

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

184209, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 14, тел.: +7 (81555) 7-93-07, e-mail: ksc@ksc.ru

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ФИЦ КНЦ РАН
академик РАН



С.В. Кривовичев
С.В. Кривовичев

май 2026 г.

О Т З Ы В

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федеральный исследовательский центр
«Кольский научный центр Российской академии наук»
(ФИЦ КНЦ РАН)

на диссертацию **Селина Ивана Юрьевича**: «Совершенствование технологии взрывных работ при подземной добыче путем обеспечения стойкости газопоровой сенсбилизации эмульсионных взрывчатых веществ к динамическим воздействиям», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **2.8.8 – «Геотехнология, горные машины»**

1. Актуальность темы диссертации

В настоящее время в России наблюдается внедрение взрывных технологий с использованием бестарных эмульсионных взрывчатых веществ (ЭВВ) при подземной разработке полезных ископаемых. Применение ЭВВ в подземных условиях для проходки горных выработок и очистной выемки, при последовательном, с замедлением взрывании зарядов в группах, оказывает существенное динамическое нагружение на еще не детонировавшие заряды ЭВВ в соседних шпурах. Напряжения на фронте волны могут достигать нескольких десятков МПа, что приводит к уменьшению размеров газовых пузырьков (при этом их термодинамические параметры не достигают уровня начала детонации) и, соответственно, к увеличению плотности заряда, что при последующем инициировании таких зарядов не обеспечивает полноту химической реакции и распространение нормальной

детонации. При этом при разработке сульфидных руд в целях безопасности необходимо использовать ЭВВ, устойчивые к химическому взаимодействию с рудами. Одним из возможных решений данного вопроса является использование ЭВВ, имеющих нейтральную и слабощелочную реакции, что снижает активность взаимодействия этих ЭВВ с сульфидными рудами и повышает безопасность их применения. Для сенсбилизации данных ЭВВ используется пероксид водорода.

Учитывая возможность расширенного применения ЭВВ с пероксидной газогенерацией на подземных горных работах при добыче сульфидных руд, необходимо обеспечить сохранение их способности к детонации при последовательном взрывании зарядов (групп зарядов), поэтому разработка технологии применения данных ЭВВ, при которой обеспечивается сохранность их детонационной способности при динамических воздействиях со стороны ранее взорвавшихся зарядов, является важной и актуальной научно-технической задачей.

Актуальность диссертации автора не вызывает сомнений, так как она посвящена разработке указанной технологии взрывных работ.

2. Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа Селина И.Ю. состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 133 страницах машинописного текста, содержит 32 рисунка, 31 таблицу, список литературы из 156 наименований и приложение.

Во **введении** автором обоснована актуальность темы диссертационной работы, показаны ее научная новизна и практическое значение. Сформулирована цель работы.

В **первой главе** автором на основании всестороннего аналитического обзора отечественных и зарубежных сведений о динамическом воздействии опережающих взрывов на детонационные способности скважинных зарядов ЭВВ с химической газогенерацией показано, что для обеспечения их способности к детонации при последовательном взрывании, необходимо разработать:

физико-математическую модель влияния динамических воздействий со стороны ранее взорвавшихся зарядов на детонационную способность заряда ЭВВ, сенсбилизированного пузырьками газа, учитывающей как плотность и пористость, так и вязкость ЭВВ;

методику экспериментальной оценки воздействия взрыва веерного заряда на детонационную способность смежного веерного заряда бестарного ЭВВ, сенсбилизированного пузырьками газа, взрываемого с замедлением;

технологии взрывных работ в подземных условиях на основе применения бестарных ЭВВ с пероксидной газогенерацией, обеспечивающей сохранность детонационной способности зарядов ЭВВ при последовательном взрывании зарядов (групп зарядов).

Во **второй главе** диссертантом получена физико-математическая модель влияния динамических воздействий со стороны ранее взорвавшихся зарядов на детонационную способность заряда ЭВВ, сенсibilизированного пузырьками газа, учитывающей как плотность и пористость, так и вязкость ЭВВ. Определены условия для ЭВВ, которые должны выполняться для сохранения детонационной способности ЭВВ после динамического воздействия на него. Эксперименты, выполненные в натуральных условиях, показали согласие между расчетными и экспериментальными данными. Это позволило автору сделать обоснованный вывод, что на детонационную способность заряда ЭВВ, сенсibilизированного пузырьками газа, при динамическом воздействии на него со стороны ранее взорвавшихся зарядов влияют как физико-механические свойства взрывааемых пород, условия взрывания, плотность ЭВВ, так и вязкость ЭВВ.

В **третьей главе** диссертации автором теоретически решена задача об определении величины сосредоточенного заряда эквивалентного по воздействию на данную точку массива пород веерному заряду, что позволило прогнозировать начальную скорость смещения среды в массиве при взрыве веерного заряда.

Полученное решение позволило диссертанту разработать, а также теоретически и экспериментально обосновать методику экспериментальной оценки воздействия взрыва веерного заряда на детонационную способность смежного веерного заряда бестарного ЭВВ, сенсibilизированного пузырьками газа, взрываемого с замедлением.

В **четвертой главе** диссертации представлена технология взрывных работ с применением ЭВВ с пероксидной газогенерацией, устойчивой к внешним динамическим нагрузкам.

В работе приведена линейка механизмов, имеющих различную производительность, габаритные размеры и различные источники энергии для привода их в действие. для выполнения работ по сенсibilизации и заряданию ЭВВ в подземных условиях. Показано, что технические параметры шпуровых зарядчиков и зарядно-смесительных модулей позволяют эффективно и экономично осуществлять

взрывные работы при подземной добыче полезных ископаемых в любых условиях горно-геологических условиях.

Технико-экономический анализ эффективности применения бестарных ЭВВ с пероксидной газогенерацией вместо штатных ВВ, показал, что применение данных ЭВВ повышает производительность взрывных работ и дает значительное снижение затрат.

В **заключении** достаточно полно и аргументировано обобщены результаты диссертационного исследования.

3. Научная новизна работы заключается в том, что диссертантом впервые установлено, что сохранение детонационной способности зарядом ЭВВ, сенсibilизированного пузырьками газа, при динамическом воздействии на него со стороны ранее взорвавшихся зарядов зависит не только от плотности и пористости ЭВВ, так и от их вязкости. Также автором определены условия для ЭВВ, которые должны выполняться для сохранения детонационной способности ЭВВ после динамического воздействия на него. На основании аналитических исследований диссертант показал, что наблюдается существенная неравномерность в скоростях смещения среды в массиве пород при взрыве веерного заряда, при этом максимальная скорость смещения среды более, чем в 2,5 раза превышает ее минимальное значение. Автором впервые разработана и обоснована методика экспериментальной оценки воздействия взрыва веерного заряда на детонационную способность смежного веерного заряда бестарного ЭВВ, сенсibilизированного пузырьками газа, взрываемого с замедлением, на основании которой разработан способ моделирования динамического воздействия опережающего взрыва веерного заряда на смежный веер при помощи шпуровых зарядов.

4. Практическая значимость работы заключается в разработке технологии взрывных работ в подземных условиях на основе применения бестарных ЭВВ с пероксидной газогенерацией, при которой обеспечивается сохранность их детонационной способности при последовательном взрывании зарядов (групп зарядов), и методики экспериментальной проверки устойчивости ЭВВ к динамическим воздействиям со стороны ранее взорвавшихся зарядов.

В работе предложена линейка механизмов, имеющих различную производительность, габаритные размеры и различные источники энергии для

привода их в действие. для выполнения работ по сенсбилизации и заряданию ЭВВ в подземных условиях, а также показано, что технические параметры шпуровых зарядчиков и зарядно-смесительных модулей позволяют эффективно и экономично осуществлять взрывные работы при подземной добыче полезных ископаемых в любых горно-геологических условиях.

5. Достоверность научных положений, результатов и выводов обеспечивается применением апробированных методов исследования, надежностью исходных данных, хорошей сходимостью теоретических и экспериментальных исследований.

Освещение основных положений диссертации в печати.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на научно-технических конференциях и опубликованы в 6 печатных работах, в том числе 3 работы в рецензируемых научных журналах и изданиях, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, включая 1 работу в научном издании категории К1 и 2 работы – в издании категории К2.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают основные научные положения, результаты и выводы диссертационной работы.

6. Замечания по диссертационной работе:

1. В работе предложена физико-математическая модель влияния динамических воздействий со стороны ранее взорвавшихся зарядов на детонационную способность заряда ЭВВ, сенсбилизированного пузырьками газа, в основе которой рассмотрено динамическое воздействие на одиночный пузырек газа сферической симметрии. Но в колонке заряда расположено множество пузырьков газа различной геометрической формы, размеров при различных расстояниях между ними. Будут ли справедливы полученные выкладки для конкретного газифицированного заряда.

2. Микроскопические наблюдения показали, что ЭВВ с пероксидной газификацией вида «Аргунит РХ» имеют характерный размер газовых сенсбилизующих пузырьков 300–500 мкм, что значительно выше оптимальных значений для ЭВВ. Волна горения из таких пор не успевает эффективно слиться с основным фронтом, ширина зоны химической реакции возрастает, а скорость детонации падает. Кроме того, крупные поры легче разрушаются при механическом

перемешивании или от статического давления, снижая общую надежность. Поэтому следовало бы показать при каких размерах газовых пор достигается максимальное энерговыделение.

3. В работе не учитывается влияние упругой разгрузки на размер сенсibiliзирующих ЭВВ газовых пузырьков.

4. Разработана эффективная технология взрывных работ в подземных условиях при применении веерных зарядов на основе применения бестарных ЭВВ с пероксидной газогенерацией с размещением зарядов на необходимом расстоянии друг от друга, при которой обеспечивается сохранность детонационной способности зарядов ЭВВ при последовательном взрывании зарядов (групп зарядов). Но при этом не учитывается количество групп зарядов (вееров), взрывааемых с замедлением относительно друг друга и время замедления как между веерами, так и в плоскости веера при одновременном взрывании скважин, что может за счет циклического воздействия на последующие веера привести к дополнительному уплотнению колонки зарядов.

5. В работе предложена линейка механизмов для выполнения работ по сенсibiliзации и заряданию ЭВВ в подземных условиях. Но не показана роль автора в их разработке. Следовало бы показать наиболее эффективные средства механизации зарядных работ для условий Яковлевского рудника, при использовании которых обеспечивается создание зарядов необходимой плотности и вязкости для обеспечения сохранности их детонационной способности при динамических воздействиях со стороны ранее взорвавшихся зарядов, которые позволяют эффективно и экономично осуществлять взрывные работы при подземной добыче полезных ископаемых в данных горно-геологических условиях.

7. Заключение

Диссертация Селина Ивана Юрьевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований дано решение актуальной научной задачи по обоснованию технологии взрывных работ в подземных условиях на основе применения бестарных ЭВВ с пероксидной газогенерацией, при которой заряды ЭВВ сохраняют детонационную способность при динамических воздействиях со стороны ранее взорвавшихся зарядов, что соответствует требованиям п. 9 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 "О порядке присуждения ученых степеней",

предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор - Селин Иван Юрьевич - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.8 Геотехнология, горные машины.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании Горной секции ученого совета Горного института КНЦ РАН, протокол № 2 от 14 мая 2026 г.

Руководитель лаборатории «Технологических процессов при добыче полезных ископаемых»,
главный научный сотрудник, доктор технических наук

 С.А. Козырев

Горный институт - обособленное подразделение
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федерального исследовательского
центра "Кольский научный центр Российской академии наук"
(ГоИ КНЦ РАН)

Адрес: 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24
E-mail: s.kozyrev@ksc.ru; тел. 8(81555) 79-607

Секретарь Горной секции ученого совета
Горного института КНЦ РАН,
кандидат технических наук

 И.М. Аветисян

Горный институт - обособленное подразделение
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федерального исследовательского
центра "Кольский научный центр Российской академии наук"
(ГоИ КНЦ РАН)

Адрес: 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24
E-mail: i.avetisyan@ksc.ru; тел. 8(81555) 79-478

Я, Козырев Сергей Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

« 18 » май 2026 г.



Я, Аветисян Иван Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

« 18 » май 2026 г.



подпись Козырева С.А.
Аветисяна И.М.
По месту работы удостоверяю
Зав.канцелярией Горного института
Сусов
« 18 » май 2026 г.

