

## Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Галимьянова Алексея Алмазовича на тему: «ОБОСНОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6 - Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика

Сырьевая база ДФО Российской Федерации является основой топливно-энергетической отрасли промышленности региона (уголь, нефть, газ, уран), черной и цветной металлургии, редких и щелочноземельных металлов (железорудное сырье, золото - россыпное и рудное, серебро, олово, медь, свинец, цинк, свинец, вольфрам, молибден, бериллий), атомной промышленности, электроники, медицины, химической промышленности, строительной сферы (флюорит, бор, местные строительные материалы).

Масштабы горных работ иллюстрируют такие цифры - в 2021 году добыча угля составила 82,3 млн т, в 2024 году добыча золота в ключевых золотодобывающих регионах ДФО (Республика Саха (Якутия), Забайкальский край, Хабаровский край, Амурская область, Магаданская область, Чукотский авт. округ) достигла 197,3 т, олова добыто 800 тонн (Якутия). На ведение горных работ влияют природные и климатические условия рассматриваемой территории, экономико-географические характеристики размещения месторождений, геокриологические условия и характеристики мерзлых пород, другие факторы.

Устойчивое развитие Дальневосточного региона базируется в государственной политике на реализации национальных и государственных программ (Национальная программа социально-экономического развития Дальнего Востока на период до 2024 года и на перспективу до 2035 года, Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Дальневосточного федерального округа»). Интенсификация разработки угольных месторождений актуальна для Дальнего Востока. Теплоэнергогенерация в северных условиях является важным аспектом жизни людей, работы культурно-бытового сектора, горнодобывающей промышленности и строительной отрасли. Дальневосточный федеральный округ, обладая 12,8% геологических запасов угля в России, при этом добываемые объемы угля способны удовлетворить потребность региона в котельно-печном топливе, что является важным аспектом в решении государственных социально-экономических задач.

Актуальность избранной темы в физико-технической геотехнологии обусловлена необходимостью совершенствования процессов добычи при разработке месторождений открытым способом. Большинство месторождений твердых полезных ископаемых отрабатывается открытым способом с использованием буровзрывных работ. Увеличение единичного объема массового взрыва является путем улучшения технико-экономических показателей технологии. При взрывании в зоне мерзлых пород происходит частичное разрушение скважин, что приводит к изменению параметров зарядной полости и требует повторного бурения. На угольных разрезах это приводит к изменению проектных параметров БВР, вследствие чего ухудшается дробление, увеличивается расход ВВ, возрастает разлет кусков и усиливается сейсмический эффект.

Автор в работе сосредоточился на решении задачи повышения безопасности и эффективности разработки сложноструктурных угольных месторождений Дальнего Востока в условиях криолитозоны за счет стабилизации объема зарядной полости взрывных скважин при увеличении единичного объема взрывного блока, в результате чего предложены инновационные технические и технологические решения, имеющие важное значение для развития горнопромышленного комплекса Дальневосточного региона.

Работа базируется на результатах, выполненных в 2010–2025 гг. при непосредственном участии и под руководством автора, в том числе по плановым темам НИР Института горного дела ДВО РАН: «Развитие научных основ эффективных и экологически безопасных инновационных технологий освоения месторождений полезных ископаемых Дальнего Востока России» (ГР № АААА-А18-118020590026-4), «Развитие научных основ эффективных и экологически безопасных инновационных геотехнологий освоения полезных ископаемых Дальнего Востока России» (ГР № 122042900005-5).

**Достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций** обеспечена:

- представительным объемом экспериментальных данных, получаемых с использованием методов измерений и современной измерительной аппаратуры, позволяющих получить достоверную информацию о параметрах быстропротекающих процессов;
- соответствием фундаментальным положениям теории взрывной подготовки массива горных пород к выемке;
- удовлетворительной сходимостью результатов экспериментальных исследований с практическими данными производственной деятельности;
- широкой апробацией в технологии взрывания на угольных разрезах Дальневосточного региона в зоне мерзлых пород.

Проанализируем содержание диссертации с позиции рассматриваемого подхода. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, литературных ссылок и приложения.

**Во введении** рассматриваются вопросы обоснованности разрабатываемых тематических подходов, изложены цель и идея работы, на основе которых сформулированы основные задачи исследований.

**Краткая характеристика диссертации.** В первой главе проведен анализ технологических решений, направленных на увеличение масштабов массовых взрывов при разработке месторождений открытым способом, а также анализируются тенденции для обеспечения устойчивости параметров БВР в зоне мерзлых осадочных пород.

Во второй главе исследуются технические и технологические параметры наливных эмульсионных взрывчатых веществ при формировании скважинных зарядов в условиях ведения взрывных работ в криолитозоне. Систематизируются методы оценки качества эмульсионных взрывчатых веществ и при проведении натурных измерений, анализируется влияние таких факторов, как геометрические характеристики скважинного заряда, детонационные параметры процесса (скорость взрывчатого превращения, взаимосвязь иницирующей способности средств иницирования и восприимчивости к детонации наливного эмульсионного ВВ). С учетом результатов проведенных исследований, подтвержденных опытом ведения работ, предложен метод обеспечения устойчивости проектных параметров скважинного заряда из наливных эмульсионных взрывчатых веществ.

В третьей главе разработанные автором технические решения направлены на совершенствование технологических вопросов взрывания многолетнемерзлых гравийно-галечниковых пород на угольных разрезах Дальневосточного региона. Методы подготовки взорванной горной массы (камуфлетно-скважинный), разработанные с учетом влияния глубины промерзания взорванных гравийно-галечниковых пород на параметры погрузочной горной техники, позволяют улучшить показатели взрыва: увеличить минимально допустимый единичный объем массового взрыва, уменьшить удельный расход ВВ, повысить выход горной массы с 1 м скважины, сократить длину перебура скважин до высоты отметки нижней бровки уступа.

В четвертой главе диссертации дается решение задачи определения рационального объема массового взрыва на основе сформированного методического аппарата, включающего учет состояния детонации наливных эмульсионных ВВ в скважине, параметров и показателей взрывания (межскважинное замедление, замедляющие устройства, грансостав отбитой горной массы), показателей сейсмического взрывания, производительности механизмов при экскавации и транспортировании горной массы. Для практических видов взрывного импульса (детонаторы НСИ 500) выявлена

сильная зависимость среднего фактического значения отклонения времени замедления относительно номинала при снижении температуры.

В пятой главе исследуются вопросы влияния параметров взрывания на характер действия взрыва, в частности, дальность разлета кусков взорванной горной массы при отбойке горных пород на открытых горных работах в условиях криолитозоны. Предложен научно-методический аппарат, позволяющий оптимизировать параметры массовых взрывов на угольных разрезах в условиях мерзлых пород на основе оптимизации объема взрываемого блока при взрывании под укрытием с удлинённым общим временем замедления взрыва.

В шестой главе представлена концептуальная модель повышения уровня безопасности и эффективности БВР, а также дана оценка эффективности и безопасности предложенных инновационных взрывных технологий, направленных на адаптацию параметров БВР к условиям ведения работ на исследуемом объекте. Анализируется влияние фактора углубления угольных разрезов равнинного типа на планирование БВР в зоне мерзлых осадочных пород.

В Заключении отражены обобщенные научные выводы проведенных исследований в соответствии с поставленными целями и задачами. Приведены результаты внедрения инновационных технологий БВР в условиях криолитозоны на угольных разрезах Дальневосточного региона.

**Соответствие содержания автореферата** основным положениям диссертации. Автореферат диссертации, а также опубликованные печатные работы в полной мере отражают основные положения, изложенные в диссертационной работе «**ОБОСНОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ**»

**Полнота изложения материалов исследований** в публикациях автора.

Все основные результаты исследований полностью опубликованы автором в 65 печатных работах, включая: 2 монографии, 43 статьи в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования (из которых 37 – в изданиях, включенных в международные базы научного цитирования SCOPUS и Web of Science), 20 патентов (13 на изобретения и 7 на полезную модель).

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

1. Установлена взаимосвязь между отклонениями параметров БВР в пределах исследуемого объекта и вариантноностью объема зарядной полости взрывных скважин.
2. Выявлены закономерности процесса обрушения стенок взрывных скважин различной высоты (11 и 17 м), заключающиеся в установленной его зависимости от высоты столба и времени обрушения стенок скважин и от долей скважин, подверженных данному процессу.

3. Предложена методика оптимизации процесса обуривания 10-метрового уступа, базирующаяся на установленной корреляционной зависимости между объемом зарядной полости скважин и уровнем воды в них, а также на учете долей скважин с зарядной полостью определенного объема и величиной данного объема.
4. Обоснованы принципы применения максимального фактического значения диаметра заряда для расчета безопасных расстояний от воздействия взрыва с учетом максимально возможного значения объема зарядной полости.
5. Установлена взаимосвязь между колебаниями объема зарядных полостей и ухудшением детонации зарядов из наливных эмульсионных взрывчатых веществ, которая обуславливает зависимость между увеличением выхода негабарита от 2 до 7% и временем нахождения данных ВВ в скважине.
6. Установлена закономерность, заключающаяся в обратной зависимости между увеличением глубины промерзания взорванных гравийно-галечниковых пород при традиционном взрывании до 3,32 м и снижением производительности экскаватора до 57% от нормативной.
7. Научно обоснован камуфлетно-скважинный метод для взрывной подготовки к выемке гравийно-галечниковых пород, позволяющий повысить производительность экскаватора в 1,3 раза при снижении глубины промерзания пород в 1,9 раза.
8. Разработан и внедрен метод параметрической устойчивости скважинных зарядов в условиях зоны мерзлых полускальных пород и межмерзлотных вод, дающий возможность стабилизировать ключевые проектные параметры БВР (сетка скважин, высота и диаметр заряда) для повышения безопасности и эффективности взрывной отбойки.
9. Разработана технология взрывания под отдельным укрытием при ведении БВР по мерзлым гравийно-галечниковым породам с применением камуфлетно-скважинного метода, позволяющая увеличить единичный объем взрывного блока за счет удлинения общего времени замедления взрыва более чем на 200 мс и сократить безопасное расстояние по разлету кусков взорванной горной массы в 4 и более раз.

**Наиболее существенные научные результаты, полученные лично автором.**

1. Выявлены особенности негативного влияния фактора вариативности объема зарядной полости на безопасность и эффективность БВР при обрушении взрывных скважин в зоне мерзлых горных пород и увеличении объема взрывного блока.
2. Для условий Ургальского месторождения разработана технология адаптации параметров БВР к условиям мерзлых полускальных пород, реализуемая оперативным формированием конструкции рассредоточенного заряда, стабилизирующим его проектные параметры.

3. Разработан камуфлетно-скважинный метод взрывной подготовки к выемке многолетнемерзлых гравийно-галечниковых пород, предусматривающий повышенный дезинтегрирующе растепляющий эффект за счет инициирования нижней части заряда с задержкой более суток относительно верхней и применения увеличенного межскважинного замедления.
4. Установлена взаимосвязь между изменением скорости детонации скважинного заряда наливного эмульсионного ВВ и условиями его применения на стадиях изготовления ВВ и формирования скважинного заряда.
5. Обоснованы принципы проведения измерений скорости детонации скважинных зарядов эмульсионных ВВ в комплексе с измерениями скоростей детонации наружных удлиненных зарядов и промежуточных детонаторов.
6. Выявлена взаимосвязь между повышением отклонения срабатывания детонаторов неэлектрических систем инициирования и снижением температуры окружающей среды.
7. Для обеспечения допустимого уровня безопасности и эффективности взрывного разрушения массива мерзлых горных пород определена необходимость увеличения суммарного интервала замедления.
8. Для условий Ургальского угольного месторождения установлена взаимосвязь между увеличением глубины взрывных скважин и снижением дальности разлета кусков взорванной горной массы.
9. Предложена методика оценки эффективности планирования буровзрывных работ в условиях криолитозоны, учитывающая взаимосвязь между затратами на БВР и углублением разреза, выраженную через показатель относительных затрат.

**Практическое значение диссертационной работы и реализация ее результатов** заключается в создании научно обоснованных и экспериментально апробированных методов повышения эффективности и безопасности буровзрывных работ на угольных разрезах Дальневосточного региона в условиях мерзлых осадочных пород, основанных на повышении эффективности использования взрывных скважин.

**Апробация работы.** Основные полученные научные результаты и разработанные на их основе рекомендации использованы на угольных разрезах «Буреинский» и «Правобережный» АО «Ургалуголь» (дочернее предприятие АО «СУЭК», Хабаровский край). Отдельные результаты исследования апробированы и внедрены на предприятиях: ООО «К-Менеджмент» («Эльгинский угольный разрез», Якутия); ООО «Солнцевский угольный разрез» (Сахалинская область, дочернее предприятие ООО «Восточная горнорудная компания»); карьеры ОПИ Хабаровского края («Краснореченский», «Некрасовский», «Понийский», ООО «Таежное»); ООО

«Амур Минералс» (Хабаровский край); ООО «Маломырский рудник» (Амурская область); АО «Горевский ГОК» (Красноярский край); ООО «Покровский рудник» (Амурская область); филиал «Разрез Коксовый» АО «Распадская-Коксовая» (г. Междуреченск, Кемеровская область).

#### **Защищаемые положения.**

1. Отклонение фактического значения объема зарядных полостей взрывных скважин от проектного, обусловленное деформацией стенок внутрискважинного пространства в условиях прерывистого распространения многолетней мерзлоты приводит к негативным последствиям, заключающимся в: увеличении зоны разлета осколков взорванной горной массы на 71% и усилении сейсмического эффекта взрыва на 6%; повышении удельного расхода ВВ на 19,3% и снижении выхода взорванной горной массы с 1 м бурения на 9,4%.

2. Стабилизация базовых проектных параметров БВР (сетки скважин и конструкции заряда) в зоне мерзлых полускальных пород достигается поэтапным заряданием рассредоточенного полым цилиндром скважинного заряда из эмульсионных ВВ: патронированных в нижней и наливных в верхних частях заряда. Формирование нижнего заряда и устройства рассредоточения осуществляется непосредственно вслед за бурением, а верхнего заряда – в специальный полимерный рукав проектного диаметра.

3. Устойчивость проектных параметров БВР при взрывной подготовке к выемке массива мерзлых гравийно-галечниковых пород обеспечивается применением рассредоточенного камуфлетно-скважинного взрывания, реализуемого тепловым дезинтеграционным воздействием продуктов детонации заряда камуфлета, взрываемого с минимальной 24-часовой задержкой относительно инициирования верхнего заряда, с учетом временного интервала, достаточного для эффективного растепления изолированных от верхней, нижней и средней частей уступа.

4. Рост показателя относительной сейсмобезопасности на 7–50% относительно объектов, расположенных на расстоянии 500–1500 м от границ взрывного блока на угольном разрезе в криолитозоне, обеспечивается при условии увеличения суммарного межскважинного интервала замедления на 60–63% с учетом фактора отклонения времени срабатывания детонаторов поверхностной и скважинной сетей при использовании неэлектрических систем инициирования зарядов.

5. Снижение в 1,5 раза и более значения безопасного расстояния по разлету осколков взорванной горной массы для механизмов относительно значений, рассчитанных по нормативной формуле, достигается введением в данную формулу дополнительного понижающего коэффициента, учитывающего расстояние от заряда ВВ до устья скважины и особенности горно-геологических условий зоны мерзлых пород.

**В качестве замечаний можно отметить следующее:**

1. В диссертации используются многочисленные не общепринятые сокращения. Отсутствие списка, предусмотренного ГОСТ 7.11 и ГОСТ 7.0.12, существенно затрудняет работу с материалом диссертации.
2. В разделе 1.1 «Состояние и перспективы совершенствования буровзрывных работ угольных разрезов Дальневосточного региона» диссертант рассматривает различные факторы, влияющие на технологию БВР, при этом не рассмотрено влияние физико-механических характеристик АС при использовании разных типов селитры (гладкой и пористой), что отмечается как существенный фактор при ведении взрывных работ на севере и АЗРФ [работы Викторов, Франтов, Лапиков];
3. Формулировки «Научной новизны» содержит положения, которые более отвечают «Практической значимости» - это п.7-9. Кроме этого в формулировке п.2 «Выявлены закономерности процесса обрушения стенок взрывных скважин различной высоты (11 и 17 м), заключающиеся в установленной его зависимости от высоты столба...» не ясно о каком столбе ведется речь;
4. При оценке вклада в науку по ЭВВ (с.55) или по алфавиту или с регалиями по конкретным достижениям - Значительный вклад в изучение вопросов, связанных с разработкой, внедрением и эффективным использованием ЭВВ, внесли такие исследователи, как С.А. Горинов, В.А. Соснин, Е.В. Колганов, Ванг Ксюгуанг, А.В. Старшинов, И.Ю. Маслов, Е.А. Петров, Е.И. Жученко, Ю.В. Варнаков, и др.;
5. Выражение «Детонация представляет собой цепную химическую реакцию» (с.56) как-то не отвечает каноническим критериям цепной химической реакции;
6. Имеются орфографическое применение знаков, не соответствующие, на мой взгляд, правилам языка: «...ее устойчивости, именно в скважинном заряде, на необходимом уровне ...» (с. 56);
7. Стр. 59 «краевой эффект» входит в изложение без ссылки на источники и как коэффициенты « $\alpha_k$  – коэффициент, учитывающий влияние краевого эффекта, для твердых ВВ  $\alpha_k = 0,6$  см, для жидких ВВ  $\alpha_k = 0,5$  см». имеют размерность? В работе из ссылки в статье «15. Барон В.Л., Кантор В.Х., 1989. Техника и технология взрывных работ в США. Москва: Недра, 375 с.» - это называется параметром, а не коэффициентом и параметром  $\alpha_k$ , учитывающим влияние краевого эффекта (для твердых ВВ  $\alpha_k=0,06$  м, для жидких  $\alpha_k=0,05$  м);
8. Стр. 63 «За последние 25 лет производительность взрывных работ на российских угольных разрезах значительно возросла благодаря активному применению эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) (рисунок 2.4). Популярность ЭВВ обусловлена не только их доступной ценой, но и возможностью...» завышенные значения объемов изготовления ЭВВ на местах работ;

9. Стр.64 и 65 неточные выражения: «ЭВВ получается непосредственно в скважине, путем формирования скважинного заряда с помощью смесительно-зарядной машины (СЗМ), ...». «Использование эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) позволило найти компромисс между безопасностью в обращении и высокой чувствительностью к детонации.»;
10. В гл. 4 анализируется влияние свойств горных пород на сейсмическое действие при отбойке горных пород, приводятся их характеристики для угля (В табл. 4.1 – Основные характеристики горных пород [160]) при этом не рассматривается влияние условий криолитозоны, хотя и объект исследования, цель идея работы формулируется исходя из этого;
11. По Таблица 4.4 – Результаты измерений детонаторов номинала 500 мс явно выходит из заводского допуска по разбросу срабатывания. Возможно, следовало на стадии входного контроля на складе партию забраковать. И тогда зависимость на рис 4.5 НСИ 500 мс приобрела бы более сглаженный вид. На мой взгляд, недостаточно имеющегося количества опытов (измерений при одной температуре) для достоверных статистических выводов;
12. На рис.4.6 недостаточно ясно коррелирует графическая и текстовая часть рисунка. Эта схема, поясняющая определение суммарный межскважинный интервал замедления (СМИЗ), в дальнейшем использующееся обозначения  $t_a$ ,  $t_b$ ,  $t_c$  целесообразно привязать к скважинам;
13. Какие используются критерии оценки монтажа взрывной сети? По относительной сейсмобезопасности???? Стр.188, рис. 4.14.  
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 Галимьянова Алексея Алмазовича является законченным научным исследованием, в котором на основании выполненных автором исследований разработана совокупность инновационных технологий взрывного разрушения массива горных пород для повышения эффективности и безопасности освоения угольных месторождений криолитозоны за счет реализации принципа сохранения проектных параметров буровзрывных работ, имеющей важное значение для развития горнопромышленного комплекса Дальневосточного региона.

Она удовлетворяет требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора технических наук и может быть квалифицирована как научная работа, в которой представлены новые научно обоснованные технические и технологические решения на современном уровне в области разрушения горных пород взрывом, имеющие большое значение для освоения угольных месторождений криолитозоны.

Учитывая изложенное, можно заключить, что автор представленной научной работы, Галимьянов Алексей Алмазович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.6. «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

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

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.

05.05.2016

