерах ОАО Качканарский ГОК «Ванадий» в породах III-IV категорий взрываемости было проведено 3 экспериментальных взрыва с общим объемом отбитой горной массы 459 000 м³. Основные результаты экспериментальных взрывов приведены в табл. 6.

Экономический эффект от внедрения рекомендаций, может быть получен за счет:

- сокращения объемов бурения (повышения выхода горной массы с погонного метра скважины);
- снижения затрат на ВВ.

Замена гранулолола на гранэмит ОМ-70 позволяет сократить затраты на буровзрывные работы на 10,68 руб. на 1 м³ отбитой горной массы.

Таблица 6 – Основные показатели экспериментальных взрывов

Карьер, № блок, горизонт	Тип ВВ	Породы	Диаметр скважины, мм	Сетка скважин, м	Объем взорванной горной массы, тыс.м ³	Удельный расход ВВ, кг/м ³	Выход негабарита, %
Северный № 1498 блок, гор. 220 м	Гранэмит И-30 (ОМ-70)	Пироксенит диалоговый	269	6,5 × 6,0	211	1,6	1,5
Северный № 1496 блок, гор. 235 м	Гранэмит И-30 (ОМ-70)	Пироксенит диаллаговый	269	6,0 × 6,0	130	2,07	1,4
Северный карьер блок 1496 гор.325 м	Гранэмит И-30 (ОМ-70)	Пироксенит диаллаговый	269	6,0 × 6,0	118	1,79	1,43

Использование гранэмита ОМ-70 взамен гранулолола позволяет улучшить экологическую обстановку в местах ведения взрывных работ за счет снижения выбросов вредных веществ в атмосферу приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты экологической оценки гранулотола и гранэмита

Состав ВВ	Кислородный баланс	Количество вредностей на 1 кг ВВ		
		СО условно, л/кг	Масса выброса, г	Условная масса выброса с учетом агрессивности, г
Гранулотол	-74	345,4	616,8	8036,9
Гранулотол в воде	-56,8	265	473,2	6124,7
Гранэмит (ОМ-70)	До +0,1	21,7	114,1	1339,6

Условная масса выброса с учетом агрессивности на 1 кг ВВ при использовании гранэмита ОМ-70 вместо гранулотола в обводненных условиях снижается в 4,5 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе в результате выполненных автором исследований дано решение актуальной задачи – повышение эффективности и безопасности взрывной подготовки горной массы к выемке на карьерах за счет применения ВВ на основе обратных эмульсий, что позволяет в широком диапазоне регулировать их энергетические и детонационные характеристики составов в процессе приготовления и заряжания скважин в зависимости от конкретных горнотехнических условий.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Разработана методика расчета теплоты взрыва взрывчатых веществ на основе обратной эмульсии, учитывающая их особенность, связанную с наличием в компонентном составе воды, а также определения других основных характеристик ВВ этого типа.

2. Основой для разработки составов ЭВВ с требуемыми взрывными и технологическими свойствами является установленная в работе многофактор-

ная зависимость между компонентным составом и плотностью, водоустойчивостью, тепловыми и энергетическими характеристиками взрывчатого вещества.

3. Разработаны экспериментальные методы определения основных характеристик гранэммитов, таких как давление на фронте ударной волны, скорость детонации, показатель политропы, эквивалент нового взрывчатого вещества по отношению к ВВ, характеристики которых детально изучены (гранулотол, граммонит), скорость истечения продуктов детонации путем проведения исследований с применением комплекта приборов фирмы Instantel (Канада) в составе приборов VOD Mate и Mini Mate.

4. Проведены экспериментальные определения основных взрывных и технологических характеристик некоторых типов гранэммитов. Установлено, что при содержании в их составе эмульсии 70 % они являются водоустойчивыми и могут подаваться в скважину насосом под столб воды, при содержании эмульсии 30-50 % такие составы условно водоустойчивые, они могут применяться в слабообводненных условиях и должны заряжаться с устья скважины. Составы, в которых эмульсии 30 % и менее – неводоустойчивые и могут применяться в необводненных породах. Их зарядание должно производиться с устья скважины. Установлено, что показатель политропы – важнейший показатель свойств ВВ, для каждого типа ВВ имеет свое значение, т.е. является величиной переменной.

5. Разработаны принципиальные компоновочные схемы смесительно-зарядных машин (СЗМ) для изготовления гранэммитов и зарядания ими взрывных скважин. Схема, предусматривающая зарядание ВВ с устья скважины, реализована с участием диссертанта при создании МЗГ-10. Машина прошла приемочные испытания, на нее получен допуск к постоянному применению, и в настоящее время она эксплуатируется на карьерах ОАО «Ураласбест».

6. Основные результаты работы и практические рекомендации использованы при разработке ресурсосберегающей технологии взрывного разрушения локальных массивов горных пород на карьерах ОАО «Ванадий». Экономический эффект от использования результатов исследований составляет 10,68 руб.

на каждый кубометр отбитой горной массы. Кроме того, использование гранэмита ОМ-70 взамен гранулотола существенно улучшает экологическую обстановку в местах производства взрывных работ. Выброс условных вредностей с учетом агрессивности в обводненных условиях сокращается более чем в 4,5 раза.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

1. Маторин А. С. Технология и средства механизации для приготовления гелеобразных водосодержащих ВВ и зарядание взрывных скважин / А. С. Маторин, В. Г. Шеменев, В. А. Сеницын // Горн. журн. - 1993. - № 9-10. - С. 26 - 27.

2. Способ зарядания водосодержащих ВВ в обводненные и трещиноватые скважины / В. Г. Шеменев, В. А. Сеницын и др. // Горн. журн. - 1996. - №11-12. - С. 58-59.

3. Исследование энергетических и детонационных характеристик водосодержащих ВВ с пониженным содержанием тротила / А. С. Маторин, В. Г. Шеменев, В. А. Сеницын и др. // Всероссийское совещание по взрывным работам: Взрыв 97/ Кузбассразрезуголь. - Междуреченск, 1997. - С. 30 - 35.

4. Совершенствование технологии зарядания обводненных скважин на карьерах Качканарского ГОКа / В. Г. Шеменев, В. А. Сеницын и др. // Проблемы геотехнологии и недроведения (Мельниковские чтения): докл. Междунар. конф. (6-10.07.98): в 4 т.: т. 1. - Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 1999. - С. 298-306.

5. Сеницын В. А. Исследование работоспособности порэмита и штатных ВВ / В. А. Сеницын, В. П. Ветлужских, Г. Н. Хрущев // Изв. вузов. Горн. журн. - 1999. - № 9-10. - С. 5 - 10.

6. Хрущев Г. Н. Опыт применения игданита на горных предприятиях / Г. Н. Хрущев, В. С. Соколов, В. А. Сеницын // Изв. вузов. Горн. журн. - 1999. - № 9-10. - С. 10-13.

7. Результаты приемочных испытаний гранэмита марки И-50 в условиях карьеров ОАО Ураласбест / А. С. Андреев, А. П. Дресвянников, А. А. Котяшев, А. С. Маторин, В. Ю. Попов, В. Г. Шеменев, В. А. Сеницын // Изв. вузов. Горн. журн. - 1999. - № 9-10. - С. 22 - 27.

8. Способы зарядания взрывных скважин акватоллами / В. А. Сеницын и др. // Физические проблемы разрушения горных пород: сб. трудов Второй междунар. науч. конф., 25-29.09.2000: в 2 ч.: ч. 1 / СПГГИ. - СПб, 2001 (2002). - С. 217 - 220. - (Записки горного института. - Вып. 148).

9. Сеницын В. А. Совершенствование смесительно-зарядных машин для водосодержащих ВВ / В. А. Сеницын // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: Международ. науч.-техн. конф.: чте-

ния памяти В.Р. Кубачека, посв.70-летию со дня рождения В. А. Масленникова / УГГГА. - Екатеринбург, 2002. - С. 29 - 35.

10. Сеницын В. А. Математическая модель разрушения горных пород взрывом скважинного заряда ВВ / В. А. Сеницын // Изв. вузов. Горн. журн. - 2002. - № 4. - С. 73-76.

11. Сеницын В. А. Обоснование параметров перистальтического насоса для зарядно-смесительных машин / В. А. Сеницын // Изв. вузов. Горн. журн. - 2002. - № 5. - С. 47 - 49.

12. Павлютенков В. М. Влияние качества дробления горной массы на эффективность карьерного автотранспорта / В. М. Павлютенков, В. А. Сеницын // Проблемы карьерного транспорта (Материалы к междунар. науч.-техн. конф. / ИГД УрО РАН. - Екатеринбург, 2002. - С. 239 -243.

13. Павлютенков В. М. Водосодержащие взрывчатые вещества и дробящее действие взрыва / В. М. Павлютенков, В. А. Сеницын / Проблемы открытой разработки недр и обогащения полезных ископаемых: докл. Междунар. конф., 15-17 мая 2003 / ДТП ИГД им. Д. А. Кунаева. - Житикара. 2003 - С. 78 - 83.

14. Опыт применения акваторов на карьерах ОАО Качканарский ГОК «Ванадий» / В. Г. Шеменев, Я. М. Пучков, В. А. Сеницын и др. // Сб. науч. труд./ИГД УрО РАН.-Вып. 1(91). - Екатеринбург, 2003. -С. 169-176.

15. Сеницын В. А. Совершенствование смесительно-зарядных машин для приготовления водосодержащих взрывчатых веществ / В. А. Сеницын, В. Г. Шеменев // Горные машины и автоматика. - 2003. - № 6. - С. 30 - 33.

16. Павлютенков В. М. Влияние свойств взрывчатых веществ на качество дробления горной массы / В. М. Павлютенков, В. А. Сеницын //Тяжелое машиностроение: науч.- техн. и произв. журн. - 2003. - N 1. - С. 28 - 32.

17. Сеницын В. А. Зарядание водосодержащих взрывчатых веществ (ВВВ) при отрицательных температурах / В. А. Сеницын // Современное состояние и перспективы развития горнодобывающих отраслей промышленности: материалы 2-й Международной научно-практической конф./ РГП «Нац. центр по комплексной переработке минерального сырья РК».- Рудный, 2004. - С. 230 - 231.

18. Методика и результаты районирования массива во взрывных блоках на карьерах ОАО «Качканарский ГОК «Ванадий» / А. В. Яковлев, Н.И. Ермаков, В. А. Сеницын // Основные направления создания и совершенствования буровой техники и инструментов для проходки взрывных скважин: сб. науч.тр. междунар. науч.-техн. конф./ ИГД УрО РАН. - Екатеринбург, 2005. - С. 171 -184.

19. Сеницын В. А. Влияние кусковатости взорванной массы на производительность карьерного транспорта / В. А. Сеницын // Проблемы карьерного транспорта: материалы к 8 междунар. науч.-техн. конф., 20-23 сентября 2005 / ИГД УрО РАН. - Екатеринбург, 2005. - С. 163 -167.

20. Маторин А. С. Принципы формирования водосодержащих ВВ и определение их характеристик / А. С. Маторин, В. А. Сеницын, П. В. Меньшиков // Уральский горнопромышленный форум: Горное дело. Оборудование. Технологи-

гии: 1 межрегиональная спец. выставка и науч.- техн. конф.: сб. докл. / КОСК «Россия». Выставочный центр, ИГД УрО РАН. -Екатеринбург: УрО РАН, 2006.- С. 126 - 128.