

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.478.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ХАБАРОВСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 01.03.2023 г. № 3

О присуждении Плотникову Андрею Юрьевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка технологии взрывного рыхления скальных пород с минимальным перемешиванием горной массы» по специальности 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика принята к защите 21.12.2022 (протокол № 4) диссертационным советом 24.1.478.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 680000, г. Хабаровск, ул. Дзержинского, 54, приказ Минобрнауки РФ от 12 октября 2022 г. № 1167/нк.

Соискатель Плотников Андрей Юрьевич 01 июля 1960 года рождения.

В 1988 году соискатель окончил Дальневосточный ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт им. В.В. Куйбышева по специальности «Технология и комплексная механизация подземной разработки месторождений полезных ископаемых». С 04.12.2019 г. по 27.02.2020 г. был прикреплен к аспирантуре ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет» для сдачи кандидатских экзаменов без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности 25.00.20 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика. Работает заместителем главного инженера буровзрывных работ ООО «АВТ-Амур».

Диссертация выполнена на кафедре «Транспортно-технологические системы в строительстве и горном деле» Тихоокеанского государственного университета, министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Шевкун Евгений Борисович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ТОГУ»), кафедра «Транспортно-технологические системы в строительстве и горном деле», профессор.

Официальные оппоненты:

– Закалинский Владимир Матвеевич, доктор технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. Академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН), отдел проблем геомеханики и разрушения горных пород (отдел № 5), ведущий научный сотрудник;

– Хохлов Сергей Владимирович, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», кафедра «Взрывное дело», доцент дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН), г. Екатеринбург, в своём положительном отзыве, утверждённом Соколовым Игорем Владимировичем – доктором технических наук, директором института, подписанном Реготуновым Андреем Сергеевичем – кандидатом технических наук, лаборатории разрушения горных пород, старшим научным сотрудником и Жариковым Сергеем Николаевичем – кандидатом технических наук, лаборатории разрушения горных пород, заведующим лабораторией, указала, что «диссертация «Разработка технологии взрывного рыхления скальных пород с минимальным перемешиванием горной массы» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической ценностью. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации по всем квалификационным признакам: целям, задачам, пунктам научной новизны, практической значимости, положениям, выносимым на защиту. Диссертация Плотникова А.Ю. является завершённой научно-квалификационной работой, в которой, решена важная научно-техническая задача – разработана и внедрена в практику открытых горных работ технология многорядного короткозамедленного взрывания с увеличенными интервалами замедлений, обеспечивающая повышение эффективности подготовки скальных пород к выемке с сохранением первичных контактов «руда-порода» для обеспечения возможности снижения разубоживания при селективной выемке руд, что имеет существенное значение для развития горнорудной промышленности России. В целом представленная работа соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК РФ, а ее автор – Плотников Андрей Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано – 19 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 11 работ и 4 патента РФ на изобретения.

В опубликованных материалах общим объемом 8,7 п.л. отражены идея и основные положения диссертационной работы. Авторский вклад соискателя в публикациях объемом 3,87 п.л. заключается в выявлении закономерностей формирования зон предразрушения при общем увеличении интервалов замедления в системе многорядного короткозамедленного взрывания (МКЗВ) и роль схем взрывания в сочетании с взрыванием в «жёстком» зажиме в уменьшении смещения горных пород в процессе развития взрыва, способствующих максимальному пространственному сохранению первичных контактов руд и пустых пород во взорванной горной массе при одновременном улучшении качества дробления. Это позволило ему разработать технологические схемы подготовки горных пород к селективной выемке ценных руд и технические решения для их осуществления, которые защищены патентами РФ.

В публикациях раскрыты основные результаты исследований: известный факт прорастания трещины в породе с постоянной скоростью только на этапе растяжения в волне напряжения и только на величину разности напряжений в волне и окружающем массиве, требуется обеспечить время на спад напряжения в массиве от предшествующего взрыва скважинного заряда увеличением интервала между ступенями замедления в схеме

взрывания «один заряд – одна ступень замедления», а необходимые качество дробления горных пород и параметры развала горной массы целесообразно достигать взаимодействием волн напряжения в зоне предразрушения при увеличенных интервалах замедления; применение схемы взрывания со стартом в тыльной части блока и фактическими замедлениями между взрывами отдельных скважинных зарядов более 100 мс позволят увеличить КПД взрыва суммированием эффектов от взаимодействия волн напряжения в зоне предразрушения с отражением части энергии волн напряжения от ранее взорванной породы, увеличивающим долю энергии взрыва в разрушаемом объеме пород. Это позволяет минимизировать смещение развала горной массы с сохранением первичных контактов «руда–порода» в горной массе, остающейся в контурах блока.

Наиболее значительные работы:

1. Шевкун, Е.Б. Особенности взрывного рыхления при увеличенных интервалах замедления / Е. Б. Шевкун, А. В. Лещинский, Ю. А. Лысак, А. Ю. Плотников // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 4. – С. 272-282.

2. Шевкун, Е.Б. Взрывное рыхление пород на карьерах с большими замедлениями / Е.Б. Шевкун, А.В. Лещинский, Ю.А. Лысак, А. Ю. Плотников // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 10. – С. 29–41. – DOI 10.25018/0236-1493-2020-10-0-29-41.

3. Shevkun, E.B. Development of Complex Ore Zones / E. B. Shevkun, A. V. Leshchinsky, A. Yu. Plotnikov // IOP Conference Series. Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 666. – P. 062023.

4. Лысак, А.Ю. Взрывное рыхление горных пород на карьерах группы компаний «Петропавловск»/ Ю.А. Лысак, А.Ю. Плотников, Е.Б. Шевкун, А.В. Лещинский // Горный журнал. – 2022. – №2. – С. 45– 50. – DOI: 10.17580/gzh.2022.02.07.

5. Плотников А. Ю. Взрывное рыхление скальных пород без развала горной массы / Е. Б. Шевкун, Плотников А. Ю.// Маркшейдерия и недропользование. – 2022. – №3. – С. 47–53.

На диссертацию и автореферат поступило 5 положительных отзывов, содержащих следующие замечания:

В отзыве доктора технических наук, профессора кафедры горного дела Горного института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Восточного федерального государственного университета им. М.К. Аммосова» Заровняева Бориса Николаевича сделаны следующие замечания: 1. Из автореферата неясно, как при таких больших замедлениях сохраняется взрывная сеть. 2. На стр. 20 автореферата непонятно, как автор экспериментально определил количество преломленной энергии в ранее взорванную горную массу на 30 %.

В отзыве главного научного консультанта Общества с ограниченной ответственностью «Глобал Майнинг Эксплозив-Раша» доктора технических наук Горинова Сергея Александровича и главного инженера этой организации кандидата технических наук Маслова Ильи Юрьевича сделаны следующие замечания: 1. На рис. 1 автореферата отсутствуют сведения о глубине расположения элементов уступа, смещения которых измеряются. 2. Графическое моделирование, принятое автором при анализе процессов развития массового взрыва, не учитывает влияние времени распространения волн напряжений и их дифракцию на областях зон разрушений среды.

В отзыве доктора технических наук, профессора Департамента Мониторинга и комплексного освоения георесурсов Политехнического института (Школы) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Дальневосточного федерального университета Лушпея Валерия Петровича сделано

замечание: На стр. 19 автореферата (последний абзац) трудно уловить смысл фразы «Четвертая глава посвящена увеличению использования энергии взрыва на дробление за счет использования за счет экранирования волн напряжения ранее взорванной горной массой при увеличении интервалов замедления сверх 100 мс.»

В отзыве доктора технических наук, профессора, заместителя директора по научной работе Технического института (филиала) Северо-Восточного федерального государственного университета им. М.К. Аммосова в г. Нерюнгри, Гриба Николая Николаевича по автореферату имеются вопросы, требующие пояснения: - почему не рассмотрено сейсмическое воздействие взрывов, по разработанной технологии, на промышленную инфраструктуру; - не оценена роль ударно-воздушной волны при безопасности ведения взрывных работ, по предложенной технологии.

В отзыве доктора технических наук, профессора кафедры прикладной геологии и горного дела Белгородского государственного национального исследовательского университета Тюпина Владимира Николаевича по автореферату имеются следующие замечания: 1. В автореферате часто указывается на «...ослабление прочности горных пород в зоне предразрушения...». Однако отсутствуют экспериментальные доказательства степени снижения прочностных свойств, крепости горных пород в этой зоне. Отсутствуют также данные о снижении среднего размера куска и выхода негабарита с увеличением интервала замедления. 2. В автореферате часто указывается, что радиус зоны предразрушения составляет (200-250) $r_{зар}$. Однако не указано, каким образом получено это значение.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием профиля научных работ оппонентов и сотрудников ведущей организации направлению научных исследований диссертационной работы, обеспечением выполнения требований пунктов 22 и 24 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г.

Официальный оппонент Закалинский Владимир Матвеевич является известным специалистом и учёным в области геомеханики и разрушения горных пород, включая вопросы механики сдвига и разрушения горных пород, развития и применения взрывных работ в современных условиях разработки твердых полезных ископаемых. В публикациях освещены важные для защищаемой диссертации вопросы взаимодействия взрываемых зарядов при ведении взрывных работ в сложных условиях. За последние 5 лет им опубликовано 10 научных работ по темам исследований, близким к задачам, решаемым в диссертационной работе Плотникова А.Ю.

Официальный оппонент Хохлов Сергей Владимирович – ученый в области разрушения горных пород, выполняющий исследования по различным вопросам разрушения горных пород взрывом. В представленных им публикациях, в том числе представленных в специализированных зарубежных изданиях, освещены важные для защищаемой диссертации вопросы проектирования буровзрывных работ на месторождениях со сложным геологическим строением, управления и контроля за смещением взорванной рудной массы, принципы измерения кусковатости горной массы при оценке эффективности дробления массива горных пород различными типами ВВ. За последние 5 лет им опубликовано 12 научных работ по темам исследований, близким к задачам, решаемым в диссертационной работе Плотникова А.Ю.

Выбор Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург, в качестве **ведущей организации** обосновывается наличием в структуре данного

учреждения специализированной исследовательской лаборатории разрушения горных пород, а также специалистов-учёных, продуктивно занимающихся научной деятельностью и характеризующихся публикационной активностью, в том числе в специализированных зарубежных изданиях, включая области изучения объектов разрушения и параметров взрывной отбойки на карьерах, совершенствования методов учета потерь и разубоживания полезного ископаемого при добыче и рудоподготовки минерального сырья при освоении сложноструктурных месторождений.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны:

– новая технология многорядного короткозамедленного взрывного (МКЗВ) рыхления скальных горных пород со стартом схемы взрывания в тыльной части блока и замедлениями между взрывами отдельных скважинных зарядов более 100 мс, позволяющая увеличить КПД взрыва путем суммирования в зоне предразрушения эффектов от взаимодействия волн напряжения и отраженной части их энергии от ранее взорванной породы во взрываемый зарядом объём пород; это позволяет увеличить долю энергии взрыва в нем и минимизировать смещение первичных контактов «руда–порода» в горной массе, остающейся в контурах блока;

– технология МКЗВ с интервалами замедления, увеличенными до 150×200 мс, по схеме «одна скважина – одно замедление», позволившая увеличить выход горной массы с 1 п. м скважины на 56 %, не снижая ее качества, и снизить удельный расход ВВ на 20 %;

– способ ведения взрывных работ с учетом зоны предразрушения, в котором подают стартовый импульс на взрывание одновременно на два врубовых ряда с противоположных концов врубовых рядов навстречу друг другу, интервал замедления во врубовых рядах принимают не ниже 100 мс, а в перпендикулярном направлении, по рядам отбойных скважин, – вдвое выше; количество волн напряжения, проходящих через большую часть зоны предразрушения возрастает вдвое, а за счет эффекта экранирования волн напряжения ранее взорванной горной массой существенно возрастает КПД взрыва на рыхление горной массы;

предложено подтверждённое экспериментальными данными новое понимание механизма управления взрывным рыхлением горных пород различной прочности, базирующееся на процессах, происходящих в зоне предразрушения при развитии массового взрыва, позволившее применить комплекс технических решений, направленных на увеличение времени действия продуктов взрыва каждого заряда на взрываемый массив, вплоть до прорастания трещин разрушения на предельно возможную величину.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что:

доказано:

– положительное влияние на качество взрывного дробления и параметры развала взорванной горной массы увеличения интервалов замедления между взрывами отдельных зарядов до 100 и более мс: возникающая за это время на ранее взорванной горной массе экранирующая поверхность позволяет отразить часть энергии волны напряжения в разрушаемый зарядом объём массива пород, а остальную часть энергии преломить в ранее взорванную горную массу, повышая КПД взрыва на дробление;

– соотношение интервалов замедления во врубовых и отбойных рядах, кратное двум, увеличивает долю волны напряжения, преломленной в горную массу от взрыва предшествующих зарядов, таким образом активизирует дробление породы во врубовом

ряду, возникает защитный экран для откоса вышележащего уступа, способствующий созданию крутых устойчивых откосов бортов карьера.

применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс научных методов исследований: выполнен большой объем экспериментальных и промышленных массовых взрывов с различными схемами инициирования и использованием видеорегистрации процессов развития массовых взрывов и последующей их выемки и отгрузки; покадровое исследование динамики развития взрыва позволило построить картины фактического развития массового взрыва и сопоставить их с графическими моделями для разных схем взрывания в различных горно-геологических условиях, а видео- и фотодокументы позволяют сравнивать эффективность взрывной подготовки массива горных пород к выемке (производительность погрузки, качество дробления и проработки подошвы);

изложены положения, основанные на установленных закономерностях развития зон предразрушения при увеличенных интервалах замедления, позволившие впервые предложить схемы управления развитием массового взрыва с использованием параметров зоны предразрушения для уступов различной высоты, позволившие осуществлять взрывное рыхление скальных пород практически без развала горной массы с высоким качеством дробления;

раскрыто несоответствие существующей технологии подготовки горных пород к выемке схемами взрывания с короткими интервалами замедления (25-67 мс) физическим основам роста трещин разрушения с постоянной, достаточно низкой, скоростью и прекращением этого роста при внешнем воздействии сильного напряжения от взрывов зарядов следующей ступени замедления;

изучены закономерности воздействия волн напряжения на массив горных пород в районах расположения конкретных скважинных зарядов зоны предразрушения, позволившие установить, что при одновременном инициировании процесса развития массового взрыва с противоположных концов блока число волн напряжения, прошедших через районы расположения скважинных зарядов в зоне предразрушения, удваивается, существенно увеличивая общий эффект ослабления массива перед взрывом этих конкретных зарядов за счет многократного знакопеременного циклического нагружения волнами напряжения в стадии растяжения с накопительным эффектом;

проведена модернизация механизма формирования зон разрушения и предразрушения при различных интервалах замедления: с ростом интервала замедления размеры обеих зон существенно увеличиваются, позволяя все более полно использовать энергию взрыва заряда за счет прорастания трещин на теоретически возможную длину для условий конкретных массивов горных пород до появления внешних воздействий от взрыва зарядов следующих ступеней.

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

разработаны и внедрены:

– схемы взрывания с межскважинными замедлениями выше 200 мс за два года промышленного применения в массивах сложного строения показали весьма высокий качественный результат увеличения нарушенности массива в зоне предразрушения за счёт накопительного эффекта при многократной циклической нагрузке волнами напряжения в стадии растяжения: наряду с существенным снижением размеров кусков в горной массе, наблюдается эффект минимизации параметров развала – он практически весь остается в контурах блока, сохраняя первичные контакты «руда–порода» со смещением 0,8–1,3 м при коэффициенте разрыхления 1,4–1,48 и увеличении выхода

горной массы с 1 пог. м скважины с 17 до 26–30 м³, что позволяет обеспечить селективную выемку руд с минимальным разубоживанием;

– способ обработки локальных участков оруденения в крепких горных породах, в котором при обурировании вскрышных блоков проводят валовое опробование всех взрывных скважин, выявленные локальные участки оруденения промышленного характера выделяют на плане взрываемого блока и проводят взрывание вскрышного блока с интервалами замедления выше 300 мс, с увеличением размера контура границ локального участка оруденения на поверхности развала горной массы на 1-2 м; при использовании неэлектрических волноводных систем инициирования устанавливают скважинные замедлители величиной 3000-5000 мс; это позволило на руднике Маломыр снизить процент разубоживания по сравнению с МКЗВ с интервалами замедления 150×200 мс в среднем с 8,8 до 7,6 % и тем самым уменьшить на 22 % потери полезного ископаемого (патент РФ № 2723419);

определены основные параметры технологических решений по взрывному рыхлению горных пород с межскважинными замедлениями, увеличенными до 400×200 мс на уступах малых высот: сетка расположения взрывных скважин диаметром 215 мм на уступе высотой 5 м увеличена до размеров 6,5×6,5 м, а выход горной массы увеличился до 35 м³/пог.м;

созданы практические рекомендации по переходу на повсеместное применение интервалов замедления 400×200 мс, не требующие никаких дополнительных затрат;

представлены технические решения, защищенные патентами РФ, по дальнейшему совершенствованию новых технологических схем взрывной подготовки горных пород к селективной выемке.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использование комплекса существующих базовых методов исследования, включающих анализ и обобщение достижений науки, передового отечественного и зарубежного опыта разрушения горных пород взрывом, графическое моделирование, промышленные испытания новых технических решений с видеосъемкой и покадровым анализом процесса развития процесса массовых взрывов, предоставляющих возможность верификации данных графического моделирования, математической статистики; представительный объем экспериментальных и расчетных данных, высокую сходимость результатов графического моделирования с данными промышленных взрывов и визуальных наблюдений в производственных условиях.

Личный вклад соискателя состоит в:

- постановке научных задач и цели, организации, проведении и обработке результатов экспериментальных массовых взрывов;

- разработке технологии взрывного рыхления горных пород с увеличенными интервалами замедления, апробацию ее на ряде горных предприятий Дальнего Востока и внедрение на ГК Петропавловск;

- разработке технических решений по оценке величины смещения первичных контуров «руда-порода»;

- разработке способа обработки участков локального оруденения на флангах месторождений;

- разработке способа повышения взрывной нагрузки на рудные участки встречными врубами по краям блока.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

Не раскрыт вопрос влияния увеличенных интервалов замедлений на сейсмичку массовых взрывов. Не выполнен сравнительный анализ возрастания КПД взрыва и его

влияния на изменение качественных показателей дробления по мере увеличения интервалов замедления. Не развита идея фактически зафиксированного видеосъемкой превышения зоны распространения предразрушения за общепринятые параметры в 200-250 радиусов заряда. Попытка объяснить прекращение выбросов из скважин без забойки на уступе высотой 10 м увеличением объема зоны трещин в массиве на большой длине заряда (см. рис. 3.26) не доведена до логического завершения и не распространена на уступ высотой 5 м. Форма экранирующей поверхности ранее взорванной горной массы не является плоскостью, поэтому отражение/преломление волн напряжения будет проходить под сложными углами и расчет долей отраженной/преломленной энергии может быть гораздо сложнее.

Соискатель Плотников А.Ю. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, показав понимание сути исследуемой проблемы; с отдельными замечаниями соискатель согласился.

На заседании 01 марта 2023 г. диссертационный совет принял решение за разработку и внедрение в практику открытых горных работ технологии многорядного короткозамедленного взрывания с увеличенными интервалами замедлений, обеспечивающей повышение эффективности подготовки скальных горных пород к выемке путем сохранения первичных контактов «руда–порода» для обеспечения возможности снижения разубоживания при селективной выемке руд, имеющей существенное значение для развития горнорудной промышленности России, присудить Плотникову А.Ю. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 5 докторов наук по специальности 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 14, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета

Рассказов Игорь Юрьевич

Учёный секретарь
диссертационного совета

Корнеева Светлана Ивановна

03 марта 2023 г.
МП

