На правах рукописи

Алексеев Роман Радионович

ИЗЫСКАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ С ЗАКЛАДКОЙ В УСЛОВИЯХ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НОРИЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Специальность 25.00.22 – «Геотехнология
(подземная, открытая и строительная)»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Красноярск 2022

Работа выполнена в ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

Научный руководитель: **Анушенков Александр Николаевич,**
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Официальные оппоненты: **Неверов Сергей Алексеевич,**
доктор технических наук,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД СО РАН), лаборатория «Подземной разработки рудных месторождений», заведующий

Пирогов Геннадий Георгиевич,
доктор технических наук, доцент,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Забайкальский государственный университет», кафедра «Подземной разработки месторождений полезных ископаемых», профессор

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Заполярный государственный университет им. Н.М. Федоровского»

Защита состоится 15 сентября 2022 года в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.099.23, созданного на базе ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», 660025, Красноярск, проспект им. газеты Красноярский рабочий, 95, ауд. 219

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» и на сайте университета: www.sfu-kras.ru.

Автореферат разослан «1» августа 2022 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета Попова Марина Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Одними из сложных, для разработки, геологических объектов являются наклонные рудные залежи. Высокие потери и разубоживание, прихват вмещающих пород при использовании известных вариантов технологий выемки наклонных рудных залежей оставляют открытым вопрос о рассмотрении наиболее эффективного способа разработки месторождений, поэтому совершенствование технологии является актуальной научно-технической задачей, решение которой позволит увеличить производительность труда, улучшить качественные и количественные показатели извлечения, снизить себестоимость добычи, а также увеличить безопасность ведения горных работ.

Цель работы направлена на выбор продуктивных вариантов камерных систем разработки с закладкой для отработки наклонных мощных рудных тел и поиск конструктивных решений, обеспечивающих целесообразное соотношение между потерями, разубоживанием и экономическими затратами, а также обеспечивающими безопасность ведения горных работ.

Объект исследования – технология разработки наклонных мощных рудных тел.

Предмет исследования – способ воздействия на технологию разработки наклонных мощных рудных тел, путем изменения азимута заложения горных выработок.

Идея работы состоит в переходе на технологии добычи руд с использованием изменения азимута заложения нарезной выработки относительно подготовительной выработки в горизонтальной плоскости, для обеспечения дальнейшей отработки очистной камеры с минимизацией потерь и разубоживания в процессе очистной выемки полезного ископаемого.

Методика исследований. При выполнении работы применялась комплексная методика, включающая анализ результатов и обобщения опыта

освоения месторождения мощных полезных ископаемых на больших глубинах, технологическое моделирование, экономико-математическое моделирование, технико-экономическую и вероятностную оценку результатов исследований и их статистическую обработку.

На основе обобщения результатов исследований, актуальности проблемы и определения основных тенденций и перспектив роста эффективности геотехнологии, определены **задачи исследования:**

- развитие научно-методических основ проектирования разработки наклонных залежей в сложных горно-геологических условиях;

- совершенствование и обоснование параметров технологии выемки руд в сложных горно-геологических условиях;

- разработка технологических рекомендаций по обеспечению рентабельности подземной разработки наклонных рудных залежей и оценка их экономической эффективности.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. При отработке наклонных залежей с углами залегания от 8^0 до 15^0, наиболее эффективным является применение камерной системы разработки с закладкой, в которой азимут заложения очистных камер относительно подготовительной выработки, находится в пределах от 85^0 до 60^0.

2. Азимут заложения очистных камер, относительно доставочного штрека, определяется таким образом, чтобы угол поворота разрезного орта в месте «засечки» соответствовал техническим возможностям погрузочно-доставочных машин и буровых установок, и рассчитывается по формуле:

$$\alpha_З = \arcsin\left(\frac{\sin(\alpha_В)}{\tan(\alpha)}\right),$$

где $\alpha_З$ - угол заложения камеры относительно доставочного штрека в горизонтальной плоскости, град.; $\alpha_В$ - угол наклона выработки для заезда самоходного оборудования, град.; α - угол падения залежи, град.

3. Применение наклонных камер при отработке рудных залежей снижает величину потерь на 1,5-2,0% и разубоживания на 2,0-2,5%, увеличивает прибыль с 1 тонны погашаемых балансовых запасов на 2,0-3,0 % и обеспечивает более полное заполнение выработанного пространства закладкой.

Достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций обеспечена представительным объемом исходных данных, применением современных методов анализа и моделирования, достоверной сходимостью результатов исследований, полученных различными методами, использованием современного оборудования и методик, а также получением патента на изобретение.

Научная новизна.

1. Установлена эффективная область применения отработки рудных залежей камерной системой разработки с закладкой и заложением камер под углом относительно подготовительной выработки.

2. Установлены зависимости величин потерь и разубоживания и прибыли с 1 тонны погашаемых балансовых запасов от азимута заложения камер при отработке рудных залежей.

3. Предложен способ подземной разработки рудных залежей, обеспечивающий снижение затрат на подготовительные выработки, улучшение показателей использования недр и повышение прибыли с 1 тонны погашаемых балансовых запасов.

Личный вклад автора состоит в обобщении опыта отработки рудных залежей, установлении особенностей состояния геологических запасов, совершенствовании и обосновании параметров геотехнологии выемки рудного тела, составлению технологических рекомендаций по подземной разработке Норильского рудного района с оценкой их экономической эффективности, получение патента на изобретение по отработке месторождений данного типа.

Практическое значение работы заключается в том, что разработанные рекомендации по повышению эффективности отработки рудных залежей

камерной системой разработки с закладкой позволяют уменьшить потери и разубоживание в процессе разработки месторождения полезных ископаемых, повысить безопасность и производительность труда при производстве горных работ.

Реализация работы: по результатам исследования выявлена возможность применения предлагаемых вариантов отработки рудных залежей в условиях Октябрьского и Талнахского месторождений, разрабатываемых ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель». Результаты выполненной работы используются при подготовке студентов направления 130400 - «Горное дело», по специальности 130404.65 - «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», в дисциплинах «Технология очистной выемки руд», «Технология подземной разработки месторождений полезных ископаемых» и «Проектирование рудников», учебного процесса кафедры «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» ИГДГиГ ФГАОУ ВО СФУ (курса лекций, лабораторные и практические занятия).

Апробация работы. Основное содержание работы и ее отдельные положения докладывались и получили одобрение на студенческих научно-практических конференциях «Молодежь и наука» г. Красноярск в 2013-2014 годах, «Проспект свободный» г. Красноярск в 2016-2017 годах, исследование удостоено диплома II степени всероссийского конкурса дипломных проектов в г. Санкт-Петербург в 2014 году.

Публикации. По теме исследования опубликовано шесть печатных работ, три из которых входят в издания из перечня рекомендованных научных журналов ВАК, получен один патент РФ на изобретение, в работах отражена суть научных положений, выносимых на защиту.

Объем и структура работы. Диссертационная работа изложена на 222 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, заключения и 2 приложений. Содержит 113 библиографических источников, 85 таблиц, 71 рисунок и 162 формулы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первая глава посвящена опыту отечественной и зарубежной практики технологии разработки рудных тел, анализу современного состояния безопасности и производительности ведения горных работ.

Вопросам технологий добычных работ при разработке месторождений со сложными горно-геологическими условиями с использованием самоходного оборудования, посвящено достаточно много исследований, которым посвятили свои труды Д.М. Бражников, Н.Ф. Замесов, М.И. Агошков, В.Р. Именитов, М.Н. Цыгалов, О.Н. Байконуров, В.П. Волощенко, З.Р. Маланчук и другие.

Несмотря на имеющийся опыт, далеко не во всех случаях найдены технологии добычи, учитывающие все особенности отработки наклонных мощных залежей.

Разработка наклонных месторождений, залегающих на большой глубине, сопряжена с определенными трудностями, связанными с «неудобными» углами залегания рудных тел. Широкомасштабное внедрение самоходной техники в подземное горное производство с одной стороны ведет к увеличению технологичности горных работ и повышению их производительности, а с другой накладывает определенные ограничения к вариантам подготовки выемочных единиц, связанные с техническими возможностями самоходной техники.

Одним из характерных примеров разработки месторождений, залегающих на большой глубине, имеющих большое количество мощных залежей с наклонным падением, являются Норильские рудники, основными технологиями разработки которых, являются камерные и слоевые системы с твердеющей закладкой.

На рудниках Норильского ГМК наиболее распространена камерная система разработки с закладкой выработанного пространства, особенностью которой является то, что выемочная единица (блок) разделяется на вертикальные полосы (ленты), которые отрабатываются камерами в определённой последовательности,

обеспечивающими простоту подготовки и сохранность массива налегающих пород кровли.

Достоинствами камерной системы разработки являются: сравнительно простая схема подготовки и проветривания, безлюдная выемка полезного ископаемого, сравнительно низкий расход затрат на бурение и отгрузку добытого полезного ископаемого по сравнению со слоевой системой.

Анализ применяемых вариантов систем разработки выявил, что направлениями для изыскания по совершенствованию технологии добычи являются: сложность соблюдения проектного контура очистной выемки; увеличенный объем потерянной руды и примешанных пород на контакте руда-порода; потеря качества полезного ископаемого в процессе добычи (разубоживание); увеличенный объем горно-подготовительных работ; невозможность применения систем до определённых пролётов и глубины разработки вследствие разрушения руды в стенке очистной выработки и консольно-нависающем массиве; проблематичность использования в неустойчивых весьма-сильно нарушенных рудах и вмещающих породах.

Таким образом, обоснована актуальность совершенствования параметров технологии выемки руд в сложных горно-геологических условиях, дана обобщенная характеристика технологии отработки наклонных рудных залежей системами разработки с закладкой выработанного пространства.

Во второй главе, предложен способ, заключающийся переходом на технологию добычи руд с учетом азимута заложения нарезной выработки относительно подготовительной выработки в горизонтальной плоскости. Целью которого, является снижение объема подготовительных выработок, проводимых по пустым породам, уменьшение потерь и разубоживания при очистной выемке, для обеспечения дальнейшей отработки очистных камер с увеличением качественных и количественных показателей в процессе выемки полезного ископаемого (рисунок 1).

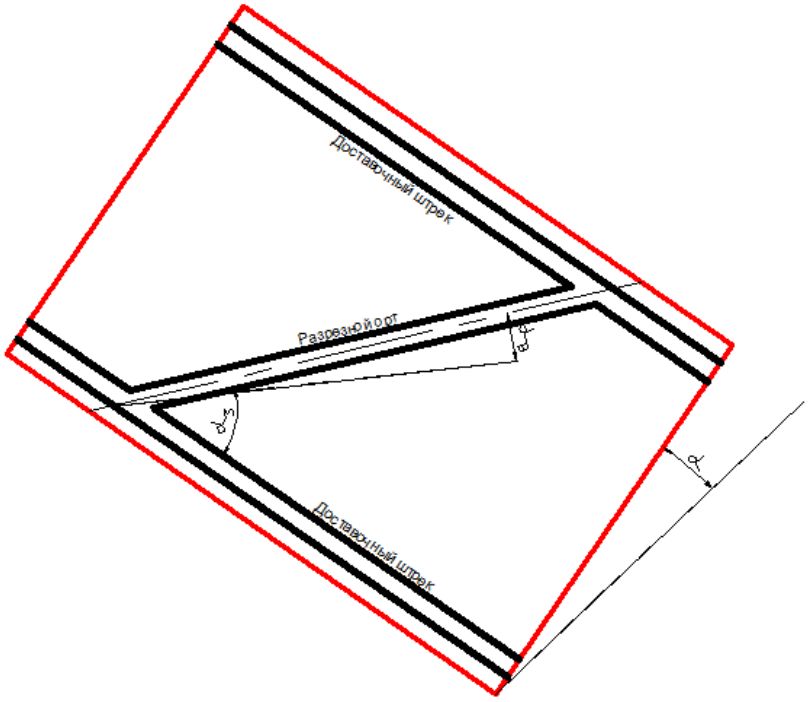


Рисунок 1 – Схема расположения залежи с учетом заложения нарезной выработки

Азимут заложения назрезной выработки, определяется таким образом, чтобы угол наклона выработки в месте «засечки» соответствовал техническим возможностям погрузочно-доставочных машин и буровых установок, обеспечивал наиболее полное «вписание» выработки в контур рудной залежи. Исходя, из угла падения залежи исчисляют азимут заложения выработки, для расчета которого, выведена тригонометрическая формула (патент RU 2651727 C1 от 23.04.2018):

$$\alpha_3 = \arcsin\left(\frac{\sin(\alpha_B)}{\tan(\alpha)}\right), \ (1),$$

где α_3 - азимут заложения нарезной выработки относительно подготовительной выработки в горизонтальной плоскости, град.; α_B - угол наклона нарезной выработки для заезда самоходного-дизельного оборудования (не более 12°, град.); α - угол падения залежи, град.

Установленные зависимости азимута заложения выработки от углов падения залежи и наклона выработки приведены на рисунке 2.

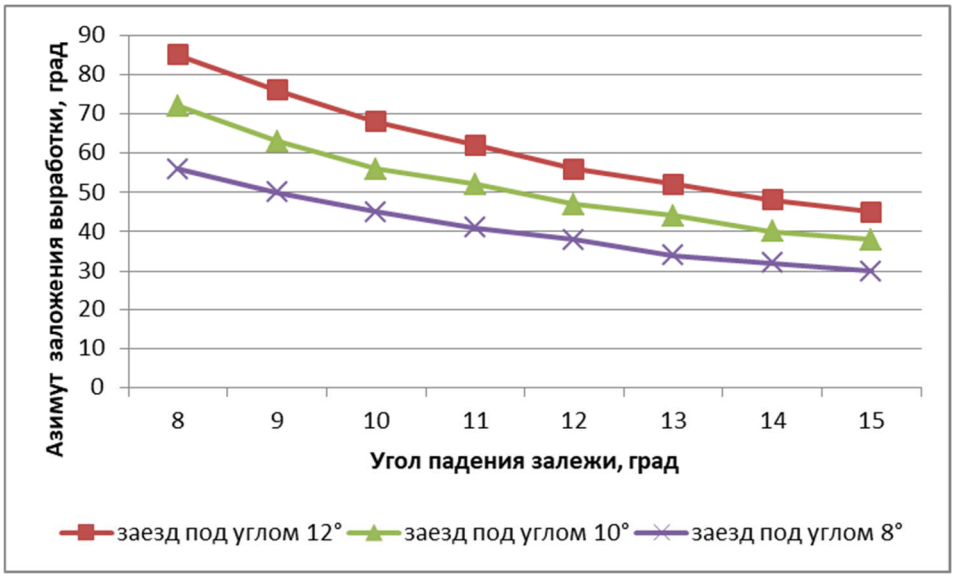


Рисунок 2 – График зависимости азимута заложения выработки от углов падения залежи и наклона выработки для заезда самоходного дизельного оборудования

На основе опыта отработки наклонных залежей в условиях Норильского месторождения медно-никелевых руд сконструирован вариант камерной системы разработки с закладкой. Способ разработки месторождения можно воспроизвести в двух вариантах:

1. С применением защитного слоя;
2. Без применения защитного слоя.

Отработка месторождения с применением защитного слоя рекомендована при ведении горных работ на больших глубинах, в условиях повышенного горного давления, неустойчивых рудах и вмещающих породах. При устойчивых рудах и вмещающих породах, небольшой глубине отработки, отсутствии повышенного горного давления, рекомендуется производить отработку залежей без применения технологии защитного слоя, используя профилактический способ «противоударных» мероприятий, в котором защищенная зона формируется путем бурения технологических разгрузочных скважин.

На рисунке 3 представлена камерная система разработки с закладкой для мощной наклонной залежи. Отработка залежи ведётся сверху вниз, вкрест простирания рудного тела в защищенной зоне, сформированной путем создания защитного бетонного слоя мощностью 5,0 метров. В соответствии с подготовкой

месторождения рудное тело вкрест простирания разбивается на секции (ленты). Секции отрабатываются камерами высотой 15,0 метров. Выемка камер происходит в шахматном порядке для обеспечения равномерного распределения горного давления.

Горно-подготовительные работы в блоке заключаются в проведении откаточного, доставочного и вент-закладочного штреков, рудоспуска.

Нарезные работы заключаются в прохождении из доставочного штрека разрезного орта.

Процесс очистной выемки начинается, путем забуривания из разрезного орта верхних восходящих комплектов буровых скважин. Отбитую руду до рудоспуска транспортируют погрузочно-доставочными машинами (ПДМ).

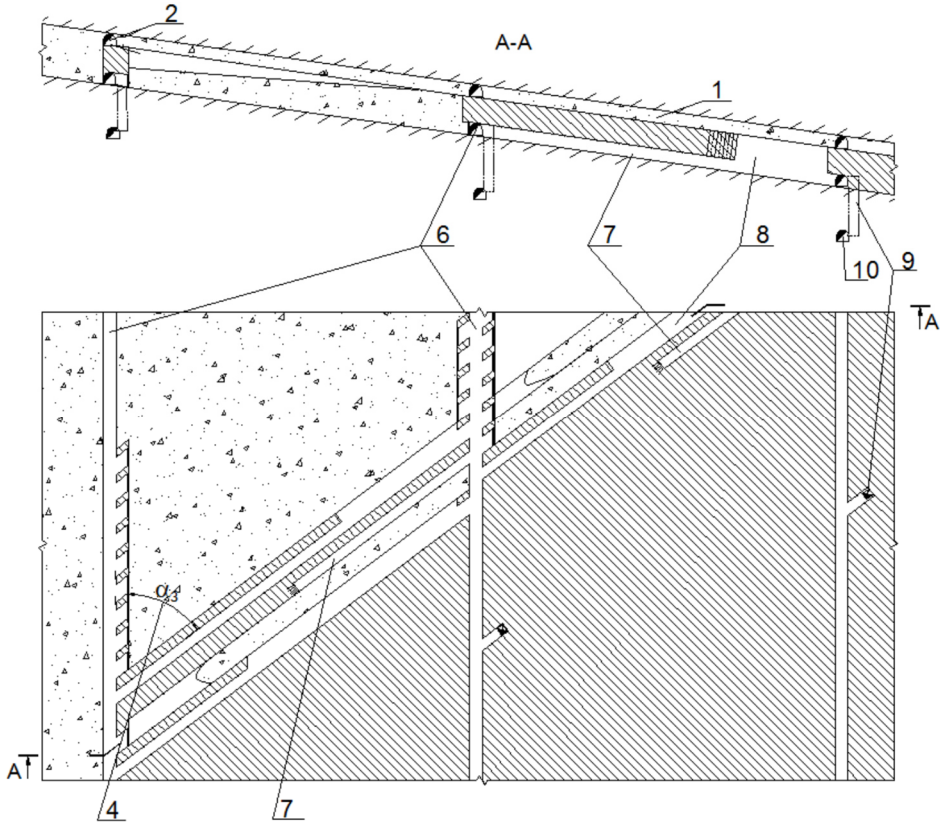


Рисунок 3 – Схема выемки камер вкрест простирания рудного тела: 1 – защитный бетонный слой; 2 – вентиляционно-закладочный штрек; 4 – угол заложения заходки относительно вентиляционно-закладочного штрека; 5 - трубопровод закладочной смеси; 6 – доставочный штрек; 7 – разрезной орт; 8 – камера; 9 – рудоспуск; 10 – откаточный штрек

После выемки руды в «устье» заходки возводится перемычка, выработанное пространство заполняется твердеющей смесью. Смесь подаётся из вентиляционно-закладочного штрека через специальный трубопровод либо закладочные скважины. При проведении подготовительных работ отбитая порода используется в качестве закладочного материала.

Стадии очистной выемки повторяются до полной отработки блока.

Подготовка защитного слоя аналогична способу проходки разрезных ортов, за исключением того, что разрезные орты проходят из вент-закладочного штрека, а секции отрабатываются на высоту разрезного орта путем расширения до максимально допустимой ширины камеры.

Проветривание тупиковых проходческих забоев осуществляется с помощью вентиляторов местного проветривания (ВМП). Свежая струя воздуха попадает под действием общешахтной депрессии по доставочному штреку через заезды в камеры, а загрязненная струя воздуха выходит из слоя через доставочный штрек соседнего блока.

Допускаются варианты системы разработки без формирования защитного слоя путем формирования защищенной зоны за счет бурения технологических разгрузочных скважин. Отличием от вышеуказанной системы является отработка блока секциями высотой до 20,0 метров.

В сконструированном варианте камерной системы разработки без применения вент-закладочного горизонта, высоту камер рекомендуется принимать не более 15.0м, для обеспечения производительности закладочных работ. Подача закладочной смеси в закладочные скважины, производится при помощи монтажа в закладочные скважины бетоновода, расположенного в доставочном штреке.

Закладочная смесь поступает в камеру за счет давления, поступающего от поверхностного доставочного комплекса, либо нагнетательной установки, расположенной непосредственно в доставочном штреке.

Угол наклона доставочного штрека совпадает с углом падения залежи, обеспечивая возможность располагать закладочные скважины, таким образом, чтобы обеспечить полную закладку камеры без оставления «недозакладов».

Исходя из опыта разработки рудных залежей, в условиях весьма сильной нарушенности руд и вмещающих пород, нахождения горной выработки в зонах влияния тектонического нарушения I и II порядка, ослабленных контактов руд и вмещающих пород кровли, рекомендуется, использовать азимут поворота разрезного орта, на расстоянии не менее 5.0 метров относительно, ближайшего к разрезному орту, бока доставочного штрека, с целью сохранения сопряжения горных выработок, обеспечения наиболее «качественного вписания» выработки в контур рудной залежи, а также сохранения целика между разрезным ортом и доставочным штреком (рисунок 4). Вариант заложения выработки данным способом рекомендуется к применению при расчетном азимуте заложения разрезного орта менее 60°, для обеспечения сохранения целика между разрезным ортом и доставочным штреком.

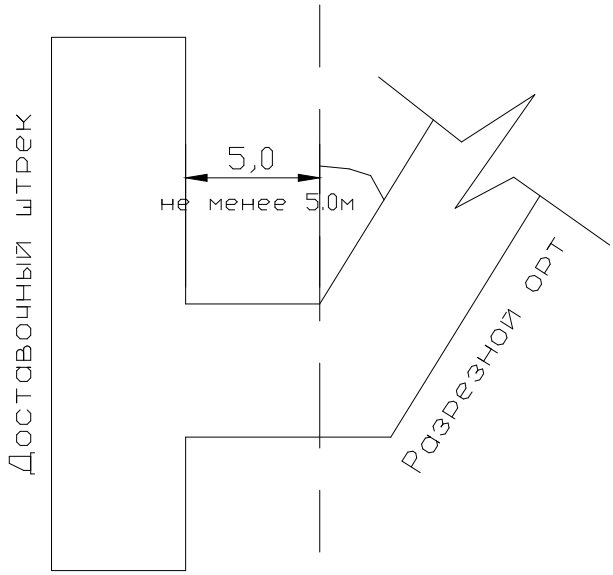


Рисунок 4 – Способ формирования сопряжения в сложных горно-геологических условиях

Сравнивая варианты сконструированных систем разработки с вариантом системы Норильского ГМК, выявлено, что у предлагаемых вариантов систем:

1. Упрощенная схема подготовки выемочной единицы;

2. Небольшой объем горно-подготовительных работ: в варианте с применением вент-закладочного горизонта: за счет снижения проведения горных выработок по пустой породе; в варианте без применения вент-закладочного горизонта: за счет отсутствия «лишних» затрат на проведение горно-подготовительных работ;

3. Расположение вент-закладочного штрека позволяет улучшить контроль за процессом закладки, за счет нахождения в «непосредственной близости» от рабочей области добычного участка.

4. Улучшена наполняемость выработанного пространства твердеющей закладкой, за счет: уменьшения длины закладочных скважин (снижение затрат на бурение); исключения фактора «непопадания» закладочных скважин в выработанное пространство; расположение вент-закладочного штрека позволяет минимизировать процент оставления недозакладов в выработанном пространстве за счет обеспечения простоты забуривания скважин.

5. Уменьшение объема потерянной руды и примешанных пород на контакте руда-порода, предусмотренный системой расчет угла заложения α_3 позволяет расположить разрезной орт в пространстве таким образом, чтобы обеспечить «вписание» стенок камеры в контур залежи.

Сравнение предлагаемого варианта системы разработки с базовым вариантом, применяемым на рудниках, отрабатывающих Норильский рудный район, показало достаточную эффективность предлагаемых технических решений.

В третьей главе представлены результаты исследования влияния азимута заложения очистных выработок на технологию разработки наклонных мощных рудных тел.

С помощью комплексного метода исследования (построения 3-D моделей в программе «Micromine» и математического моделирования), выявлено, что на соотношение между извлечением из недр и изменением качества товарной руды,

непосредственное влияние оказывает расположение очистных камер в пространстве.

Данные по наличию потерь и разубоживания построенные графическим способом, с помощью 3-D каркасов, были экспортированы и воспроизведены методикой математического расчета.

На рисунке 5 представлено расположение разрезного орта (РО) и доставочного штрека (ДШ) в сконструированном варианте системы разработки для наклонной залежи с углом падения 8°.

Исходя из предлагаемой формулы, азимут заложения разрезного орта составит:

$$\alpha_3 = \arcsin\left(\frac{\sin(\alpha_B)}{\tan(\alpha)}\right) = \arcsin\left(\frac{\sin 12°}{\tan 8°}\right) = 85{,}38°, (2).$$

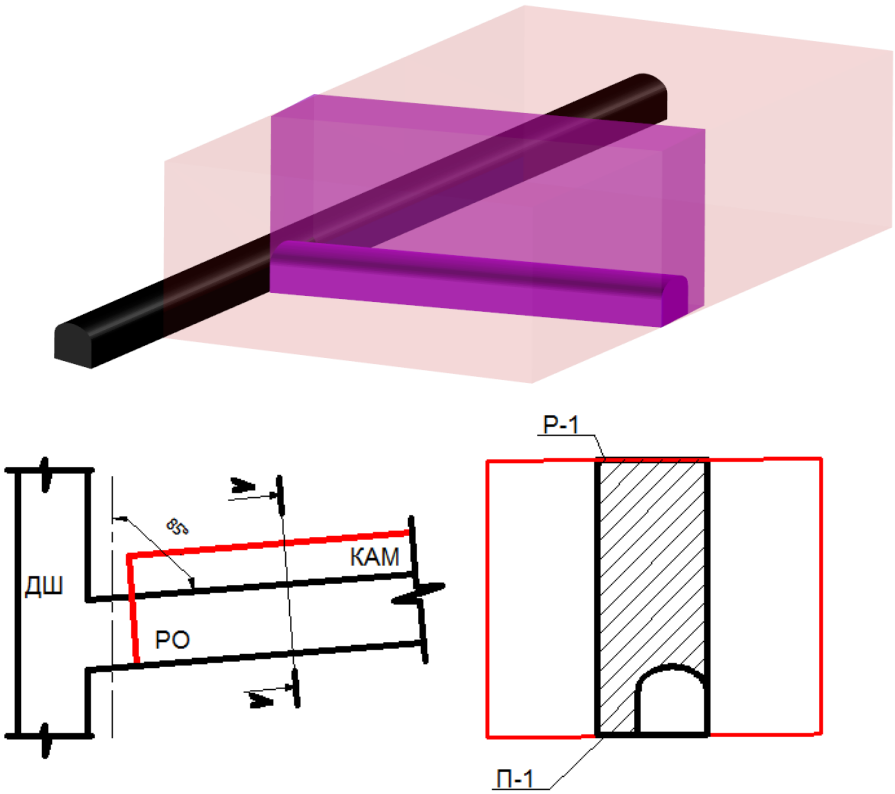


Рисунок 5 – Схема расположения разрезного орта и доставочного штрека при использовании варианта сконструированной системы разработки для угла падения рудного тела 8°: Р-1 – разубоживание на контакте руда-порода; П-1 – потери на контакте руда-порода

На рисунке 6 показаны потери и разубоживание, получаемые при использовании базового варианта камерной системы разработки с закладкой, применяемой на Норильских рудниках.

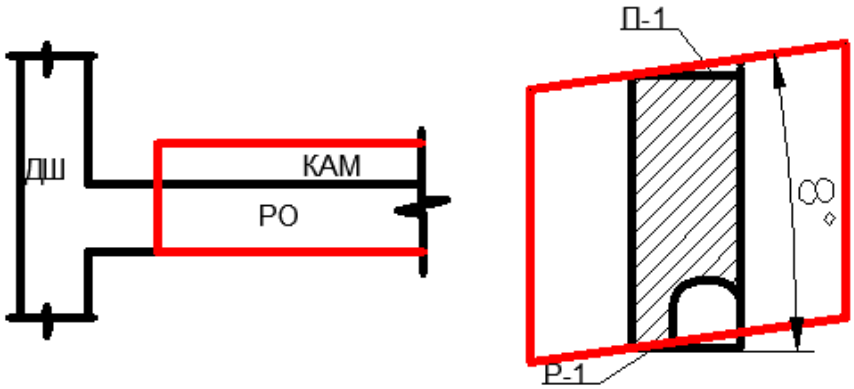


Рисунок 6 – Схема расположения слоевого орта и разрезного штрека при использовании базового варианта системы разработки для угла падения рудного тела 8°: Р-1 – разубоживание на контакте руда-порода; П-1 – потери на контакте руда-порода.

Из рисунков 5,6 установлено, что при расположении рудного тела, ориентированного на увеличение угла падения залежи вкрест простирания, разрезной орт за счет изменения расположения в пространстве, располагается в контуре залежи с минимальными потерями (0.2%) и разубоживанием (0.2%), что обеспечивает полноту и качество выемки полезного ископаемого, повышая экономический эффект. Потери и разубоживание в базовом варианте при аналогичных горно-геологических условиях составляют: П-1 = 3.5%, Р-1 – 1.9%, что составляет на 1.5-2.0% больше, чем в предлагаемом варианте, подтверждая, что азимут заложения разрезной выработки активно оказывает влияние на качество и количество добытого полезного ископаемого.

Использование различных конфигурации кровли и стенок камер, помимо варианта с вертикальными стенками (под углом 90°), дает возможность контролировать качество и прихват вмещающих пород, что позволяет обеспечить минимизацию потерь и разубоживания в процессе очистной выемки рудных залежей.

Исходя из результатов моделирования , выявлены распространённые места и источники потерь и разубоживания, характерные для предложенного способа подземной разработки рудных залежей (рисунок 7).

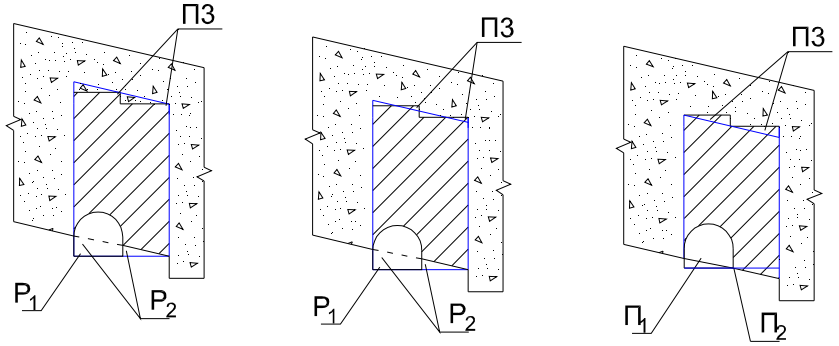


Рисунок 7 – Места и источники потерь и разубоживания: $П_1$ – потери на почве выработок, $П_2$ – потери на контакте почвы руда-порода, $П_3$ – потери на контакте руда-бетон, $Р_1$ – разубоживание на почве выработок, $Р_2$ – разубоживание на контакте почвы руда-порода.

Потери и разубоживание, полученные при рассмотрении углов для систем разработки без применения защитного слоя представлены на рисунке 8, для систем разработки с применением защитного слоя на рисунке 9.

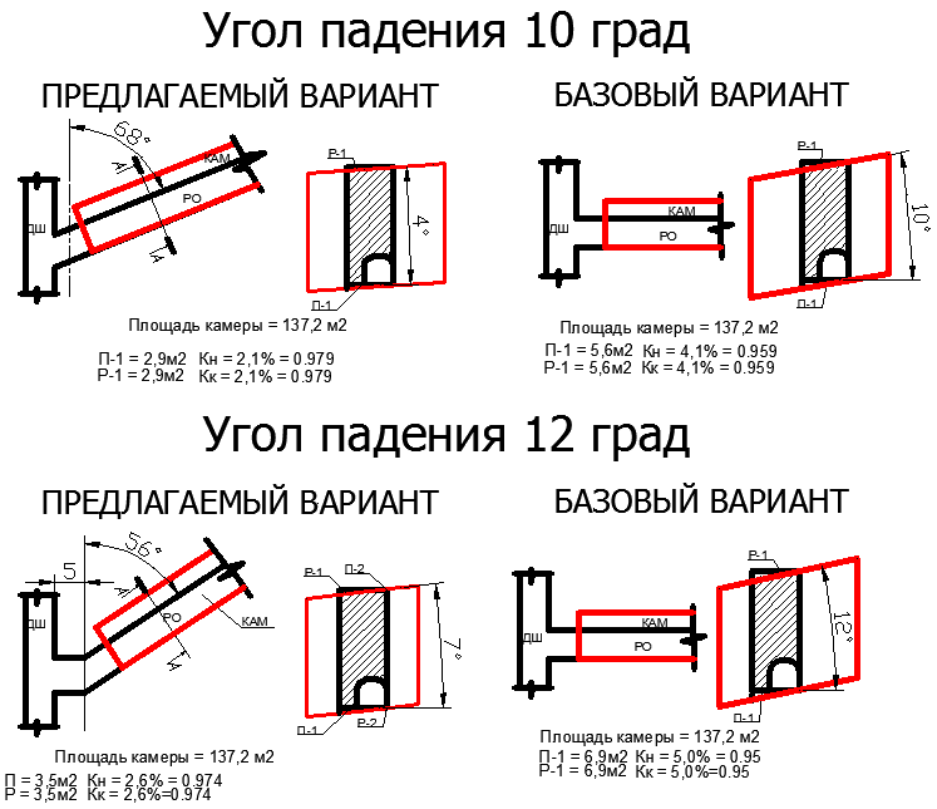


Рисунок 8 – Схемы расположения базового и предлагаемого варианта для углов 10°,12° без применения защитного слоя

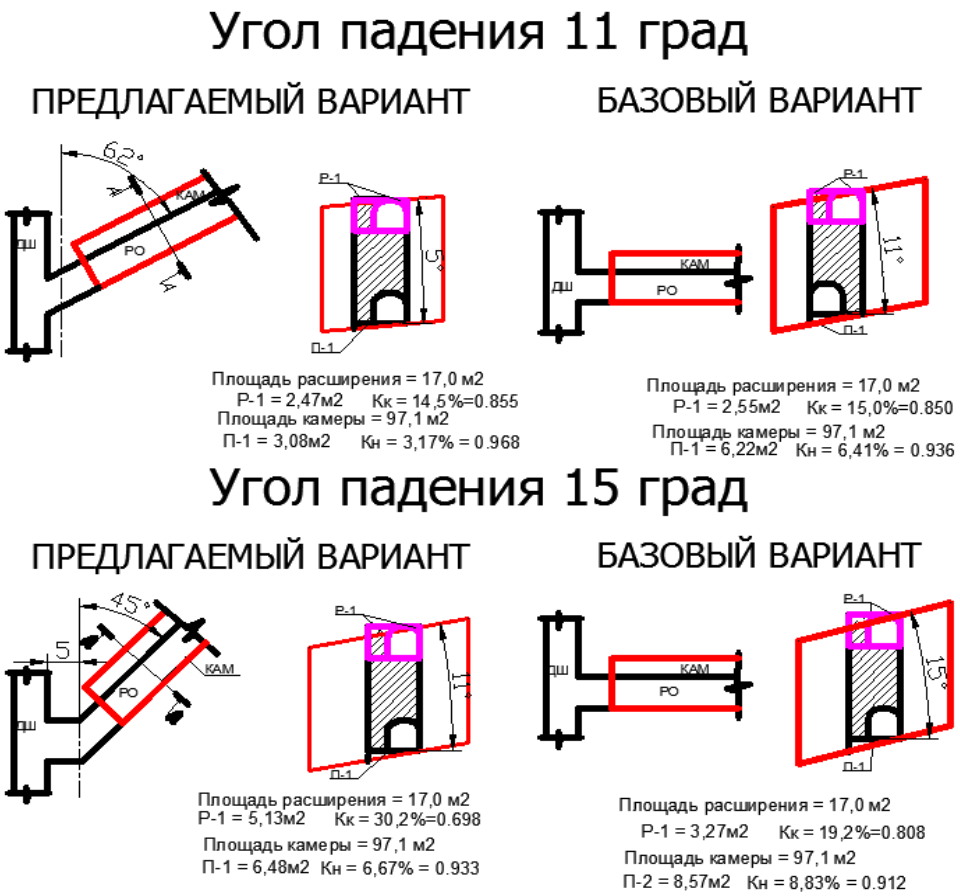
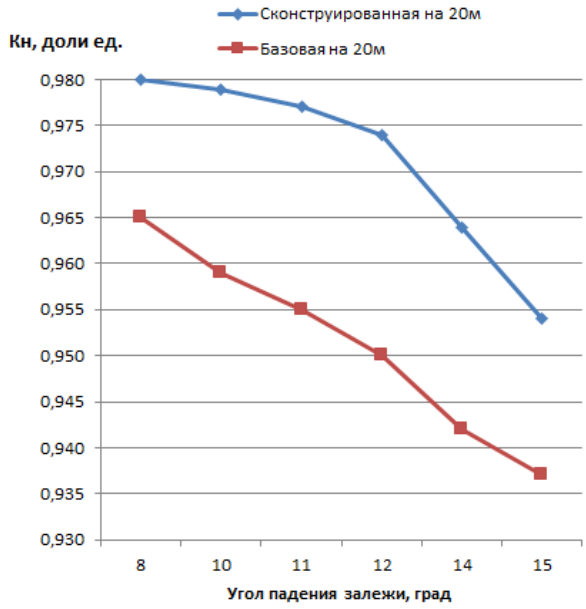


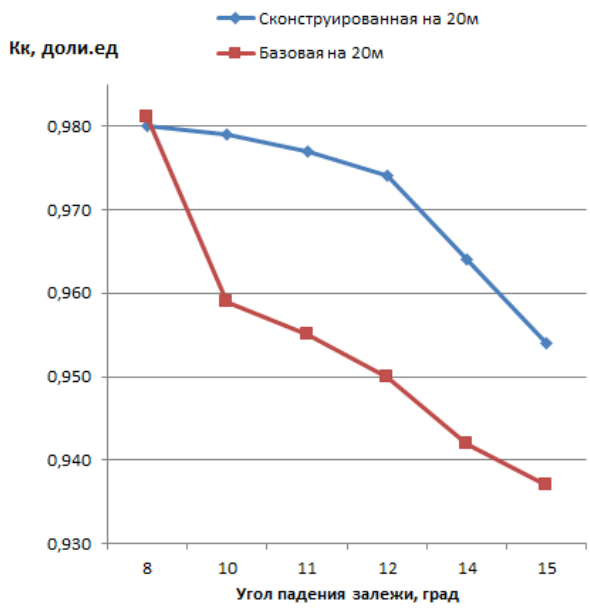
Рисунок 9 – Схемы расположения базового и предлагаемого варианта для углов 11°,15° с применением защитного слоя (потери показаны суммарно, включая в себя потери по камере и расширению).

Показатели коэффициентов извлечения из недр и изменения качества, в зависимости от угла залегания рудного тела, для предлагаемого и базового вариантов при способе отработки рудной залежи без применения защитного слоя, с применением защитного слоя приведены на рисунках 10,11.

Исходя из анализа зависимостей коэффициента извлечения из недр и коэффициента изменения качества, установлено, что «правильное» влияние азимута направления очистной камеры, обеспечивает снижение величины потерь на рудо-породном контакте, «уменьшает» угол падения залежи, повышая экономический эффект, позволяя снизить потери и разубоживание на 1.5-2.5%, чем в вариантах систем Норильского ГМК, за счет наиболее «качественного» расположения выработки в контуре рудной залежи.

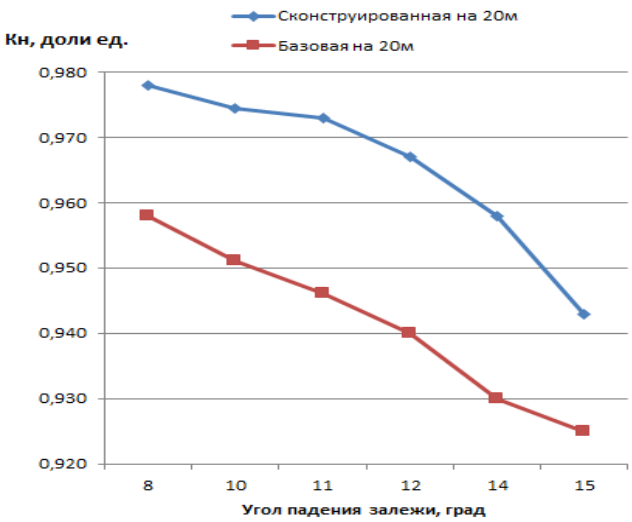


а

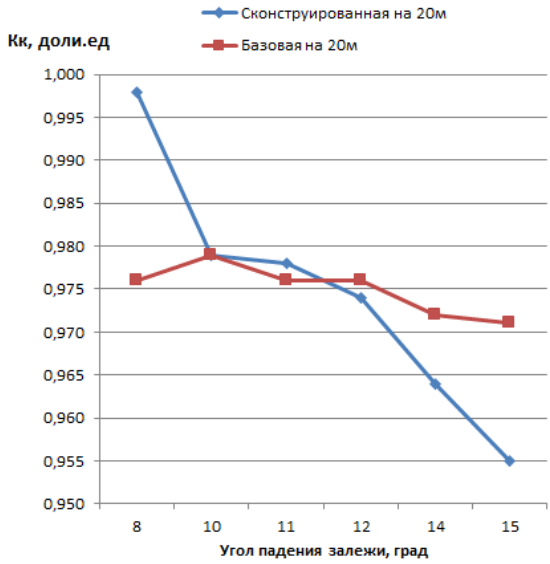


б

Рисунок 10 – Зависимость показателей залежи от угла падения рудного тела для вариантов без применения защитного слоя: а – коэффициент извлечения из недр; б – коэффициент изменения качества



а



б

Рисунок 11 – Зависимость показателей залежи от угла падения рудного тела для вариантов с применением защитного слоя: а – коэффициент извлечения из недр; б – коэффициент изменения качества

Определено, что при изменении азимута заложения очистных камер в вариантах систем разработки с применением защитного слоя, разубоживание в

предложенном способе на 0.5-1.5% выше чем в базовом, за счет того, что при изменении заложения азимута очистной выработки, угол падения залежи становится более пологим, относительно базового варианта, а, следовательно, «правильная форма» камеры влечет за собой больший прихват пустой породы. Данный недостаток системы, может быть ликвидирован за счет управления кровлей очистных камер.

Во время проведения работы установлено, что при отработке наклонных залежей применение азимута заложения горных выработок наиболее актуально при углах падения залежи от 8° до 15°, так как именно при этом перепаде рудного тела, проходка нарезной выработки происходит с наибольшим прихватом пустой породы по почве и нижней части боков, что является фактором для увеличения разубоживания. Использование, отличного от 90°, азимута заложения горных выработок при отработке рудных залежей с углом падения свыше 15° не критично, так как при отработке данных рудных тел нарезная выработка находится по почве и бокам во вмещающих породах, что не исключает возможности разубоживания.

В четвертой главе выполнена оценка эффективности предлагаемых технических решений, осуществленная путем сравнения базовых и предлагаемых вариантов систем разработки по критерию прибыли с одной тонны, погашаемых балансовых запасов.

Сравнение проведено по четырем вариантам систем разработки: сконструированный вариант системы разработки с отработкой залежи вкрест простирания рудного тела, вариант системы разработки применяемый на рудниках Норильского ГМК, сконструированный вариант системы разработки с отработкой залежи вкрест простирания рудного тела под защитным бетонным слоем, вариант системы разработки применяемый на рудниках Норильского ГМК под защитным бетонным слоем (рисунок 12).

Прибыль с одной тонны погашаемых запасов для сконструированных вариантов является на 2.0-3.0% выше, чем в базовых вариантах, за счет снижения

горно-подготовительных работ, проведенных по «пустой» породе, наиболее «качественного» расположения выработки в контуре рудной залежи, которое обеспечивает наиболее выгодное соотношение между потерями и разубоживанием.

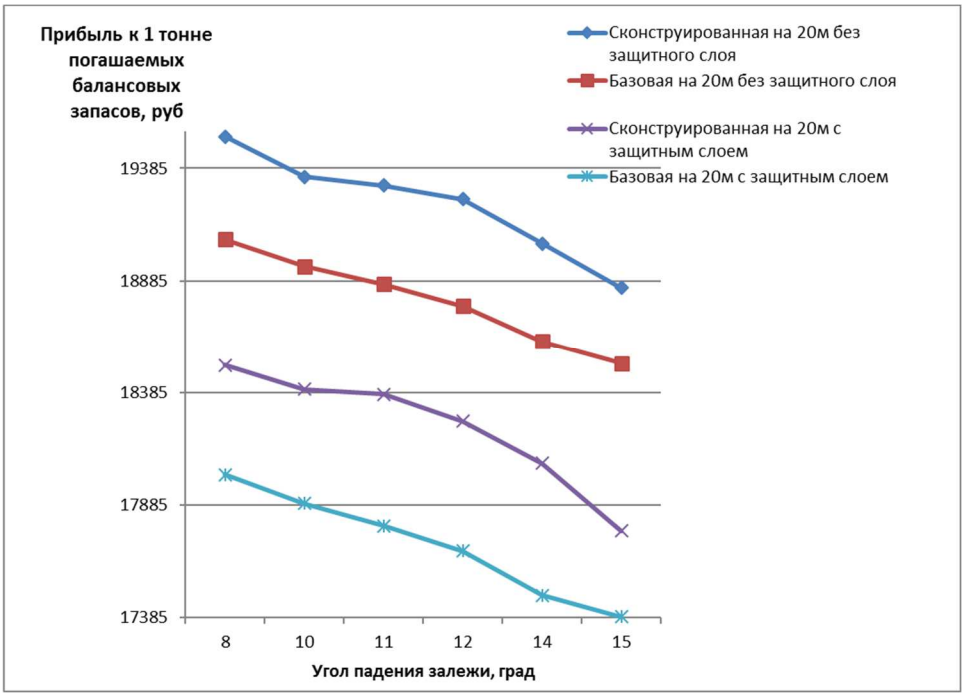


Рисунок 12 – Зависимость прибыли полезного ископаемого в зависимости от угла падения рудного тела.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выполненных автором исследований дано научное обоснование новых технологических решений, внедрение которых вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса и повышения эффективности разработки наклонных рудных залежей.

Основные научные и прикладные результаты работы сводятся к следующему:

1. Проанализированы и выявлены причины технологических потерь и разубоживания в недрах и разработан комплекс мероприятий по их сокращению.
2. Разработана эффективная технология отработки наклонных рудных залежей с углами падения от 8 до 15° камерными системами разработки с

закладкой, в которой азимут заложения очистных камер относительно подготовительной выработки, находится в пределах от 85° до 60°.

3. Сформулирован и запатентован способ определения азимута заложения очистных камер для отработки наклонных рудных залежей с обеспечением оптимального соотношения между потерями, разубоживанием и получаемым экономическими эффектом, а также повышающих безопасность ведения горных работ

4. Установлены зависимости величин потерь и разубоживания и прибыли с одной тонны погашаемых балансовых запасов в зависимости от азимута заложения очистных камер при отработке наклонных залежей. Доказано, что применение наклонных камер при отработке рудных залежей снижает величину потерь на 1,5-2,0% и разубоживания на 2,0-2,5%, увеличивая прибыль с 1 тонны погашаемых балансовых запасов на 2,0-3,0%, дополнительно обеспечивая более полное заполнение выработанного пространства закладкой.

5. Обоснована технология формирования искусственного целика для более полного заполнение выработанного пространства закладкой без осуществления дополнительных мероприятий, позволяющие обеспечить нормативную прочность закладки, сократить продолжительность закладочных работ, минимизировать процент оставления недозакладов в выработанном пространстве.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Алексеев Р.Р. Конструирование способов отработки наклонных залежей камерной системой разработки с закладкой. / Р.Р. Алексеев, Д.С. Бритвин, Е.П. Волков, Б.А. Ахпашев, А.Н. Анушенков //Вестник Кузбасского государственного технического университета (Вестник КузГТУ). - №6. - 2019. - 37-43 с.

2. Алексеев Р.Р. Отработка наклонных залежей камерной системой разработки с закладкой / Р.Р. Алексеев, А.Н. Анушенков, Б.А. Ахпашев // Земля. -

№1, - 2018. - 21-26 с.

3. Алексеев Р.Р. Разработка и конструирование способов отработки залежей слоевыми системами с закладкой. // Успехи современной науки. – т. №2, - №6, - 2017. - 138-141 с.

Патенты:

4. Анушенков А.Н., Ахпашев Б.А., Алексеев Р.Р. Способ подземной разработки наклонных рудных залежей // Патент RU 2651727 C1 от 23.04.2018

Другие издания:

5. Алексеев Р.Р. Изыскание вариантов отработки наклонных залежей системами с закладкой / Р.Р. Алексеев // Конференция «Молодежь и наука» 2014; Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края, [Электронный ресурс] — Красноярск: СФУ. – 2014. – Режим доступа: http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/pdf/d03/s20/s20_001.pdf.

6. Алексеев Р.Р. Разработка наклонных залежей слоевыми системами с закладкой. / Р.Р. Алексеев // Молодежь и наука: сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска [Электронный ресурс] - Красноярск: Сиб. федер. ун-т. – 2013. – Режим доступа: http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/thesis/s037/s037-001.pdf.

7. Алексеев Р.Р. Моделирование на эквивалентных материалах при обосновании параметров системы разработки с закладкой. / Алексеев Р.Р. Ельяшевич Д.Е. // Проспект Свободный-2016: материалы науч. конф., посвященной Году образования в Содружестве Независимых Государств (15–25 апреля 2016 г.) [Электронный ресурс] - Красноярск: СФУ. - 2016, - 8-11 с. – Режим доступа: http://nocmu.sfukras.ru/digest2016/src/техническое/Подземные%20горные%20работы.pdf