

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

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 25.09.2023 № 19

О присуждении Баженовой Александре Владимировне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Прогнозирование смещения рудных контуров при формировании развала взорванной горной массы на карьерах» по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика принята к защите 21.07.2023, протокол заседания № 15, 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, Баженова Александра Владимировна, 09 декабря 1994 года рождения, в 2019 году с отличием окончила 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 – кандидат технических наук, доцент **Хохлов Сергей Владимирович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», кафедра взрывного дела, доцент.

Официальные оппоненты:

**Закалинский Владимир Матвеевич**, доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова

Российской академии наук, отдел Проблем геомеханики и разрушения горных пород (отдел №5), ведущий научный сотрудник;

**Тюпин Владимир Николаевич**, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», кафедра прикладной геологии и горного дела, профессор;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное учреждение науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения Российской академии наук**, г. Хабаровск в своем положительном отзыве, подписанном председателем заседания, ведущим научным сотрудником, руководителем сектора разрушения горных пород, кандидатом технических наук **Галимьяновым Алексеем Алмазовичем**, и секретарем заседания, инженером того же сектора **Казариной Елизаветой Николаевной** и утвержденном директором, д.т.н., чл.-корр. РАН **Расказовым Игорем Юрьевичем** указала, что в диссертационной работе предлагается решение научной задачи – прогнозирование смещения рудных контуров при формировании развала взорванной горной массы для горнодобывающей отрасли.

Соискатель имеет 4 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 4 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы, в том числе 2 статьи - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), 2 статьи - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Общий объем – 3,34 печатных листа, в том числе 1,69 печатных листа - соискателя.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Виноградов, Ю.И.** Методические принципы измерения кусковатости горной массы / **Ю. И. Виноградов, С. Т. Соколов, С. В. Хохлов, А. В. Баженова** // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2020. – № 3 –С.112-123.

*Соискателем проанализированы основные методические принципы измерения кусковатости горной массы.*

2. Хохлов, С.В. Исследование вопроса управления и контроля за смещением взорванной рудной массы/ С.В. Хохлов, А.В. Баженова, В.А. Маккоев, Р.А. Рахманов, И.А. Аленичев // Взрывное дело. – 2021. – №132-89. – С.59-75.

*Соискателем проанализированы существующие методы исследования процессов перемещения взорванной горной массы и релевантности использования данных методов для оценки смещения рудного контура, установление границ применимости методов, выявление достоинств и недостатков применения каждого.*

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

3. Khokhlov, S. V. Predicting displacements of ore body boundaries in generation of blasted rock pile/ Khokhlov S.V., Vinogradov Yu.I., Noskov A.P., Bazhenova A.V.// Mining Informational and Analytical Bulletin. 2023; (3): 40-56. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_3\_0\_40 (Хохлов, С. В. Прогнозирование смещения рудных контуров при формировании развала взорванной горной массы / С. В. Хохлов, Ю. И. Виноградов, А. П. Носков, А. В. Баженова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 3. – С. 40–56. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_3\_0\_40).

*Соискателем разработан алгоритм расчета смещения рудных контуров при формировании развала взорванной горной массы, на основе которого создана математическая модель расчета смещения рудных контуров в двухмерной постановке, проведен сбор исходных данных, разработана методика проведения натуральных экспериментов, осуществлена обработка полученных результатов, даны общие рекомендации.*

4. Moldovan, D.V. Design concepts for explosion products locking in chamber/ Moldovan D.V., Chernobay V.I., Sokolov S.T., Bazhenova A.V. // Mining Informational and Analytical Bulletin. 2022; (6-2): 5—17. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_62\_0\_5 (Молдован, Д. В. Конструктивные решения запираания продуктов взрыва во взрывной полости / Д. В. Молдован, В. И. Чернобай, С. Т. Соколов, А. В. Баженова // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 6–2. — С. 5—17. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_62\_0\_5).

*Соискателем выполнены эксперименты, проведен сбор исходных данных и осуществлена обработка полученных результатов.*

Патенты:

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020613932 / Программа для расчета параметров развала взорванной горной массы № 2020612872: заявл. 16.03.2020: опубл. 24.03.2020 / С.В. Хохлов, Ю.И. Виноградов, А.В. Баженова; заявитель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – 1 с.

*Соискателем адаптирована математическая модель расчета параметров развала взорванной горной массы.*

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020613990 / Программа для расчета содержания полезного компонента и выхода товарной руды (металла) в условиях волатильных параметров БВР. № 2020612926: заявл. 16.03.2020: опубл. 25.03.2020 / С.В. Хохлов, О.А. Маринина, А.В. Баженова; заявитель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». – 1 с.

*Соискателем адаптирована математическая модель расчета содержания полезного компонента и выхода товарной руды (металла).*

Апробация работы проведена на научно-практических мероприятиях с докладами:

1. Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2023» (Москва, МГУ, 2023 г.);

2. XXXI Международном научном симпозиуме «Неделя горняка 2023» (Москва, МИСИС, 2023 г.);

3. Всероссийской конференции конкурса «Актуальные проблемы недропользования» (Санкт-Петербург, СПбГГУ, 2021 г., 2020 г.);

4. Полезные ископаемые России и их освоение (Санкт-Петербург, СПбГГУ, 2021 г.);

5. X Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные направления в проектировании горнодобывающих предприятий: эффективное освоение месторождений полезных ископаемых» (Санкт-Петербург, СПбГГУ, 2020 г.);

6. XVI International Forum-Contest of Students and Young Researchers «Topical Issues of Rational Use of Natural Resources» (Санкт-Петербург, СПбГГУ, 2020 г.);

7. III Всероссийской научной конференции «Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса» (Санкт-Петербург, СПбГГУ, 2020 г.).

В диссертации **Баженовой Александры Владимировны** отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: заведующего лабораторией разрушения горных пород ИГД УрО РАН, ведущего научного сотрудника, к.т.н. **С.Н. Жарикова** и старшего научного сотрудника той же лаборатории, к.т.н. **А.С. Реготунова**; заместителя генерального директора по научной работе ООО «Полигор», д.т.н. **Д.В. Сидорова**; директора филиала АО «МЦД» в СЗФО, директора по развитию бизнеса, к.т.н. **А.Ю. Феоктистова**; старшего научного сотрудника лаборатории открытых горных работ ИГД СО РАН, к.т.н. **Н.А. Немовой** и старшего научного сотрудника той же лаборатории, к.т.н. **А.В. Резника**; заслуженного изобретателя РФ, д.т.н., профессора **Е.Б. Шевкуна**.

Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертационного исследования, новизну и практическую значимость, содержат рекомендацию о присуждении соискателю **Баженовой Александре Владимировне** степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика, однако отмечен ряд замечаний:

1. В первом защищаемом положении следовало бы уточнить о порядке инициирования зарядов и развале в сторону свободной поверхности (к.т.н. **С.Н. Жариков**, к.т.н. **А.С. Реготунов**);

2. К формулировке второго защищаемого положения следовало бы добавить, что это лишь внутри взрываемого выемочного блока (к.т.н. **С.Н. Жариков**, к.т.н. **А.С. Реготунов**);

3. Смещение рудных контуров зависит во много от схемы инициирования зарядов. Из автореферата не ясно на какую схему инициирования ориентировано модельное представление развала. Порядную, либо какую другую? (к.т.н. **С.Н. Жариков**, к.т.н. **А.С. Реготунов**);

4. Из автореферата не ясно как определяется эмпирический коэффициент  $K$  (выражение 12 автореферата) и каковы единицы его измерения? (к.т.н. **С.Н. Жариков**, к.т.н. **А.С. Реготунов**);

5. Коэффициент детерминации говорит не о «совпадении расчетной прямой и исходных данных», а о том, что вариации значений угла наклона вектора начальной скорости центра тяжести отбиваемого блока на 98,95% обусловлена изменением пространственного положения ряда скважин, а на долю неучтенных факторов приходится 1,05%. Это следует учитывать в будущем и более корректно применять общеизвестную терминологию математической статистики при описании трендов (к.т.н. **С.Н. Жариков**, к.т.н. **А.С. Реготунов**);

6. В первом защищаемом положении необходимо уточнить, в каком порядке производится взрывание относительно свободной поверхности (д.т.н. Д.В. Сидоров);

7. В автореферате требует расшифровки эмпирический коэффициент  $K$  (д.т.н. Д.В. Сидоров);

8. В автореферате не указан тип программного обеспечения Rocky и применяемый в ПО метод численного моделирования – DEM (к.т.н. А.Ю. Феоктистов);

9. Наименование программного продукта SpaceClaim пишется слитно (к.т.н. А.Ю. Феоктистов);

10. Автор недостаточно описал выбор граничных условий для моделирования развала (к.т.н. А.Ю. Феоктистов);

11. Из автореферата не совсем понятно, изменятся ли результаты при применении комплексного подхода по прогнозированию смещения рудных контуров при формировании развала взорванной горной массы, если изменить параметры буровзрывных работ (расстояние между скважинами и рядами)? И учитывались ли физико-механические свойства пород и руд, слагающие уступ, предполагаемый к проведению буровзрывных работ. (к.т.н. Н.А. Немова, к.т.н. А.В. Резник);

12. Из автореферата не совсем понятно, какие все-таки, оптимальные параметры должны быть при применении комплексного подхода по прогнозированию смещения рудных контуров при формировании развала взорванной горной массы (к.т.н. Н.А. Немова, к.т.н. А.В. Резник);

13. Из автореферата не понятно, каким способом осуществляется порядное взрывание: детонирующим шнуром, волноводами или электронными детонаторами и как учитывается скорость смещения инициирующего импульса вдоль ряда скважин. Где намечено использовать рекомендации, если большинство предприятий перешли на поскважинное взрывание? (д.т.н. Е.Б. Шевкун);

14. В случае инициирования блока из его глубины горная масса остается в контурах блока, т.е. развала горной массы фактически отсутствует. Возможна ли адаптация рекомендаций работы для таких технологических решений, применяемых в условиях Дальнего Востока? (д.т.н. Е.Б. Шевкун).

Выбор официальных оппонентов обоснован их работой в ведущих профильных организациях, занимающихся исследованиями в области разрушения горных пород.

Выбор ведущей организации обосновывается наличием в структуре организации профильных подразделений, наличием специалистов в области

разрушения горных пород, а также наличием значительного количества научных публикаций в рецензируемых изданиях.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** методика определения эмпирического коэффициента, входящего в предлагаемую модель расчета перемещения взорванной горной массы;

**предложена** новая методика прогнозирования смещения рудных контуров при формировании развала взорванной горной массы в карьерах, на основе которой определяется величина смещения каждого ряда (блока) в зависимости от исходных параметров БВР и горно-геологических условий;

**доказано**, что смещения рудных контуров корректно определяются косвенными методами, включающими решения системы уравнений, описывающих движение взорванной горной массы при различных физико-механических свойствах рудного массива и параметров БВР;

**введено** понятие единичного блока - объема перемещающейся горной массы ограниченного скважинами, взрывааемыми за одну ступень замедления.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказано**, что формирование развала следует рассматривать как перемещение единого объема, который рассыпается на отдельные фрагменты, в момент приземления;

применительно к проблематике диссертации результативно **использованы** апробированные методы научных исследований: аналитические исследования характеристик вектора начальной скорости центра тяжести отбиваемого блока, численное моделирование, реализованное в программном комплексе Rocky, натурные экспериментальные исследования перемещения взорванной горной массы;

**изложены** современные подходы к моделированию перемещения взорванной горной массы;

**раскрыты** условия применения разработанной методики расчета перемещения взорванной горной массы, принятые допущения, применяемые параметры буровзрывных работ;

**изучены** методики проведения промышленных экспериментов по учету смещения взорванной горной массы; результаты натурных экспериментов по определению смещения контуров рудных тел;

**проведена** модернизация существующих математических моделей, алгоритмов, обеспечивающих получение новых результатов по прогнозированию смещения рудных контуров при формировании развала.

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

**разработаны и внедрены** в 2023 году в проектной деятельности АО «Полюс Алдан» (акт о внедрении от 19.04.2023 г.) в рамках работ по обоснованию параметров БВР, обеспечивающих формирование оптимального развала взорванной горной массы.

**определены** перспективы использования разработанной модели по расчету смещения рудных контуров в проектной деятельности;

**создана** система практических рекомендаций по оценке взрывааемых объемов, объемов потерь и разубоживания;

**представлены** предложения по использованию результатов исследований проектными и научно-техническими организациями, осуществляющими проектирование буровзрывных работ при добыче полезных ископаемых открытым способом.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** результаты получены на сертифицированном оборудовании, величины размеров кусков взорванной горной массы, при которых ведется упрощенный расчет перемещения, определены с применением передового программного комплекса для быстрых и точных расчетов поведения частиц;

**теория** построена на современных представлениях о разрушении горных пород взрывом, включая данные натуральных наблюдений за смещением контуров рудных тел; результатах численного моделирования; согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на развитии методики определения геометрических параметров развала взорванной горной массы за счет расчета смещения контуров рудных тел, находящихся внутри развала;

**использованы** современные комплексные методы и подходы, заключающиеся в анализе исходных данных по перемещениям рудных контуров, численное моделирование смещения контуров рудных тел и его верификации на основании проведенных промышленных экспериментов;

**установлено** соответствие полученных результатов поставленной цели исследования и отсутствие противоречий выводов и рекомендаций соискателя положениям теоретико-методологической базы по теме диссертации;

**использованы** современные комплексные методы сбора и обработки исходной информации по смещению контуров рудных тел, численное моделирование, реализованное в программном комплексе Rocky, натурные экспериментальные исследования перемещения взорванной горной массы.

**Личный вклад соискателя состоит во включенном участии на всех этапах написания диссертации:** заключается в постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе зарубежной и отечественной



научной литературы по теме исследования; разработке алгоритма расчета смещения рудных контуров при формировании развала взорванной горной массы, на основе которого создана математическая модель расчета смещения рудных контуров в двухмерной постановке; обработке и анализе результатов численного моделирования; обработке и анализе результатов натурных экспериментов, подготовке публикаций.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Баженова А.В. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании 25 сентября 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить **Баженовой А.В.** ученую степень кандидата технических наук за решение актуальной научной задачи по определению смещений рудных контуров при взрывной отбойке горной массы на золоторудных карьерах.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук (по научной специальности рассматриваемой диссертации), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 14, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель  
диссертационного совета



Ученый секретарь  
диссертационного совета

Протосеня  
Анатолий Григорьевич

Афанасьев  
Павел Игоревич

25.09.2023 г.