

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию
МИТИШОВОЙ Наталии Александровны
«ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ВЗРЫВОВ СУЛЬФИДНОЙ ПЫЛИ ПРИ
ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОЛЧЕДАНЫХ РУД»
по специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и
строительная), представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

1. Актуальность тематики диссертации

Условия эффективного развития минерально-сырьевого комплекса России с учетом изменения горно-геологических, горнотехнических и природно-экономических факторов освоения месторождений природного и техногенного минерального сырья объективно связаны с усилением роли исследований в области безопасности горных работ.

За последние десятилетия существенно изменилась горнотехническая и геомеханическая ситуация, появились новые возможности экспериментальных методов сбора и обработки исходных данных, обоснования рациональных параметров горнотехнических систем. Методы оценки риска геотехнологий стали более совершенными. При этом переход на технологию бурения, взрывания скважин большого диаметра, проходки выработок с применением комбайнов, секционного взрывания восстающих при проходке их методом VCR, внедрение мобильного транспорта, ставшего основным источником пыления и загазованности в подземных горных выработках, повлекли общее увеличение выделения пыли в атмосферу рудника с ростом доли тонкодисперсной пыли. При разработке месторождений сульфидных руд это обуславливает риск развития экзотермических процессов и взрывоопасность.

Анализ практики отработки месторождений колчеданных руд подземным способом показал, что действующие нормативные документы в области промышленной безопасности для опасных объектов горнодобывающей промышленности в большей части устарели и не содержат требований и указаний по безопасному ведению подземных горных работ на

месторождениях, опасных по взрывам и возгоранию сульфидной серосодержащей пыли, отвечающих современным техническим условиям. Таким образом проблема обеспечения взрывобезопасности при разработке месторождений колчеданных руд является весьма актуальной и требует своевременного решения и закрепления в нормативной документации.

На месторождениях колчеданных руд разработка научно-обоснованных требований к безопасности и надежности используемых средств предупреждения взрывов сульфидной пыли, выбор рациональных условий их применения, обеспечивающих требуемую безопасность, техническую реализацию и экономическую целесообразность на основе исследования условий горения и взрыва аэрозолей сульфидных руд, представляет собой важную в научном и практическом отношении задачу.

В связи с этим, диссертацию Митишовой Н.А., направленную на обоснование технологических решений по предотвращению взрывов сульфидной пыли при подземной разработке месторождений колчеданных руд, следует признать весьма своевременной и актуальной.

Целью представленной работы является изыскание технологических решений по снижению рисков взрывов сульфидной пыли при подземной разработке месторождений колчеданных руд.

Поставленная цель достигается путем реализации идеи, заключающейся в том, что технологические решения по предотвращению взрывов сульфидной пыли должны базироваться на оценке параметров взрывчатости сульфидной пыли с учетом масштабов и технологии ведения буровзрывных работ, протяженности зоны орошения подготовительных выработок перед взрывом, структурно-текстурных характеристик горных пород, фракционного состава пылевых частиц, провоцирующих взрыв.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автором получен ряд новых положений, имеющих важное теоретическое и практическое значение для горной промышленности России. Наиболее существенными из них являются:

Согласно первому научному положению, пылевые частицы сульфидов, размером более 100 мкм, не являются термически активными; при меньшем размере частиц склонность их к взрывоопасности повышается с увеличением доли мелких фракций по экспоненциальной зависимости.

Автор обоснованно доказывает, что при нагреве частиц сульфидной пыли, крупностью свыше 100 мкм, на ДСК и ТГ-кривых отсутствует быстропротекающая реакция с выделением тепла, сопровождаемая резкой потерей массы. Таким образом пыль, крупностью более 100 мкм, не является термически активной, то есть в условиях возникновения взрыва такая пыль будет лишь поддерживать процессы взрывного горения, но не будет являться первоисточником возникновения взрыва.

Автором приведены исследования, в ходе которых установлено, что строение минерала, содержащего серу, а именно величина его зерен, определяет вероятность риска более высокого содержания серы в мелких фракциях (-40, -71+40, -100+71 мкм), образованных в результате первичного измельчения руды при техногенном воздействии на массив, и, следовательно, являются фактором, представляющим опасность взрыва сульфидной пыли. С учетом перераспределения содержания серы при первичной дезинтеграции в мелких фракциях оценен риск взрывоопасности при разработке месторождений колчеданных руд с содержанием серы свыше 18%.

Согласно второму научному положению, доказано, что для предотвращения взрыва сульфидной пыли длина орошения водой выработки ($l_{ор}$, м), прилегающей к месту взрыва, не является величиной постоянной, а зависит от массы взрываемого ВВ ($M_{вв}$, кг), коэффициента шероховатости стенок выработки (β), площади сечения выработки ($S_{сеч}$, м²), коэффициента неоднородности минерального состава сульфидной пыли в различных классах крупности пылевых частиц (k_s):

$$l_{ор} = 28,95 \cdot \ln(M_{вв}) - 16,26 \cdot \ln(\beta) - 24,66 \cdot \ln(S_{сеч}) + 8,72 \cdot \ln(k_s) - 121,4.$$

Показано, что, на основании приведенных в диссертационной работе расчетов при взрывании скважинных зарядов с массой до 200 кг обработки стенок и кровли выработок на расстояние свыше 30 м не требуется. При взрывании скважинных зарядов с массой 400 кг орошение стенок и кровли

выработок за пределами 30 м требуется только для выработок с площадью сечения 10 и 16 м², при площади сечения свыше 20 м², достаточно орошение зоны на расстояние 30 м от места взрыва. При взрывании скважинных зарядов с массой 600-1000 кг орошение стен и кровли выработок требуется для всех рассмотренных сечений на расстояние от 37 до 80 м, в зависимости от изменения вышеперечисленных параметров. Полученные данные подтверждают необходимость совершенствования превентивных мероприятий, направленных на предотвращение взрывов сульфидной пыли.

Выполненные исследования позволили автору диссертации реализовать методику оценки взрывоопасности пыли для определения условий, предотвращающих её взрыв, а именно: орошение контура выработки водой на заданное расстояние; ограничение диаметра буровых скважин и шпуров – не более 89 мм; отказ от применения систем разработки с массовым обрушением руд и пород без профилактического заиливания; ограничение объемов массы одновременно взрывааемых зарядов ВВ; исключение присутствия в контуре ведения взрывных работ открытых проводников, применение надежного изоляционного покрытия электропроводов; отказ от проходки в массивах сульфидных пород восстающих методом секционного взрывания и механического бурения; обязательное использование при бурении скважин и шпуров пылеподавления, а при взрывном разрушении массива - ВВ, не склонных к саморазогреву при контакте с сульфидной пылью.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, базируется на теоретических положениях, сформулированных в известных трудах российских и зарубежных ученых, и подтверждается соответствием теоретических исследований автора практическим результатам, а также использованием разработанных научных и теоретических решений и рекомендаций применительно к месторождениям Сибайское, Шануч и Сентачан.

3. Достоверность и новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность результатов диссертации подтверждается: корректной

постановкой задач исследований; надежностью и представительным объемом исходных данных; использованием современных методов анализа и моделирования, апробированных методов и положений по оценке взрывобезопасности пыли для определения условий, предотвращающих взрыв сульфидной пыли, а также обобщением фактического опыта предприятий по добыче колчеданных руд; сопоставимостью теоретических и экспериментальных результатов исследований с практикой ведения горных работ; положительным опытом внедрения разработанной автором методики и исследований на горных предприятиях, обеспечивающих безопасную отработку колчеданных руд на месторождениях Шануч, Сентачан и Сибайское.

4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов

К основным научным результатам рецензируемой диссертации следует отнести разработанные в процессе проведения исследований:

- методику изучения основных факторов пылевзрывобезопасности при разработке сульфидных руд и пород, включающую: геолого-минералогическую оценку вещественного состава исследуемых проб колчеданных руд; определение формы нахождения в них сульфидов; изучение содержания серы в пробах руд и пород различных классов крупности; определение температуры воспламенения образцов сульфидной пыли; изучение динамики нагрева и горения сульфидной пыли различной крупности в смеси с ВВ на основе аммиачной селитрой и без нее с применением метода синхронного термического анализа;

- длину орошаемого участка выработок для безопасного взрывания скважинных зарядов, массой 200-1000 кг при площади сечения выработок: 10, 16, 20 м². Так, на основании расчетов при взрывании скважинных зарядов с массой ВВ до 200 кг достаточно обработка водой стенок и кровли выработок на расстояние 30 м. При взрывании скважинных зарядов с массой 400 кг, орошение стенок и кровли выработок за пределами 30 м требуется только для выработок с площадью сечения 10 и 16 м², при площади сечения свыше 20 м² достаточно орошение зоны на расстояние 30 м от места взрыва. При

взрывании скважинных зарядов с массой ВВ 600-1000 кг, орошение боков и кровли выработок требуется для всех рассмотренных сечений на расстояние от 37 до 80 м в зависимости от соотношения вышеперечисленных параметров;

- блок-схему оценки склонности сульфидной пыли к взрывоопасности, основанную на методических основах пылевзрывобезопасности, оценке технологических решений по борьбе со взрывами сульфидной пыли в соответствии с особенностями механизма формирования и распространения взрывной волны, в соответствии с программой-методикой оценки руд, пород и пыли колчеданных месторождений;

- установление закономерности, что строение минерала, содержащего серу, а именно размер его зерен, определяет более высокое содержание серы в мелких фракциях (-40, -71+40, -100+71 мкм), образованных в результате первичного измельчения руды при техногенном воздействии на массив, и, следовательно, является фактором, представляющим опасность взрыва сульфидной пыли. На основании этого введен коэффициент перераспределения содержания серы (k_S) при первичной дезинтеграции руд и пород, который отражает изменение содержания серы в различных классах крупности, а именно - с уменьшением крупности частиц сульфидной пыли содержание серы в ней возрастает, при крупности частиц сульфидов свыше 100 мкм содержание серы в рудах и породах носит постоянный характер и соответствует среднему значению содержания серы;

- анализ опасностей с оценкой уровня риска возникновения и развития аварий по фактору взрыва сульфидной пыли при подземной разработке месторождений колчеданных руд свидетельствует, что риски развития различных аварийных сценариев находятся на среднем, высоком и очень высоком уровнях. В результате внедрения разработанных в диссертации технологических решений по снижению риска взрывов сульфидной пыли при подземной разработке месторождений колчеданных руд, риск развития аварии снижается до приемлемого уровня.

Значение полученных автором диссертации результатов исследования для практики подтверждается:

- разработкой и внедрением авторской методики определения взрывоопасности сульфидной пыли, образующейся в ходе основных технологических процессов при подземной разработке сульфидосодержащих руд и пород, реализовано применительно к условиям разработки месторождений Сибайское, Шануч и Сентачан;

- разработкой практических рекомендаций, снижающих вероятность взрыва сульфидной пыли при разработке месторождений колчеданных руд, включающих: отказ от применения систем разработки с этажным принудительным обрушением и самообрушением в пользу систем разработки с твердеющей закладкой; отказ от проходки восстающих выработок методом VCR; сокращение массы одновременно взрывааемых ВВ; отказ от бурения скважин увеличенного диаметра; орошение стен и кровли выработок водой на установленное расстояние от места ведения взрывных работ.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные результаты исследований рекомендуются к использованию при проектировании и эксплуатации горнотехнической системы при разработке месторождений колчеданных руд, при выполнении исследований по оценке взрывоопасности сульфидной пыли, формирующейся в ходе подземных горных работ для обоснования взрывобезопасного производства буровзрывных работ, а также при разработке технологических рекомендаций и профилактических мероприятий по предупреждению образования взрывоопасных концентраций сульфидной пыли и аэрозолей.

Полученные данные о свойствах сульфидной пыли и мерах предотвращения взрывов сульфидной пыли рекомендуется учитывать при совершенствовании требований нормативных документов к месторождениям с сульфидосодержащими рудами и породами.

Полученные результаты исследований рекомендуются к использованию в учебном процессе вузовской подготовки студентов специальности 21.05.04 – Горное дело, специализации «Подземная разработка рудных месторождений» и смежной.

6. Оценить содержание диссертации, ее завершенность

Работа является завершенным научным исследованием, изложена последовательно, грамотно, доступным языком с использованием современной терминологической базы, принятой в горном деле. Обработку результатов исследований соискатель выполнил при помощи современных компьютерных технологий. Диссертация отвечает всем требованиям, предъявляемым к научно-исследовательской работе, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 157 страницах, содержит 43 рисунка, 15 таблиц, список литературы из 152 наименований.

Качество оформления работы. Диссертация написана технически грамотным языком, изложена последовательно, грамотно и оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертационным работам. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации, раскрывает идею, защищаемые положения, научную новизну и выводы.

Публикации по работе. Основные научные положения и результаты исследований опубликованы в 15 научных работах, 3 из которых - в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ. Печатные работы автора всесторонне и полно освещают основные положения диссертации.

Апробация работы. Основные результаты, положения и выводы докладывались и обсуждались на научных семинарах, научно-технических советах, международных конференциях в: Институте проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН (г. Москва, 2017-2019 гг.), ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск, 2018-2019 гг.), Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС» (г. Москва, 2019 г.), Тульском государственном университете (г. Тула, 2019 г.).

7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, высказать мнение о научной работе соискателя в целом

Неоспоримым достоинством работы является разработанная методика оценки риска возникновения взрывоопасного облака сульфидной пыли в

подземных горных выработках. Данная методика базируется на: геолого-минералогическом исследовании вещественного состава руд и пород; определении содержания серы; исследовании процессов самовоспламенения сульфидной пыли; изучении термической активности пылей различных классов крупности; разработке технологических рекомендаций. Автором получен ряд новых научных положений, имеющих важное теоретическое и практическое значение для предприятий горной промышленности России.

Основные замечания рецензируемой диссертации:

1. В работе в явном виде не приведен перечень исследуемых параметров взрывчатости сульфидной пыли, что затрудняет оценку уровня достаточности выполненных исследований.

2. Работу могла бы украсить разработка классификации параметров взрывчатости сульфидной пыли.

3. В работе отсутствует технико-экономическая оценка предлагаемых технологических решений.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положениям о присуждении ученых степеней

Оценивая диссертацию Митишовой Н.А., в целом стоит отметить, что она является законченной научно-квалифицированной работой, свидетельствующей о значительном личном вкладе автора в науку, в которой на основе выполненных исследований дано решение актуальной задачи – научно обоснованы технологические решения по предотвращению взрывов сульфидной пыли при подземной разработке месторождений колчеданных руд, основанные на изучении параметров взрывчатости сульфидной пыли с учетом масштабов и технологии ведения буровзрывных работ, протяженности зоны орошения подготовительных выработок перед взрывом, структурно-текстурных характеристик горных пород, фракционного состава пылевых частиц, провоцирующих взрыв, что имеет важное значение для безопасного и устойчивого функционирования горнопромышленного комплекса России.

Судя по представленным материалам, диссертация написана лаконично, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты. Заявленная автором цель работы реализована и в достаточном объеме

отражена в результатах и публикациях. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации по всем квалификационным признакам: цели, задачам, пунктам научной новизны, практической значимости, положениям, выносимым на защиту. Диссертация полностью соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, и заслуживает положительной оценки, а ее автор, Митишова Наталия Александровна, достойна присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

Официальный оппонент
кандидат технических наук,
заведующий кафедрой «Взрывные
технологии и безопасность обращения
взрывчатых веществ»
АНО ДПО «СНТА»

Добрынин Александр Артурович

«30» сентября 2020 г.

Даю согласие на внесение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку.

Адрес: 125009, г.Москва, Газетный пер., 3-5 стр.1

Телефон: +(495)247-58-58

E-mail: pirovzryv@mail.ru

Подпись кандидата технических наук, заведующего кафедрой «Взрывные технологии и безопасность обращения взрывчатых веществ» Добрынина Александра Артуровича заверяю:

Коммерческий директор

