



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки  
**ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА**  
Уральского отделения Российской академии наук  
(ИГД УрО РАН)

Мамина-Сибиряка ул., д. 58, Екатеринбург, 620075  
тел. (343)350-21-86, факс (343)350-21-11  
e-mail: direct@igduran.ru, http://igduran.ru  
ОКПО 00190466, ОГРН 1026604961349,  
ИНН/ КПП 6660004669/667001001



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИГД УрО РАН

Д.т.н.

И.В. Соколов

«30» января 2023 г.

30. 01. 2023 № 01-13115 - 57  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Отзыв ведущей организации на  
диссертацию А.Ю. Плотникова

## ОТЗЫВ

Ведущей организацией Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН) на диссертационную работу Плотникова Андрея Юрьевича на тему: «Разработка технологии взрывного рыхления скальных пород с минимальным перемешиванием горной массы», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

В Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения наук Российской академии наук на экспертную оценку была представлена диссертация, изложенная на 167 страницах машинописного текста, включающая 102 рисунка и 12 таблиц, библиографический список из 140 наименований, состоящая из введения, четырех разделов, заключения, а также автореферат диссертации. По результатам обсуждения материалов диссертации на научном семинаре лаборатории разрушения горных пород (протокол № 1 от «27» января 2023 г.) принято следующее заключение.

**1. Актуальность работы.** Диссертация Плотникова Андрея Юрьевича посвящена актуальной научно-технической задаче – разработке технологии многорядного короткозамедленного взрывания (МКЗВ), обеспечивающей повышение эффективности подготовки скальных горных пород к выемке с сохранением первичных контактов «руда–порода» для обеспечения возможности снижения разубоживания при селективной выемке руд в условиях открытых горных работ.

Полнота извлечения запасов полезных ископаемых из недр остается в целом недостаточной, о чем свидетельствуют потери, достигающие по отраслям горной промышленности от 2–5 до 50%. Поэтому проблема рационального, эффективного и

бережливого освоения запасов минерально-сырьевой базы существует и в будущем обострится.

Ухудшение качества полезного компонента в скальных породах формируется как на стадии подготовки руды к выемке – при смещении и перемешивании горной массы в процессе взрывного рыхления, так и на стадии выемки горной массы, когда трудно отделить руды от пустых пород. Самым эффективным способом снижения разубоживания является взрывное рыхление горных пород с минимальным примешиванием руды к пустой породе в развале раздробленной горной массы. В результате ряда выполненных в прошлом веке В.Н. Мосинцом экспериментальных исследований установлено, что, вместе с другими положительными эффектами, при взрывах с сохранением геологической структуры рудных тел достигается снижение потери полезных ископаемых, их разубоживание. Однако развитие такой технологии сдерживалось несовершенными средствами взрывания. Современные неэлектрические и электронные средства взрывания в настоящее время позволяют обеспечить дальнейшее совершенствование и внедрение технологии взрывной подготовки горных пород к выемке, обеспечивающей минимальное перемешивание в развале горной массы. Таким образом, выбранная соискателем тема диссертационной работы является актуальной и значимой для науки и практики функционирования горнорудной промышленности.

**2. Общая характеристика работы.** Диссертационное исследование посвящено выбору и обоснованию способов взрывного рыхления, позволяющих минимизировать примешивание пустых пород к рудной массе. Идея работы заключается в том, что увеличение интервалов замедления в системе МКЗВ в сочетании с взрыванием в «жёстком» зажиме уменьшает смещение горных пород в процессе развития взрыва, способствуя максимальному пространственному сохранению первичных контактов руд и пустых пород в развале горной массы при одновременном улучшении качества дробления.

Поставленная в работе цель достигнута на основе: анализа патентных и литературных материалов по проблеме снижения перемешивания горной массы при взрывном рыхлении скальных горных пород; разработки и испытаний схемы взрывания с увеличенными интервалами замедления по схеме «один заряд – одна ступень замедления»; разработки технических решений по минимизации смещения пород в развале горной массы после взрыва; проведения опытно-промышленной проверки эффективности предложенных технических решений по обеспечению минимального разубоживания ценных руд. Автором поставлен и решен комплекс актуальных взаимосвязанных задач, что свидетельствует о завершенности представленной к защите диссертации.

В первой главе выполнен анализ отечественного, зарубежного опыта и патентно-защищённых технических решений по снижению перемешивания руд и пород в развале взорванной горной массы. Определены цель, задачи и методы исследований.

Во второй главе разработана и представлена методика исследований, включающая оценку фактической величины смещения взорванной горной массы с использованием радиомаяков.

В третьей главе приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований взрывного рыхления пород с минимальным перемешиванием. Представлены результаты графического моделирования числа волн напряжения от

взрыва зарядов в предыдущих ступенях замедления, прошедших через районы расположения скважинных зарядов последующих ступеней замедления, на примере массовых взрывов промышленных блоков.

В четвертой главе представлены результаты решения задачи повышения кратности воздействия волн напряжения в зоне предразрушения для увеличения доли энергии взрыва на дробление и создание повышенной нарушенности массива горных пород в зоне предразрушения при сохранении главного условия – минимального перемешивания руд и пород в развале горной массы.

Сформулированные по результатам исследований выводы и рекомендации научно обоснованы и ясно изложены, обладают значимой научной и практической ценностью. Представленная на рассмотрение диссертация характеризуется единой логикой, непротиворечивостью полученных данных.

**3. Новизна исследований полученных результатов, выводов и рекомендаций.** Автором получен ряд новых научных знаний, имеющих важное теоретическое и прикладное значение. Наиболее существенными из них являются:

- схемы управления развитием массового взрыва, базирующиеся на процессах, происходящих в зоне предразрушения при развитии массового взрыва;

-доказанное положительное влияние интервалов замедления, увеличенных до 100 и более мс, на качество взрывного дробления и параметры развода взорванной горной массы за счет создания экранирующей поверхности, отражающей часть энергии волны напряжения в разрушаемый объем массива пород;

-соотношение интервалов замедления во врубовых и отбойных рядах, кратное двум. Соблюдение указанного соотношения увеличивает долю волны напряжения, преломленной в горную массу от взрыва предшествующих зарядов, повышает дробление породы во врублевом ряду.

**4. Значимость для производства полученных автором диссертации результатов.** К наиболее значимым практическим результатам диссертации относится схема взрывания с замедлениями 400x200 мс и врублевым рядом в тыльной части блока, применение которой позволило снизить удельный расход ВВ на 20 %; уменьшить до 0,8–1,3 м величину смещения контактов «рудо-пустая порода» во взорванной горной массе, обеспечить взрывание без развода горной массы. На одном из рудников ГК ПЕТРОПАВЛОВСК получено снижение потерь полезного ископаемого на 22 % за счет снижения разубоживания на 1,2 % (в сравнении с интервалами замедления 150x200 мс).

**5. О стиле и языке диссертации и автореферата. Соответствие автореферата основным положениям диссертации.**

Диссертация написана грамотным языком, оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Автор использует общепринятую научную терминологию, что делает работу доступной к пониманию широким кругом специалистов. Выводы и рекомендации работы изложены четко и лаконично. Структура и содержание автореферата соответствуют основным положениям диссертации.

**6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.**

Полученные в диссертации результаты, оформленные в виде соответствующих методик и процедур, рекомендуется использовать:

1. для проектирования и внедрения в горное производство рекомендованных схем и параметров МКЗВ для рационального (эффективного и вместе с тем бережливого) освоения запасов минерально-сырьевой базы, заинтересованными предприятиями и учреждениями, разрабатывающими рудные месторождения селективным способом;
2. в учебном процессе при изучении студентами специальности «Горное дело».

### **7. Замечания по диссертации и автореферату:**

Рассматриваемая диссертация, безусловно, имеет практическую значимость для горнодобывающих предприятий и представляет определенный интерес в научном и практическом плане. Однако по содержанию работы имеются следующие замечания:

1. Не раскрыт вопрос сейсмики взрывов, а он в большинстве случаев определяющий при выборе схемы инициирования и интервалов замедлений для минимизации одновременно взрываемой массы ВВ в ступени.
2. В тексте диссертации приведены данные по смещениям радиомаяков. Представлена одна величина и некий угол смещения. Параметры смещения всегда описываются по трем направлениям  $x, y, z$ . Суммарное смещение вычисляется по правилу сложения векторов. Как определена величина смещения в работе не описано. Можно предположить, что смещения учитываются только в плане, но тогда указанные в таблице 2.2. значения не могут характеризовать полное смещение массива. Соответственно, малое горизонтальное смещение может быть при большом вертикальном. А это в свою очередь может привести к ускорению трещинообразования в глубь массива. При обосновании снижения воздействия на законтурный массив недостаточно только горизонтальных смещений. Нужно как минимум учитывать, что скорость развития трещин может быть максимальной, а это чуть менее половины скорости продольной волны.
3. Из текста диссертации не ясно, учитывалось ли время полного расширения продуктов взрыва при определении кратности волн напряжений, проходящих через соседние скважины.
4. Модели на рис. 3.6 и 3.7 не учитывают распространение трещиноватости, которая существенно влияет на развитие предразрушения. Без дополнительного обоснования можно согласиться на радиус зоны распространения волн лишь в размере  $\frac{3}{4}$  от приведенных на моделях.
5. С утверждением, что указанная на рисунках 3.14, 3.16, 3.19 асимметрия будет сохраняться для каждой ступени замедления, нельзя согласиться. В некоторых условиях и с применением определенных средств инициирования (СИ) это возможно. Однако, если применять это на другом объекте с другими СИ, то развитие зон предразрушения пойдет в соответствии с другими закономерностями.
6. Графическое построение рисунка 3.26 неверное. При диаметре заряда 215 мм зона только управляемого дробления будет не менее 2 метров, а на рисунке указано менее полуметра.
7. Представление процесса на рисунках 3.28, 3.29, 3.42, 3.43, 3.44, 3.45. не корректное. Зона трещинообразования показана внутри зоны регулируемого

дробления. Так не бывает. Зона трещинообразования всегда идет далее в массив за зоной регулируемого дробления и не перемешивается с ней.

8. Большинство фотографий, приведенных в диссертации не выражают какой-либо информации, относящейся к доказательству научных положений.

9. Во втором научном положении утверждается, что «схемы взрывания со стартом в тыльной части блока и фактическими замедлениями между взрывами отдельных скважинных зарядов более 100 мс позволяют увеличить КПД взрыва...». Не ясно на какую величину возрастает КПД взрыва, и в какой степени влияет на изменение гранулометрического состава взорванной горной массы. Соответствующий сравнительный анализ не приведен.

Отмеченные замечания не снижают теоретической значимости и практической ценности работы.

## 8. Заключение

Представленная на отзыв диссертация «Разработка технологии взрывного рыхления скальных пород с минимальным перемешиванием горной массы» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической ценностью.

В диссертации в полном объеме реализована, отражена в результатах и в публикациях цель работы — выбор и обоснование способов взрывного рыхления, позволяющих минимизировать примешивание пустых пород к рудной массе при открытом способе добычи.

Основные результаты, положения и рекомендации диссертации широко апробированы и получили одобрение горной общественности на международных конференциях и симпозиумах, опубликованы в 19 научных работах, из них: 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ; 7 статей в изданиях, индексируемых базами Web of Science и Scopus, 4 — в прочих изданиях, получено 4 патента РФ на изобретение. Представленные в диссертации основные выводы и рекомендации эффективно использованы для совершенствования параметров взрывных работ на предприятиях ГК ПЕТРОПАВЛОВСК.

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 завершенной 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 горных 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 ученых степеней» ВАК РФ, а ее автор, Плотников Андрей Юрьевич, заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.8.6 – Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на научном семинаре лаборатории разрушения горных пород ИГД УрО РАН «27» января 2023 г., протокол № 1.

Руководитель научного семинара:

Старший научный сотрудник лаборатории разрушения горных пород ИГД УрО РАН,  
кандидат технических наук: Реготунов Андрей Сергеевич

*[Handwritten signature]*

Отзыв составил:

Жариков Сергей Николаевич – кандидат технических наук, заведующий лабораторией разрушения горных пород ИГД УрО РАН.

*Morgan*

Жариков Сергей Николаевич согласен на обработку персональных данных, необходимых для работы диссертационного совета.

ку персональных данных

### Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения наук Российской академии наук

Адрес: 620075, г.Екатеринбург, ул.Мамина-Сибиряка, д.58

Телефон: +7(343) 350-21-86

Fax: +7(343) 350-21-  
E-mail: direct@igduran.ru

Подписи заведующего лабораторией разрушения горных пород ИГД УрО РАН Жарикова Сергея Николаевича и старшего научного сотрудника лаборатории разрушения горных пород ИГД УрО РАН Реготунова Андрея Сергеевича заверяю.

Начальник отдела кадров ИГД УрО РАН  
Коптелова Светлана Валерьевна

