

## ОТЗЫВ

официального оппонента Габарасва Олега Знауровича на диссертацию Зубкова Антона Анатольевича на тему: «ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ РАБОТ И СНИЖЕНИЕ РИСКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ РУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СИСТЕМАМИ РАЗРАБОТКИ С ТВЕРДЕЮЩЕЙ ЗАКЛАДКОЙ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К НОВОМУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная)

### 1. Актуальность избранной темы

Диссертация Зубкова Антона Анатольевича направлена на решение актуальной научно-практической проблемы – интенсификации горных работ и снижение рисков эксплуатации подземного рудника при освоении месторождений на больших глубинах в особо сложных условиях – при наличии напорных вод, газоносности массива горных пород. Решение проблемы осуществляется на основе обоснования условий перехода подземного рудника к новому технологическому укладу в сложных горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях, что обеспечивает повышение эффективности и снижение рисков функционирования горнотехнической системы при подземной разработке мощных рудных месторождений.

Последние десятилетия развития мировой горнодобывающей промышленности отмечены устойчивой тенденцией перехода на большие глубины освоения подземного пространства, вовлечение в разработку сложных в технологическом обеспечении запасов руд. Повышение экономической эффективности и обеспечение условий безопасного освоения месторождений требуют обоснования новых принципов проектирования горнотехнических систем освоения запасов месторождений на основе внедрения инновационных геотехнологий. При этом качественно изменяются конструктивные и технологические параметры систем разработки. Автором доказано, что поддержание выбывающих мощностей с учетом тенденций снижения качества добываемого сырья и требования повышения показателей эффективности функционирования горнотехнической системы можно достичь за счет интенсификации горных работ и снижения рисков эксплуатации подземных рудников при переходе к новому технологическому укладу.

Обобщение условий развития подземных работ на мощных подземных рудниках при осложнении горно-геологических, гидрологических характеристик рудных залежей и геомеханических условий освоения вовлекаемых в эксплуатацию глубоких горизонтов рудных месторождений позволило установить возможность снижения риска эксплуатации рудного месторождения системами разработки с твердеющей закладкой на основе совершенствования и синхронизации продолжительности основных

ЗАРЕГИСТРИРОВАННОЕ ВОСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ЛИЦО	
ФГБОУ ВО «ИТТУ» им. Г.И. Носова	
№	_____
Дата регистрации	02.09.2022
Фамилия регистратора	_____

геотехнологических процессов и определения рационального направления отработки месторождения.

В связи с этим, диссертация Зубкова А.А., посвященная обоснованию условий перехода подземного рудника к новому технологическому укладу в сложных горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях с обеспечением интенсификации горных работ имеет важное социально-экономическое значение для развития горнодобывающей промышленности России и полностью соответствует критерию актуальности докторской диссертации.

## **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.

Первое научное положение связано с принципами и условиями перехода горнотехнической системы с применением твердеющей закладки к новому технологическому укладу, которые базируются на гармоничном совершенствовании основных и вспомогательных геотехнологических процессов, сдерживающих рост интенсивности горных работ. Доказано, что это: проходка и крепление горных выработок, формирование изолирующих перемычек, несущих потолочин, заполнение выработанного пространства твердеющей смесью, а также определение рационального направления развития горных работ.

Согласно второму защищаемому положению, переход с нисходящего на восходящее направление выемки запасов месторождения в усовершенствованном варианте камерной системы разработки с твердеющей закладкой позволяет сократить продолжительность отработки блока не менее, чем в два раза. Доказано, что снижение требований к нормативной прочности закладочной смеси обеспечивает экономию затрат на формирование закладочного массива на 25–50%.

В соответствии с третьим защищаемым положением, реализация технологий проведения и крепления горных выработок с применением усовершенствованных конструкций самозакрепляющихся анкеров (СЗА) и решений по формированию комбинированной усиленной крепи на основе армокаркаса, металлической сетки, СЗА и торкрет-бетона позволяет сократить сроки проходки подготовительно-нарезных выработок на 33–40% в породах III и IV категорий устойчивости и на 30% в породах V категории устойчивости.

Четвертое положение подтверждает, что реализация предложенной технологии крепления очистных заходок рамами СВП-22 взамен СВП-27 при длине уходки забоя 1 м и усовершенствовании схемы организации работ с переносом всех подготовительных операций на поверхность шахты обеспечивает увеличение скорости проходки очистных выработок с 90 до 120 м в месяц при сокращении себестоимости на 25–30%.

В соответствии с пятым положением, внедрение предложенного безопалубочного способа возведения изолирующих перемычек с использованием ускорителей схватывания твердеющей смеси и формированием несущего слоя закладочного массива в основании камеры на высоту, не меньше высоты перемычки, при отказе от цикличности процесса, способствует сокращению, более чем вдвое, срока формирования несущего слоя и исключает его слоистость.

Согласно шестому защищаемому в диссертации положению, повышение интенсивности и снижение рисков ведения горных работ обеспечиваются выбором схемы их развития на выемочном участке и в выемочных единицах с максимальным совмещением технологических процессов в смежных камерах и достижением сбалансированности продолжительности процессов извлечения и воспроизводства запасов при синхронизации интенсивности смежных процессов и сокращении межпроцессных пауз.

В целом, обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, базируется на общепринятых теоретических положениях, сформулированных ранее в исследованиях российских и зарубежных ученых, и подтверждается соответствием теоретических исследований практическим результатам, а также использованием разработанных автором научных и технологических решений в проектных решениях. Предложенные автором диссертации решения аргументированы и имеют научную и практическую новизну по сравнению с известными решениями.

### **3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность выводов и рекомендаций, полученных в диссертационной работе, подтверждается применением комплексного метода исследований, включающего: анализ источников научно-технической информации по тематике работы, мониторинг состояния горных работ на действующих рудниках; проведение лабораторных, опытно-промышленных и промышленных экспериментов, физического, математического и экономико-математического моделирования; натурные эксперименты по изучению конструкций, показателей возведения и несущей способности крепи, лабораторные и натурные исследования свойств и состояния природных и техногенных массивов; масштабные опытно-промышленные эксперименты в условиях действующих подземных рудников; статистическую обработку результатов исследований.

### **4. Научная новизна работы**

Научная новизна работы заключается в обосновании:

– концептуального подхода к повышению интенсивности отработки запасов рудного месторождения системами разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства при переходе к новому технологическому укладу,

предусматривающему гармоничное совершенствование основных и вспомогательных геотехнологических процессов, сдерживающих рост интенсивности горных работ: проходки и крепления горных выработок, формирования изолирующих перемычек, несущих потолочин, заполнения выработанного пространства твердеющей смесью, а также на определении рационального направления и развития горных работ;

- параметров технологии и способа формирования изолирующих перемычек безопасным методом в режиме непрерывной подачи закладочной смеси с отказом от цикличности процесса, что позволяет сформировать равнопрочный несущий закладочный массив на всю высоту перемычки и обеспечивает увеличение скорости подготовки камеры к закладке более чем в два раза;

- методики расчета параметров самозакрепляющейся анкерной крепи различной модификации в сочетании с усиливающими элементами в специфических горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях, отличающейся учетом способа и характера закрепления анкера в замке и силового воздействия дополнительных несущих элементов;

- зависимости нормативной прочности твердеющей закладочной смеси при нисходящем порядке отработки месторождения от ширины камер и мощности несущего слоя;

- методов повышения коррозионной стойкости анкерной крепи в агрессивной рудничной среде, выбор которых определяется способом возведения и конструктивными особенностями крепи, сроком ее эксплуатации, а также спецификой свойств и состава укрепляемых горных пород.

## **5. Значимость для науки и практики полученных автором результатов**

К основным научным результатам представленной диссертации следует отнести обоснованные и доказанные автором диссертации в процессе проведения исследований результаты:

- установлено, что применение усовершенствованных конструкций фрикционного анкера совместно с армокаркасом позволяет отказаться от опыта укрепления поверхностей с использованием металлической сетки. Эффективным подходом является также укрепление вмещающего массива тампонажем;

- разработана методика расчета несущей способности и параметров самозакрепляющейся анкерной крепи различной модификации в сочетании с усиливающими элементами в специфических горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях, отличающаяся учетом способа и характера закрепления анкера в замке и силового воздействия дополнительных несущих элементов;

- доказано, что формирование изолирующих перемычек безопасным методом с отказом от цикличности процесса формирования закладочного массива

позволяет возводить несущий слой закладочного массива на всю высоту, исключая его слоистость и обеспечивая увеличение скорости подготовки камеры к закладке более чем в два раза;

– усовершенствованы варианты камерной системы разработки с нисходящим и восходящим направлением освоения запасов месторождений, отличающиеся тем, что в них отсутствуют боковые заезды в камеры, по сравнению с базовым вариантом. Показано существенное сокращение удельного объема подготовительно-нарезных работ – в 2,37 раза в варианте нисходящей отработкой месторождения и в 3,55 раза при восходящей выемке запасов;

– установлено, что переход в усовершенствованном варианте камерной системы разработки с твердеющей закладкой с нисходящего на восходящий порядок выемки запасов месторождения позволяет сократить продолжительность отработки блока не менее, чем в два раза; при этом снижение требований к нормативной прочности закладочной смеси обеспечивает экономию затрат на формирование закладочного массива на 25–50%.

– предложен новый концептуальный подход к повышению интенсивности отработки запасов рудного месторождения системами разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства при переходе к перспективному технологическому укладу, базирующийся на гармоничном совершенствовании основных и вспомогательных геотехнологических процессов, сдерживающих рост интенсивности горных работ, что способно обеспечить рост производственной мощности рудника не менее, чем в два раза;

– произведены анализ опасностей и оценка уровня рисков возникновения и развития аварий на объектах ведения подземных горных работ на медно-колчеданных месторождениях Урала. Идентификация опасностей по объектам исследований, сгруппированных по типу гипотетически возможных аварий, связанных с видом применяемых крепей и условиями ведения закладочных работ, показала, что внедрение комплекса предлагаемых инновационных технологических решений позволяет снизить уровень риска эксплуатации подземного рудника практически на порядок;

– выполнена сравнительная оценка экономической эффективности внедрения разработанных вариантов систем разработки камерами с твердеющей закладкой при восходящем и нисходящем порядке отработки запасов месторождения с варьированием ширины камер (10, 16 и 25 м) и обоснованием возможности совмещения работ в смежных камерах одного горизонта и в смежных подэтажах применительно к условиям отработки медно-колчеданного месторождения Озерное. Показана предпочтительность выемки запасов в восходящем порядке камерами, шириной 25 м, с совмещением работ в смежных подэтажах. При этом производительность отработки запасов камер увеличивается в 2,43 раза при экономическом эффекте 1395 млн руб. в год.

Практическая значимость диссертации заключается в разработке и внедрении технологических рекомендаций по повышению интенсивности горных работ на подземных рудниках при разработке мощных рудных месторождений в сложных горно-геологических, гидрологических и геомеханических условиях.

## **6. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Полученные результаты исследований рекомендуются к использованию при проектировании и эксплуатации горнотехнической системы для обеспечения безопасной и эффективной разработки рудных месторождений. Основные положения диссертационной работы использованы в проектных решениях по отработке месторождений Учалинское, Узельгинское, Озерное, Гайское и ряда других.

## **7. Оценка содержания диссертации, ее завершенность.**

Работа является завершенным научным исследованием, изложена логично последовательно, грамотно, доступным языком, с использованием современной терминологической базы, принятой в горной науке и производстве. Обработку результатов исследований соискатель выполнил при помощи современных компьютерных технологий. Диссертация отвечает всем требованиям, предъявляемым к научно-исследовательской работе, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.22. – Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, шести глав, заключительных выводов и рекомендаций, списка использованной литературы, насчитывающего 221 наименование. Работа изложена на 360 страницах, содержит 55 таблиц и 99 рисунков.

**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 положения диссертации опубликованы в 52 научных работах, из них: 14 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ и входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования; 17 — в прочих изданиях; 1 монография, 1 учебное пособие, получено 19 патентов. Печатные работы автора всесторонне и полно освещают основные положения диссертации.

**Апробация работы.** Основные идеи и содержание диссертационной работы широко апробированы на Международном научном симпозиуме «Неделя горняка» (г. Москва, 2016–2022), Международной научно-технической

конференции «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений» (г. Екатеринбург, 2012, 2017, 2018), Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» (г. Бишкек, 2015), Международной конференции «Комбинированная геотехнология» (г. Магнитогорск, 2013, 2015, 2017, 2019, 2021), Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию института «Якутнипроалмаз» АК «АЛРОСА», «Горнодобывающая промышленность в XXI веке: вызовы и реальность» (г. Мирный, 2021), Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в области теории и практики добычи и переработки минерального и техногенного сырья» (г. Екатеринбург, 2019), на Всероссийской научно-практической конференции «Золото. Полиметаллы. XXI век» (г. Челябинск, г. Пласт, 2020, 2022), Международной научной школе академика К.Н. Трубецкого «Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр» (г. Москва, 2018, 2020).

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

Неоспоримым достоинством работы являются концептуальный подход к повышению интенсивности отработки запасов рудного месторождения системами разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства при переходе к новому технологическому укладу, базирующийся на гармоничном совершенствовании основных и вспомогательных геотехнологических процессов, сдерживающих рост интенсивности горных работ: проходки и крепления горных выработок, формирования изолирующих перемычек, несущих потолочин, заполнения выработанного пространства твердеющей смесью, а также на определении рационального порядка развития горных работ. Автором предложена методика расчета параметров самозакрепляющейся анкерной крепи различной модификации в сочетании с усиливающими элементами в специфических горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях, отличающаяся учетом способа и характера закрепления анкера в замке и силового воздействия дополнительных несущих элементов. Установлены зависимости нормативной прочности твердеющей закладочной смеси при нисходящем порядке отработки месторождения от ширины камер и мощности несущего слоя. Автором разработаны технологические рекомендации по повышению интенсивности горных работ и становлению нового технологического уклада на крупных отечественных подземных рудниках.

Автором получен ряд новых научных положений, имеющих важное теоретическое и практическое значение для горной промышленности России.

#### **9. Недостатки в содержании и оформлении диссертации**

1. Из представленных на рисунках 12 и 13 (с.26 автореферата) вариантов камерной системы разработки с твердеющей закладкой трудно понять отличие в порядке отработки запасов в пределах очистной камеры, рисунки отличаются направлением бурения веера скважин из буровых ортов.

2. Сравнительная оценка усовершенствованных вариантов систем разработки таблица 3 (с. 28 автореферата) носит описательный характер, на наш взгляд надо было привести количественные показатели технологии разработки.

3. Из рисунка 20 «Производительность камерных систем разработки по вариантам 1-5» и текста автореферата не совсем понятно, как можно увеличить производительность по системе разработки в два раза оптимизацией конструктивных элементов системы разработки, созданием квазиизотропного закладочного массива, новым способом возведения изолирующих закладочных перемычек и применением современных вяжущих?

4. Расчеты показателей системы разработки по общеизвестным методикам в разделе 3.2. (с.121-146 диссертационной работы) без ущерба для содержания можно было бы вынести в приложения.

5. В новизне и заключении работы заявлена «методика расчета несущей способности и параметров самозакрепляющейся анкерной крепи различной модификации в сочетании с усиливающими элементами в специфических горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях, отличающаяся учетом способа и характера закрепления анкера в замке и силового воздействия дополнительных несущих элементов», а в диссертации раздела с таким же названием нет.

Указанные замечания не снижают значимости диссертации. Полученные результаты и выводы изложены последовательно, в соответствии с решаемой проблемой, и образуют единство сформулированных рекомендаций и положений, выносимых на защиту.

Содержание диссертации, научные положения, основные результаты и выводы диссертации соответствуют паспорту специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней**

Оценивая диссертацию Зубкова А.А. в целом, следует отметить, что она является законченной научно-квалификационной работой, свидетельствующей о личном вкладе автора в развитие горной науки. В диссертации на основе выполненных автором исследований обоснована совокупность актуальных научно-технических решений по определению условий и параметров перехода подземного рудника к новому технологическому укладу в сложных горно-геологических, геомеханических и горнотехнических условиях с обеспечением интенсификации горных работ для повышения эффективности и снижения рисков функционирования



горнотехнических систем, что имеет важное социально-экономическое значение для развития горнодобывающей промышленности 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 автора. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации по всем квалификационным признакам: цели, задачам, пунктам научной новизны, практической значимости, положениям, выносимым на защиты. 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 докторским диссертациям, и заслуживает положительной оценки, а ее автор, Зубков А.А., достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

Официальный оппонент

заведующий кафедрой «Горное дело» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)» доктор технических наук, профессор, специальность – 05.15.02 – «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых»

 Габараев Олег Знаурович

25 августа 2022 г.

Подпись заведующего кафедрой «Горное дело» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)» доктора технических наук, профессора Габараева Олега Знауровича удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого совета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»



 Л.М. Базаева

362021, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, д. 44  
ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)»

Телефон: 8-(8672)-407-313, e-mail gabaraev59@mail.ru.