

Отзыв

официального оппонента

на диссертационную работу Султанова Егора Витальевича
«Методология разработки экологичных эффективных высокоэнергетических
эмульсионных взрывчатых составов», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. Химическая
технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Актуальность диссертационного исследования.

Устойчивое развитие Российской Федерации во многом определяется минерально-сырьевой базой. Месторождения твердых полезных ископаемых (рудных, нерудных, горючих) занимают существенную часть потенциала минерально-сырьевых ресурсов. При этом существуют такие проблемы, как исчерпание запасов освоенных месторождений, осложненные горнотехнические, гидрогеологические, природные, климатические, инфраструктурные условия обеспечения жизнедеятельности горных предприятий.

В физико-технической геотехнологии (открытой и подземной) изменение структурного состояния массива горных пород выполняют взрывным способом. Роль инструмента выполняют, в основном, промышленные аммиачно-селитренные взрывчатые вещества, включающие два вида – сыпучие гранулированные и наливные эмульсионные. Первые – это простые механические смеси компонентов, высокоэкономичные; вторые – изготовленные по сложной технологии, включающей процессы нагрева, растворения, эмульгирования, гомогенизации, сенсibiliзации, более дороги; превосходят первый вид по водостойкости и детонационным параметрам.

Вопросы экологических последствий использования и эффективности применения ПЭВВ при отбойке горных пород должны затрагивать не только вопросы образования загрязняющих веществ, таких, как оксиды углерода и азота. Компонентный состав ПЭВВ включает в качестве горючего компонента жидкие нефтепродукты. Используемые нефтепродукты содержат суру (элементарная, меркаптаны). В дизельном топливе ГОСТ 305 массовая доля серы не должна превышать 2000 мг/кг и меркаптановой – 0,01%. Для промышленных масел массовая доля серы составляет 1-1,1%. При использовании ПЭВВ на массовых взрывах выделяются оксиды серы, что которые служат источником образования «кислотных дождей». К вопросу эффективности. Для отбойки крепких горных пород и руд в состав ПЭВВ входит энергетическая добавка в виде порошкового алюминия, который в продуктах взрыва выделяется в виде конденсированного оксида. В алюминизированных составах содержание металла достигает 10% и более. Таким образом, при использовании в названии работы определений

«...экологичных эффективных...», на взгляд оппонента, логически обоснованно могли быть рассмотрены вышеназванные параметры.

При этом актуальность выбранной темы с учетом объема применения промышленных взрывчатых веществ в промышленности и, в частности, наливных составов не вызывает сомнений. Подтверждением своевременности и необходимости разработки темы служат данные по объему выбросов вредных продуктов взрыва. В 2024 году, по данным автора, выброс в атмосферу оксидов азота и монооксида углерода при ведении взрывных работ составил 162 тыс. т и 614,5 тыс. т соответственно.

Достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций обеспечена использованием современного аналитического оборудования, основанного на признанных и принятых методах анализа, четким планированием целей и задач исследования, опорой на современную научную базу. Апробация результатов научного исследования совершена при подготовке НИОКР в компании АО «НИТРО СИБИРЬ», по результатам которой подготовлен акт о внедрении.

Проведем анализ содержания диссертации с позиции рассматриваемого подхода. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 110 наименований, и приложения. Общий объем работы – 112 страниц, включая 45 рисунков, 18 таблиц, 28 формул.

Краткая характеристика диссертации.

Во введении рассматриваются вопросы обоснованности изучения экологических аспектов применения ПЭВВ, изложены цель и идея работы, на основе которых сформулированы основные задачи исследований.

В первой главе анализируется применение ПЭВВ с учетом влияния токсичных продуктов взрыва на окружающую среду и человека. Рассмотрены механизмы образования оксидов азота, влияние КБ на газовый состав смесевых составов, а также газообразование при химической сенсбилизации эмульсии.

Во второй главе исследуются подходы к компоновке рецептур эмульсионных матриц для ПЭВВ. Рассмотрены способы измерения газовой вредности ПЭВВ и проведено их сравнение, обосновывающее возможность снижения масштаба испытаний в лабораторных условиях. Исследованы вопросы взрывной эффективности ПЭВВ при изменении их компонентного состава.

Третья глава посвящена исследованию влияния состава ПЭВВ на их экологичность. Для исследования продуктов взрыва зарядов ПЭВВ малого диаметра смонтирован стенд на основе бомбы Бихеля, абсорбционного газового хроматографа и хемилюминесцентного газоанализатора. На стенде исследованы модельные заряды ПЭВВ для подземного заряжания с низким

содержанием воды и с содержанием воды 16 % воды, что соответствует заряданию в скважины.

Четвертая глава посвящена исследованию детонационных параметров ПЭВВ на основе эмульсионной матрицы ЭНА с учетом влияния состава матрицы, методов сенсбилизации и добавок ПАВ.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации. Автореферат диссертации, а также опубликованные печатные работы в полной мере отражают основные положения, изложенные в диссертационной работе «Методология разработки экологичных эффективных высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов».

Полнота изложения материалов исследований в публикациях автора. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 2 статьи в изданиях, индексируемых в международной базе данных Chemical Abstracts. Результаты научного исследования были представлены на научных мероприятиях всероссийского и международного уровня: опубликовано 5 работ в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов.

Новизна теоретических положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

1. Впервые экспериментально получены составы продуктов детонации ПЭВВ в среде азота, исключаяющей их вторичные преобразования при контакте с атмосферой.
2. Впервые экспериментально показано смещение фактического минимума газовой вредности от расчетного брутто стехиометрического соотношения, обуславливаемое особенностями прохождения химических реакций в гетерогенной структуре эмульсионной матрицы рассматриваемого вида высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов.
3. На основе оценки площади контакта эмульсионной матрицы с сенсбилизатором, а также результатов измерений параметров детонации и состава продуктов взрыва для высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов с различными способами сенсбилизации предложено обоснование наблюдаемых особенностей протекания детонационного процесса в ПЭВВ. Обоснование учитывает сочетанное влияние состава эмульсионной матрицы и вида сенсбилизатора.
4. Впервые сформированы критерии оптимизации рецептур эмульсионных взрывчатых составов, одновременно учитывающие параметр газовой вредности и детонационные характеристики конечного состава.

Наиболее существенные научные результаты, полученные лично автором.

1. Предложен метод лабораторного анализа продуктов взрыва зарядов малого диаметра с помощью разработанного лабораторного стенда на основе бомбы Бихеля в паре с абсорбционным газовым хроматографом и хемиллюминесцентным газоанализатором.
2. Показано существование области минимума газовой вредности в отрицательной области кислородного баланса.
3. Установлено, что горючий сенсibilизатор снижает газовую вредность в составах с положительным и нулевым кислородным балансом и увеличивает при отрицательном.
4. Обнаружено, что в области слабоотрицательного кислородного баланса влияние сенсibilизатора не значительно.
5. Показано, что в области минимального влияния сенсibilизатора на газовую вредность варьирование сенсibilизатора способствует улучшению детонационных характеристик. Использование горючей микросферы увеличивает максимальное давление взрыва.

Теоретическая и практическая значимость работы:

– предложен новый подход к экспериментальному лабораторному определению газовой вредности высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов с помощью разработанного лабораторного стенда на основе бомбы Бихеля при использовании зарядов малого диаметра и массы;

– установлены технические закономерности позволяющие управлять образованием вредных продуктов взрыва при использовании высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов;

– предложены и обоснованы критерии оптимизации рецептур высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов, способствующие снижению образования вредных продуктов взрыва, выбрасываемых в окружающую среду, при сохранении эффективности результирующих детонационных характеристик и определены их значения;

– на основе критериев оптимизации разработаны рекомендации по созданию и совершенствованию существующих рецептур высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов.

– результаты работы могут быть использованы для формирования единой методологии разработки высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов, в которой будут учитываться не только важные эксплуатационные характеристики, но и их влияние на окружающую среду.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на следующих международных и всероссийских конференциях: V и VI Международных конференциях молодых ученых по проблемам техносферной безопасности

(г. Москва, 2022 г. и 2024 г.), XVIII и XX Международные конгрессы молодых ученых по химии и химической технологии (МКХТ-2022, МКХТ-2024) (г. Москва, 2022 г. и 2024 г.), Заседание Научного Совета РАН по проблеме «Народнохозяйственного использования взрыва» (г. Москва, 2023 г.), Образование и наука для устойчивого развития: XV Международная научно-практическая конференция (г. Москва, 2023 г.), Техногенная и природная безопасность. Медицина катастроф. SAFETY-2023: VII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием (г. Саратов, 2023 г.), Международные научные симпозиумы «Неделя горняка-2024» и «Неделя горняка-2025» (г. Москва, 2024 г. и 2025 г.).

Защищаемые положения.

1. На основании сходимости с литературными данными результатов анализа продуктов взрыва разработанной методикой, экспериментально подтверждается возможность проведения исследований газовой вредности высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов лабораторными испытаниями малых зарядов во взрывных камерах небольшого объема.
2. Обосновывается и экспериментально подтверждается существование области кислородного баланса эмульсионной матрицы, соответствующей минимальной газовой вредности высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов, отличной от брутто стехиометрического соотношения компонентов.
3. Экспериментально показано влияние сенсibilизатора на газовую вредность высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов в разных областях кислородного баланса.
4. Экспериментально выявлена независимость состава образованных продуктов взрыва в диапазоне кислородного баланса соответствующему минимальной газовой вредности от микроструктуры рассматриваемого типа высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов.
5. Сформированы критерии оптимизации существующих высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов позволяющие понизить их газовую вредность без снижения детонационных характеристик.
6. Разработаны рекомендации, дополняющие существующие подходы к разработке рецептур высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов с учетом влияния компонентов на газовую вредность.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. Не прослеживается связь текстового изложения при определении влияния кислородного баланса на выделение оксидов азота при применении АСДТ и рис. 1, т.к. не приводятся пояснения какие типовые составы рассматриваются.

2. Автор диссертации не вполне корректно показывает технологические особенности связи способов разработки месторождений в словах: «Недавний рост горнодобывающей промышленности и постоянный переход от подземной добычи к работам на открытых карьерах усугубила опасность выбросов [5].» (Стр.14).
3. Выражение: «При использовании индивидуальных ВВ окислитель и горючее находятся в пределах одной молекулы.» некорректно (стр. 20). Термин окислитель и горючее, по общепринятым правилам, относится к веществам, а не к молекулам.
4. Выражение: «Первый метод связан с зарядания скважин, например, применение гидрозабойки для снижения образования оксидов азота.» (гл.2.1. стр.29) не соответствует механизму образования токсичных продуктов взрыва в результате химических реакций. Здесь представлен технологический прием при ведении взрывных работ, снижающий выброс оксидов азота в атмосферу за счет их поглощения водой.
5. В контексте оценки экологического воздействия, автор не рассматривает влияние загрязняющих веществ таких, как оксиды углерода и азота при ведении взрывных работ на атмосферу, воду и почву. Такая оценка производится с использованием величины нагрузки на тот или иной компонент природной среды для широкого спектра загрязняющих газообразных (оксиды углерода, азота) и конденсированных веществ (оксиды и соли металлов), что показано на примере конверсионных ВВ (работы Папичева В.И. и Франтова А.Е.).
6. В диссертации встречаются опечатки, например: В таблице 3 в представленных характеристиках для ПЭВВ Титан по плотности и в других местах.

Оставшиеся замечания были сняты при обсуждении с автором диссертации. Отмеченные замечания ни в коей мере не умаляют ценность научной работы и носят уточняющий характер.

Общее заключение по диссертационной работе.

Диссертационная работа Султанова Егора Витальевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена задача снижения экологической нагрузки от добычи полезных ископаемых при использовании эффективных экологичных марок ПЭВВ.

Учитывая изложенное, можно заключить, что представленная научная работа на тему: «Методология разработки экологичных эффективных высокоэнергетических эмульсионных взрывчатых составов» по актуальности, объёму исследований, научной новизне, теоретической и практической значимости удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным Положением о порядке присуждения ученых

степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева», утвержденным приказом и.о. ректора РХТУ им. Д. И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, Султанов Егор Витальевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ (технические науки). Работа полностью соответствует паспорту специальности.

Официальный оппонент:

доктор технических наук по специальности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»,

ведущий научный сотрудник отдела № 5 «Отдел проблем геомеханики и разрушения горных пород» ФГБУН «Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова» Российской академии наук

11

Франтов Александр Евгеньевич

Адрес: 111020, г. Москва, Крюковский туп., д.4.

Телефон (моб.): +7 977 7207748

Адрес электронной почты: ya@afrantov.ru

Подпись Александра Евгеньевича Франтова подтверждаю
Заведующий отдела кадров ИПКОН РАН

Уварова Т.В.

05.05.2026

