

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.7
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25.09.2023 №20

О присуждении Киркину Александру Павловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Управление удароопасностью массива сплошных сульфидных руд буровзрывным способом в условиях сложного напряженного состояния» по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика принята к защите 21.07.2023, протокол заседания № 16, диссертационным советом ГУ.7 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Горного университета о создании диссертационного совета от 06.02.2023 №155 адм.

Соискатель, Киркин Александр Павлович, 04 января 1996 года рождения, в 2019 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по специальности 21.05.04 Горное дело.

С 2019 г по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры взрывного дела федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре взрывного дела федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор **Господариков Александр Петрович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», кафедра высшей математики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Еременко Виталий Андреевич, доктор технических наук, профессор РАН, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический

Соискателем проведен обзор методов управления горным давлением и мероприятий по предотвращению горных ударов. Проанализирован текущий способ разгрузки удароопасных участков массива горных пород, применяющийся в условиях рудников Октябрьского и Талнахского месторождений. Предложено применение буровзрывного способа разгрузки массива горных пород в данных условиях.

2. Сабянин, Г. В. Разгрузка массива горных пород взрывным способом на глубоких рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» / Г. В. Сабянин, С. Ю. Шиленко, А. В. Трофимов, А. П. Киркин // Горный журнал. – 2021. – №2. С. 32-36. (ВАК-МБД Scopus №523 ред. 31.12.2020).

Соискателем предложена методология проведения опытно-промышленных испытаний по разгрузке массива буровзрывным способом в условиях рудников Октябрьского и Талнахского месторождений.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus):

3. Trofimov, A. V. Non-destructive ultrasonic method of testing the strength of backfill concrete at deep Talnakh mines / A. V. Trofimov, A. E. Romyantsev, A. P. Gospodarikov, A. P. Kirkin // Tsvetnye Metally. – 2020. – № 12. – P. 28–32. DOI: 10.17580/tsm.2020.12.04 (Трофимов, А. В. Неразрушающий ультразвуковой метод контроля прочности закладочного бетона на глубоких рудниках Талнаха / А. В. Трофимов, А. Е. Румянцев, А. П. Господариков, А. П. Киркин // Цветные металлы. – 2020. – № 12. – С. 28-32. DOI: 10.17580/tsm.2020.12.04).

Соискателем проведены и обработаны результаты испытаний образцов закладочного массива разного срока твердения из составов, применяемых на рудниках Октябрьского и Талнахского месторождений, опасных по горным ударам. Получены градуировочные зависимости скоростей распространения упругих продольных и поперечных волн от значения предела прочности на одноосное сжатие, что позволяет производить оценку прочности закладочного массива экспресс-методом.

4. Gospodarikov, A. P. Evaluation of deformation characteristics of brittle rocks beyond the limit of strength in the mode of uniaxial servohydraulic loading / A. P. Gospodarikov, A. V. Trofimov, A. P. Kirkin // Journal of Mining Institute. – 2022. – Is. 256. – P. 539-548. DOI: 10.31897/PMI.2022.87 (Господариков, А. П. Оценка деформационных характеристик хрупких горных пород за пределом прочности в режиме одноосного сервогидравлического нагружения / А. П. Господариков, А. В. Трофимов, А. П. Киркин // Записки Горного института. – 2022. – Т. 256. – С. 539-548. DOI: 10.31897/PMI.2022.87).

Соискателем разработана методика и проведены испытания образцов сплошных сульфидных руд Норильского промышленного района с концентраторами напряжений различных конфигураций на одноосное сжатие в режиме контроля роста скорости поперечных деформаций. Произведена оценка уменьшения деформационных характеристик (модуля упругости и модуля деформации) в зависимости от созданных до разрушения концентраторов напряжения. Оценен характер разрушения образцов.

5. Gospodarikov, A. P. Determination of physical and mechanical properties of rocks using anti-burst destress easures / A. P. Gospodarikov, A. P. Kirkin, A. V. Trofimov, V. N. Kovalevsky // Gornyi Zhurnal. – 2023. – № 1. – P. 26-34. DOI: 10.17580/gzh.2023.01.04 (Господариков, А. П. Определение физико-механических свойств горных пород при применении противоударных разгрузочных мероприятий / А. П. Господариков, А. П. Киркин, А. В. Трофимов, В. Н. Ковалевский // Горный журнал. – 2023. - № 1. – С. 26-34. DOI: 10.17580/gzh.2023.01.04).

Соискателем разработана методика и проведен комплекс специализированных механических испытаний, моделирующих действие мероприятий по предотвращению горных ударов на образцах сплошных сульфидных руд. Было произведено моделирование таких мероприятий как бурение разгрузочных скважин и разгрузка взрывом. Получены зависимости изменения коэффициентов уменьшения прочностных и деформационных характеристик в результате разупрочнения взрывом от бокового давления, действующего на образцы. Произведена оценка склонности к хрупкому разрушению модельных образцов.

Публикации в прочих изданиях:

6. Киркин, А. П. Формирование защищенных зон буровзрывным способом в условиях глубоких рудников Талнаха / А. П. Киркин // Актуальные проблемы недропользования. Тезисы докладов XIX Всероссийской конференции-конкурса студентов и аспирантов. Санкт-Петербург, СПбГУ. – 2021. – С. 33-34.

Соискателем проанализированы основные мероприятия по предотвращению горных ударов, рассмотрено применение способа разгрузки удароопасных участков массива горных пород буровзрывным способом в условиях рудников Талнахского и Октябрьского месторождений при различных параметрах буровзрывных работ.

Патенты:

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022663971 Российская Федерация, Программа для оценки зоны

разрушения массива горных пород вокруг скважины №2022663436: заявл. 19.07.2022: опубл: 21.07.2022 / Господариков А. П., Киркин А. П.; заявитель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – 1 с.

Соискателем адаптирована математическая модель расчета границ зоны стенок скважины, разрушаемых действующими напряжениями, для реализации в программном коде на языке Python.

Апробация работы проведена на научно-практических мероприятиях с докладами:

1. XIX Всероссийская конференция-конкурс молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (апрель 2021 года, г. Санкт-Петербург);
2. IV Международная научно-практическая конференция «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование» (октябрь 2021 года, г. Санкт-Петербург);
3. XXXI Международный научный симпозиум «Неделя горняка 2023» (февраль 2023 года, г. Москва).

В диссертации **Киркина Александра Павловича** отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: ведущего научного сотрудника лаборатории подземной разработки рудных месторождений ИГД СО РАН, д.т.н. **А.А. Неверова**; заместителя генерального директора по научной работе ООО «Полигор», д.т.н. **Д.В. Сидорова**; ведущего научного сотрудника ИГД УрО РАН, д.т.н. **О.В. Зотеева**; старшего менеджера группы по геомеханике, ООО НН «Технические Сервисы», к.т.н. **Д.С. Власенко**; главного менеджера Проектного офиса развития шахты «Ангидрит» г. Санкт-Петербург, ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», к.т.н. **С.Г. Кокоева**; заведующего лабораторией устойчивости бортов карьеров АО «ВНИМИ», к.т.н. **Е.Н. Завориной**.

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность, научная новизна и практическая значимость выполненных исследований по разработке способа снижения удароопасности массива горных пород буровзрывным способом, учитывающего изменение физико-механических свойств сплошных сульфидных руд при их разупрочнении.

В отзывах отмечен ряд замечаний:

1. Первую и вторую научные новизны можно было объединить, так как деформационные и прочностные характеристики относятся к одному

классу свойств – механических (д.т.н. А.А. Неверов);

2. Согласно 3-го научного положения напрашивается еще одна новизна (д.т.н. А.А. Неверов);

3. Из автореферата не ясно, как автор определял рейтинговые показатели устойчивости пород. (д.т.н. А.А. Неверов);

4. Требуется пояснения выбор зарубежной методики эмпирической методики Бартон применительно к рассматриваемым в автореферате условиям ЗФ ГМК «Норильский Никель» в зонах повышенной трещиноватости (д.т.н. Д.В. Сидоров);

5. Необходимо пояснить результаты, приведенные в таблице 4 автореферата. Учитывалось ли взрывное воздействие на образцы сульфидных руд (д.т.н. Д.В. Сидоров);

6. В перечень специалистов, занимавшихся изучением напряженного состояния массива удивительным образом не попала ни одна фамилия из коллектива, получившего Госпремию СССР по этой тематике (единственная Госпремия по этому направлению) (д.т.н. О.В. Зотеев);

7. В автореферате не приведены результаты исследования взаимовлияния шпуров, т.е. невозможно определить расстояние между ними, при котором произойдет разгрузка массива (д.т.н. О.В. Зотеев);

8. Из второго научного положения не ясно можно ли использовать полученные соотношения для вкрапленных руд и, тем более, в других регионах (д.т.н. О.В. Зотеев);

9. Почему в работе не учитывается степень обводненности горных пород, которая зачастую в значительной степени влияет на прочностные и деформационные характеристики горных пород и массива (к.т.н. Власенко Д.С.);

10. Как учитывался масштабный эффект при исследованиях во втором положении (к.т.н. Д.С. Власенко);

11. Из автореферата не понятно на каком расстоянии от горной выработки и с какой периодичностью необходимо выполнять разупрочнение горных пород взрывом (к.т.н. Д.С. Власенко);

12. В дальнейшем, при исследованиях представительнее получить зависимости изменения прочностных и деформационных свойств горных пород на основе сравнения лабораторных данных и исследований в массиве, так как эмпирическая формула, используемая для определения модуля упругости, полученная на основании китайских и тайваньских данных в основном учитывает диапазон значений GSI в диапазоне от 50 до 70 (к.т.н. Д.С. Власенко);

13. Известно, что параметр GSI (индекс геологической прочности) является эмпирическим, а формула (2) на стр.11 должна быть подтверждена наблюдениями. Производилась ли оценка зависимости GSI от показателя Q по Бартону для условий рудников Талнаха? (к.т.н. С.Г. Кокоев);

14. Из каких соображений принято, что разрушение образца сжатием при контроле поперечных деформаций является аналогом жесткого режима нагружений? (к.т.н. С.Г. Кокоев);

15. В автореферате автором указывается, что для экспериментов учет рассредоточения зарядов производился путем определения диаметра отверстий в образцах расчетным способом. Однако не были представлены ни значения диаметров отверстий в образцах, ни степень рассредоточения моделируемого заряда (к.т.н. Е.Н. Заворина).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их высоким профессиональным авторитетом в области геомеханики и значительным количеством научных публикаций в данной области.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея снижения уровня удароопасности массива сплошных сульфидных руд на основе использования буровзрывного способа, приводящего к разупрочнению сплошных горных пород;

предложен рейтинговый подход к определению степени изменения прочностных и деформационных свойств сплошных сульфидных руд после воздействия на них взрыва;

доказаны зависимости изменения прочностных и деформационных свойств сплошных сульфидных руд при их разупрочнении взрывным способом рассредоточенными зарядами с воздушным промежутком в условиях действия сложного напряженного состояния.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано положение о том, что изменение физико-механических свойств сплошных сульфидных руд при разупрочнении взрывом с применением рассредоточенных зарядов с воздушным промежутком в условиях действия сложного напряженного состояния описывается линейной корреляционной зависимостью;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих современных методов исследования: натурные исследования состояния нарушенности массива горных пород; экспериментальные исследования по определению изменения физико-механических свойств сплошных сульфидных руд при их разупрочненных взрывным способом;

изложены основные этапы проведения экспериментальных исследований, подтверждающие как изменение физико-механических свойств сплошных сульфидных руд при их разупрочнении взрывом, так и последующую их склонность к хрупкому разрушению;

раскрыта проблема значительных экономических затрат при разгрузке массива сплошных сульфидных руд бурением строчки разгрузочных скважин, доказывающая необходимость применения буровзрывного способа;

изучено влияние действия взрыва рассредоточенных зарядов с воздушным промежутком на характер изменения физико-механических свойств сплошных сульфидных руд в условиях сложного напряженного состояния;

проведена модернизация существующих подходов по определению склонности к хрупкому разрушению образцов сплошных сульфидных руд.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены методика проведения специализированных модельных испытаний по определению физико-механических свойств горных пород при применении противоударных мероприятий и технические решения по разгрузке массива горных пород буровзрывным способом;

определена эффективность разгрузки горного массива, сложенного из сплошных сульфидных руд, буровзрывным способом по сравнению с разгрузкой скважинами;

создана система практических рекомендаций по приведению массива буровзрывным способом в неудароопасное состояние;

представлены рекомендации по обоснованию параметров буровзрывных работ для разгрузки удароопасных участков массива сплошных сульфидных руд.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ

результаты лабораторных исследований получены на сертифицированном оборудовании и в соответствии с требованиями ГОСТ и международных стандартов, имеют сходимость с результатами по методикам других авторов;

теория построена на известных положениях, нашедших применение для решения прикладных задач геомеханики и геотехники, результаты применения которых удовлетворительно согласуются с данными сторонних исследователей;

использовано сравнение полученных данных с данными, полученными другими исследователями;

установлено качественное совпадение результатов с исследовательскими данными, опубликованными в открытой печати;

