

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕИЯ, АВТОМАТИКИ И ГЕОМЕХАНИКИ

ЖАЛАЛ-АБАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Б.ОСМОНОВА

На правах рукописи  
УДК 622.274/275'271.3'272'013(043.3)

**ТАКЕЕВА АНАРА РАИМБЕРДИЕВНА**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ВЫЕМКИ ЗАКОНТУРНЫХ ЗАПАСОВ  
ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ДОБЫЧЕ СЛОЖНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ**

Специальность: 25.00.22. Геотехнология  
(подземная и открытая)

Диссертация  
на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

**Научный руководитель**  
д-р техн.н, профессор, академик  
НАН КР Кожогулов К. Ч.

Бишкек — 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	3
<b>ГЛАВА 1 Состояние изученности вопроса. Цель и задачи исследований</b>	8
1.1 Современное состояние и тенденции развития комбинированной разработки рудных месторождений	8
1.2 Обзор и анализ опыта выемки подкарьерных и прибортовых запасов при комбинированной разработке рудных месторождений	13
1.3 Цель и задачи исследований	30
<b>ГЛАВА 2 Обоснование и создание геотехнологий выемки подкарьерных запасов при комбинированной разработке сложных рудных тел</b>	33
2.1 Обоснование методики создания новых технологий при комбинированной выработке рудных месторождений	33
2.2 Создание геотехнологий выемки подкарьерных запасов при комбинированной отработки мощных крутопадающих рудных тел	44
2.3 Обоснование и разработка геотехнологий отработки подкарьерных запасов при неустойчивых рудных телах	49
2.4 Создание геотехнологий отработки подкарьерных сложных рудных тел, разделенных безрудным прослоем	54
2.5 Выводы по главе	60
<b>ГЛАВА 3 Разработка геотехнологий выемки прибортовых запасов сложных рудных тел с закладкой</b>	61
3.1 Особенности отработки запасов руды в прибортовой зоне карьера	61
3.2 Обоснование и создание способа выемки прибортовых запасов с закладкой при комбинированной разработке месторождений	69
3.3 Разработка технологий слоевой выемки прибортовых запасов с последующей закладкой выработанного пространства при комбинированной отработке месторождения	75
3.4 Выводы по главе 3	81
<b>ВЫВОДЫ</b>	82
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	84
<b>Приложения: Акты о внедрении научных результатов исследований</b>	95-97

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** За прошедшие три десятилетия активное освоение природных богатств привело к исчерпанию легкодоступных минеральных ресурсов с благоприятными условиями добычи. Современные реалии, включающие увеличение глубины разработки, усложнение технических параметров, уменьшение концентрации ценных элементов и ужесточение природоохранных норм, требуют поиска инновационных способов эффективного освоения залежей.

В современном мире функционирует свыше 2 тыс. объектов, где применяется смешанная технология добычи, сочетающая открытый и подземный способы. За последние полтора десятилетия количество таких производственных площадок увеличилось вдвое, что обусловлено достижением критических глубин в карьерах и необходимостью освоения нижележащих горизонтов исключительно подземным методом.

В Кыргызстане большинство рудных месторождений расположены в сложных горно-геологических условиях и состоят из отдельных рудных тел (гнезд) небольших размеров, сложной формы, разбросаны по всей площади и отличаются крайне невыдержанными элементами залегания. При этом многие из них отрабатываются и будут отработаны комбинированным способом.

Вместе с тем, при комбинированной обработке месторождений в основании и бортах карьеров, остаются запасы руды, которые отрабатывать открытым способом не рентабельно. Отработку таких рудных участков ведут подземным или открыто-подземным способами.

Изучение научных материалов демонстрирует отсутствие единой терминологии для минеральных ресурсов, расположенных за границами открытых выработок. В различных исследованиях их именуют то прибортовыми и подкарьерными, то законтурными залежами. Термины "подкарьерные" и "прибортовые" указывают на географическое положение минеральных скоплений относительно разреза и классифицируются как

законтурные при размещении за проектными границами. Научная база по данной тематике весьма ограничена, а значимые достижения зафиксированы лишь в отдельных работах. Следовательно, разработка эффективных способов извлечения полезных ископаемых из глубинных и законтурных зон представляет собой актуальную научно-техническую задачу.

**Связь темы диссертации с основными научно-исследовательскими работами.** Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Жалал-Абадского государственного университета МОН КР по проекту энерго - и ресурсосберегающие технологии, раздел «Создание новых технологий рационального освоения месторождений твердых полезных ископаемых в сложных условиях (№ гос.рег.005783, 2012г.) и «Разработка научно-технических основ и высокоэффективных технологий освоения месторождений твердых полезных ископаемых в сложных горно-геологических условиях» (2013 г.).

**Цель работы** – является обоснование и разработка инновационных геотехнологий отработки глубинных и законтурных запасов при комбинированной разработке месторождений, обеспечивающее наиболее полное извлечение из недр полезных ископаемых, экологичность и экономичность горных работ.

**Задачи исследований:**

- Изучение практических результатов извлечения минерального сырья из глубинных горизонтов и приконтурных зон открытых горных выработок;
- обоснование и разработка геотехнологии отработки прибортовых запасов системами подэтажного обрушения;
- разработка эффективных геотехнологий отработки подкарьерных запасов при комбинированной разработке;
- обоснование технологий отработки прибортовых запасов системами с закладкой.

### **Научная новизна работы заключается в следующем:**

1. Обоснована методика создания новых технологий при комбинированной разработке сложных рудных тел.
2. Обоснована технология комбинированной отработки подкарьерных залежей с породными включениями, обеспечивающая повышение показателей извлечения руды и устойчивость породных прослоев.
3. Предложена технология комбинированной отработки подкарьерных запасов системами подэтажного обрушения с гибким разделяющим перекрытием из действующих глубоких горизонтов, обеспечивающая устойчивость бортов карьера за счет внутрикарьерного отвалообразования.
4. Разработан способ отработки прибортовых запасов с закладкой, позволяющий значительно сократить уровень потерь руды, уменьшить разубоживание руды, повысить безопасность работ.

### **Практическая значимость полученных результатов:**

1. Обрушения мощных рудных тел с торцовым выпуском руды позволяет использовать высокопроизводительное горное оборудование. Применение самоходного оборудования обеспечивает повышение производительности забойных рабочих на подготовительно-нарезных работах до 10-15м<sup>3</sup>/чел. в смену (в 3-5 раза) на очистных — до 20-30 м<sup>3</sup>/чел. в смену (в 2-4 раза), снижение себестоимости добычи руды — на 15-25%.
2. Складирование пустых пород в выработанные пространства во внутрикарьерный отвал снижает экологическую нагрузку на окружающую среду за счет снижения площадей во внешний отвал.
3. Использование систем разработки с обрушением с применением гибкого разделяющего перекрытия на действующих глубоких карьерах значительно удешевляет транспортирование руды.

### **Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Эффективное освоение подкарьерных запасов за пределами дна карьера обеспечивается применением систем разработки подэтажного обрушения с

торцевым выпуском руды, включающая применение гибкого разделяющего перекрытия внутрикарьерным отвалообразованием на действующих глубоких карьерах, обеспечивающих устойчивость бортов карьера путем размещения вскрышных масс внутри выработанного пространства, уменьшая площадь отвалообразования на поверхности, улучшая экологию.

2. Безопасную отработку прибортовых рудных зон можно обеспечить за счет использования технологии разработки запасов с помощью слоевой выемки рудных тел с последующей закладкой выработанного пространства при комбинированной разработке месторождений.

**Личный вклад автора состоит:**

- в анализе существующих технологий комбинированной разработки месторождений и опыта отработки подкарьерных и прибортовых запасов;
- в обосновании методики создания новых технологических решений при комбинированной разработке сложных рудных тел;
- в разработке технологий комбинированной отработки сложных рудных тел на глубоких горизонтах с применением гибкого разделяющего перекрытия.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований докладывались и обсуждались на:

- Международной конференции «Проблемы геомеханики и освоения недр», посвященной 50-летию Института геомеханики и освоения недр и 80-летию академика НАН КР И.Т Айтматова (г. Бишкек 2011г.);
- Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки, техники и технологии (г. Ош, ОшГУ, 2014 г.)

**Диссертация в завершеном виде докладывалась** на расширенном заседании кафедр “Механики и электроэнергетики”, “Физики и информатики” Жалал-Абадского государственного университета имени Б. Осмонова.

### **Полнота отражения результатов диссертации в публикациях.**

Результаты диссертации опубликованы в периодических научных журналах, входящие в наукометрические базы РИНЦ E-library и Scopus в количестве 14 статей.

### **Структура и объем диссертации.**

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, выводов и приложения, изложенных на 97 страницах и содержит 17 рисунков, 1 таблиц, списка использованной литературы из 87 наименований.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю академику НАН КР К.Ч. Кожогулову за постановку задач и помощь при завершении работы, д.т.н. профессорам К.Ж. Усенову и А.П. Алибаеву за ценные советы и оказанное содействие и помощь.

# ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1.1. Современное состояние и тенденции развития комбинированной разработки рудных месторождений

В настоящее время под «комбинированным способом разработки месторождений понимается освоение рудных запасов открытыми, подземными, а в ряде случаев физико-химическими способами, технологически взаимосвязанными между собой и оптимизированными по области эффективного применения» [27].

«Анализ практики применения комбинированной геотехнологии по отечественным и зарубежным рудникам, показал, что наибольшее число рудников, осуществляющих комбинированную отработку запасов, приходится на предприятия по разработке руд цветных металлов и алмазов — 60%; около 16% предприятий ведут добычу железных руд; более 10% рудников разрабатывают месторождения нерудного сырья (известняк, строительный камень, асбест, магнезит); 7,4% предприятий добывают урановые руды. При этом 60-65% рудников осуществляют добычу подкарьерных запасов, находящихся ниже отметки дна карьера, 15-18% предприятий разрабатывают прибортовые запасы» [59].

Большое внимание вопросам комбинированной разработки месторождений уделяли видные ученые: Н.В. Мельников, М.И. Агошков, К.Н. Трубецкой, О.А. Байконуров, П.Э. Зурков, В.Н. Калмыков, М.В. Рыльникова, Д.М. Казикаев, Б.Р. Ракишев, В.А. Щелканов, А.Д. Черный, Т.М. Мухтаров, С.А. Сашурин и др. [39, 49, 21, 64, 9, 20, 1, 45, 85, 29, 46, 16, 50, 36, 40, 76-78, 26, 10, 27].

В Кыргызстане значительный вклад в разработку её эффективных вариантов внесли Шестаков В.А., Дронов Н.В., Яковлев М.А., Ярков А.В., Кожоголов К.Ч., Усенов К.Ж., Алибаев А.П. и другие [27].

Комбинированный способ выемки руды — как новый прогрессивный способ был впервые в горной практике внедрен на Гайском горно-обогатительном комбинате при отработке месторождения медно-цинковых руд [32].

Далее многолетними исследованиями достоверно показано, «что применение комбинированных технологий при освоении рудных месторождений различной морфологии по сравнению с традиционной открытой и подземной отработкой месторождений, позволяет снизить общие объёмы вскрыши в контуре карьера, уменьшить ареал нарушений окружающей природной среды, повысить интенсивность, полноту и качество выемки руды, обеспечить в целом более высокие технико-экономические показатели. При этом, отличительной особенностью комбинированной разработки месторождений является наличие единого технологического пространства карьера и подземного рудника» [25], [26].

Себестоимость руды и капитальные вложения при комбинированном способе добычи почти всегда является наиболее благоприятным, чем «при подземном способе отработки месторождений» [32].

«Исчерпание запасов при открытой разработке многих рудных месторождений актуализирует переход к подземному способу разработки, при этом для крутопадающих месторождений республики характерно использование последовательной открыто-подземной комбинированной разработки. В этом случае верхняя часть залежи разрабатывается открытым способом, а нижняя часть — подземным. Особенностью последовательной открыто-подземной разработки является наличие некоторого периода времени, когда осуществляется переход от открытых горных работ к подземным. При этом добыча руды ведется с применением одновременно открытого и подземного способа разработки, как правило, по взаимосвязанным технологическим схемам. Обычно горные работы проводятся с соблюдением

всех мер по обеспечению безопасного ведения работ в карьере и в подземном руднике.

Во времени открыто-подземная разработка месторождений может быть, как одновременной (совместной), так и последовательной. Анализ опыта разработки более 50-ти месторождений комбинированным способом показал, что практически на каждом месторождении при последовательной открыто-подземной отработке месторождений горные работы в карьере ведутся до начала или после завершения подземных горных работ. В случае, когда работы в карьере ведутся до начала подземных горных работ, достигается ускорение ввода в эксплуатацию месторождений до окончания вскрытия и подготовка её части, отрабатываемой подземным способом. В случае, когда работы в карьере ведутся после завершения подземного способа отработки месторождения, обеспечивает снижение потерь полезного ископаемого в недрах, недоразведанных или не извлеченных при подземной отработке месторождений» [28].

«Вариант одновременной (совместной) отработки запасов обеспечивает высокую интенсивность освоения месторождения, требует взаимной увязки планов горных работ, повышенных капитальных затрат в начальный период, что оправдано при увеличенной потребности в данном виде минерального ресурса. Оба варианта были применимы исключительно в условиях централизованного финансирования при высокой ценности минерального сырья.

В условиях самофинансирования горных предприятий при переходе к рыночной экономике наибольшее распространение получили две концептуальные модели освоения месторождения — с последовательным или последовательно-параллельным переходом с открытой на подземную разработку в включении в проект отработки переходной зоны, комбинированной геотехнологии» [24].

«При последовательной открыто-подземной схеме запасы месторождения по глубине разбиваются на три яруса — открытый, переходная зона и

подземный. При этом, методами экономических расчетов находятся границы эффективного применения соответственно открытой, комбинированной и подземной геотехнологий. Первыми вводятся в эксплуатацию запасы верхней зоны.

Последовательно-параллельная схема отработки запасов месторождения предполагает, что ввод подземного рудника календарно должен обеспечивать заблаговременную отработку приконтурных запасов. Для сокращения затрат на строительство подземного рудника активно используется карьерное пространство, из которого производятся очистные работы по выемке запасов, осваиваемых за предельными контурами в днище и бортах карьера.

Принципиальным отличием проектирования освоения запасов при комбинированной их отработке является то, что они должны производиться комплексно в рамках единого проекта, что позволяет обеспечить календарную и технологическую увязку всех выполненных решений. Комплексный подход к освоению месторождений позволит: уменьшить затраты на вскрышные работы; сократить и рационально распределить по этапам разработки капитальные затраты на освоение месторождения путем использования карьерного пространства и инвестирования строительства за счет капитализации прибыли, получаемой на первом этапе разработки; снизить себестоимость добычных работ за счет: оптимального сочетания технологических процессов открытых и подземных работ при выемке запасов переходных зон, а также экономического обоснования эффективной глубины производства горных работ на каждом этапе разработки; уменьшения стоимости управления состоянием массива; сокращения накладных и вспомогательных расходов открытого и подземного рудников ввиду их совмещения; обеспечить плавный переход с открытого на подземный способ без разрыва в добыче руды; сократить ареал экологического воздействия на окружающую среду.

На основе анализа опыта комбинированной разработки месторождений с учетом комплексного освоения недр и системного подхода к проектированию

освоения месторождений в работе сформулированы основные принципы формирования технологических схем на всех этапах горных работ: рационализация интенсивности отработки месторождения; оптимизация всех видов затрат, связанных с созданием и функционированием открытого и подземного рудников; обеспечение качественных характеристик добываемого сырья, предопределяющих наиболее эффективное и комплексное его использование; минимизация экологического ущерба, наносимого окружающей среде» [24], [28].

При этом, эти технологические схемы должны быть системно обоснованы на каждом этапе комплексного освоения месторождения различными открытыми и подземными технологиями «на основе результатов исследования их взаимосвязи и совместного участия в формировании уровня количественных, качественных и экономических показателей добычи.

Подземные технологии, применяемые при комбинированном способе разработки месторождений, весьма разнообразны; их выбор зависит от постоянных и переменных горно-геологических, горнотехнических и геоэкологических факторов. Определенной закономерности в применении классов систем при последовательной и параллельной разработке не обнаружено, так, доля применения систем разработки с обрушением руды и вмещающих пород практически одинакова 44 и 43% соответственно» [32].

Анализ применения систем разработки с закладкой при комбинированной отработке позволяет сделать вывод о том, что указанные технологии отличаются высокими материальными и трудовыми затратами, в то же время — низким уровнем потерь руды и безопасностью работ. Применение систем с закладкой требует изыскания новых технологических решений для снижения себестоимости добычи руды.

## **1.2. Обзор и анализ опыта выемки подкарьерных и прибортовых запасов при комбинированной разработке рудных месторождений**

«При комбинированной отработке месторождений в основании и бортах карьеров, остаются запасы руды, которые обрабатывать открытым способом не рентабельно. Рудные зоны характеризуются сложной морфологией: невыдержанность контактов, сложные границы выклинивания рудных зон, непостоянность углов падения, растянутость рудных участков по простиранию и высоте бортов. Отработку таких рудных участков ведут подземным или открыто-подземным способами» [59].

Обзор научной литературы выявляет отсутствие единой терминологии для обозначения минеральных ресурсов, расположенных за границами открытых горных выработок. В ряде исследований их именуют прибортовыми и подкарьерными [67, 58, 8], в то время как другие авторы используют термин "законтурные запасы" [19, 60, 66].

Тем не менее, каждое определение имеет свою специфику применения. К примеру, понятия "подкарьерные" и "прибортовые" указывают на географическое положение залежей относительно карьера. При этом эти же ресурсы могут классифицироваться как законтурные, если они находятся за пределами проектных границ разреза. Такой подход позволяет более точно характеризовать расположение минеральных скоплений в конкретных геологических условиях.

Одной из систем разработки при отработке подкарьерных запасов является система с обрушением. «Производство подземных работ системами с обрушением руды и вмещающих пород обеспечивает высокую интенсивность освоения запасов и снижение себестоимости добычи руды» [59]. Однако, при применении указанной системы разработки наблюдаются высокие потери и разубоживание руды [14, 55, 18].

Системы разработки с обрушением руды и «вмещающих пород нашли применение на железорудных рудниках («Шалым» и «Ново-Бакальском»),

«Высокогорском», «Лебяжеском») и полиметаллических («Куржункульском», «Естюнинском», «Ауэрбаховском», «Валуевском», «Лениногорском», «Расвумчоррском», «Тырныаузском», «Абаканском», «Каджаранском», «Западный Каражал»). Среди зарубежных интерес представляют рудники компании «Де Бирс» в ЮАР («Булфонтейн», Дутейтспен», Коффифонтейн», «Весселтон», «Премьер», «Финш»), «Кируна» (Швеция), «Сенрайз», «Торнотон», «Кинг и Джонсон», «Элен», «Фруд-Стаби», «Эрингтон» (Канада), «Принс-Лайэлл» (Австралия), применяемые системы поэтажного, этажного, блокового обрушения и на некоторых участках системы с открытым выработанным пространством. Некоторые из них рассмотрим более подробно.

Минерализованная зона, отрабатываемая карьером «Принс-Лайэлл», в 1972 г. была подготовлена к подземной эксплуатации (рис. 1.1). Рудные тела, представленные рядом параллельных линз, содержат 400 млн. т. руды со средним содержанием меди 1 %. Длина их по простиранию 360 м, средняя мощность 61 м, угол падения 70-80°. Вмещающие породы представлены в основном кварц-серицитовыми кристаллическими сланцами с явно выраженной обширной трещиноватостью» [59], [6], [24], [25], [32].

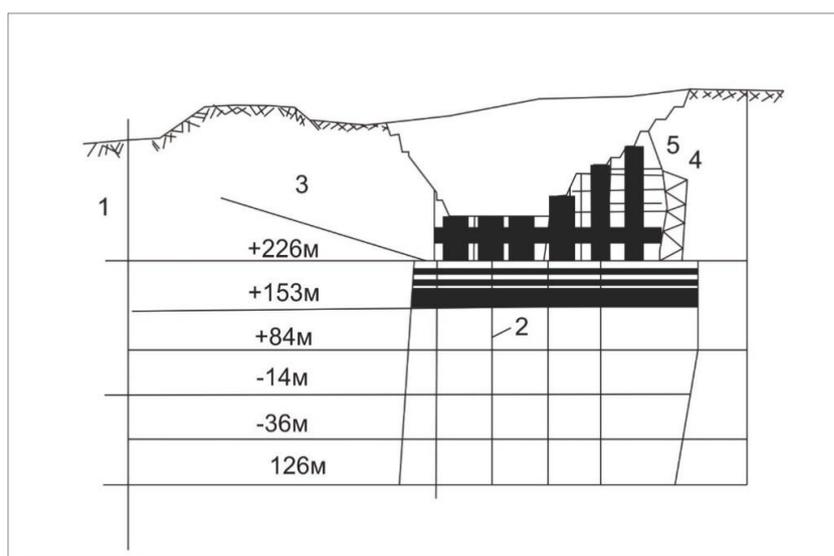


Рисунок 1.1. Схема отработки прибортовых запасов на руднике «Принс-Лайэлл» (Австралия): 1 — рудоподъемный ствол; 2 — рудоспуск; 3 — наклонный съезд; 4 — спиральный уклон; 5 - штольня

«При отработке прикарьерных запасов применяются системы подэтажного обрушения и подэтажной выемки с открытым очистным пространством. Большая часть запасов обрабатывается системой подэтажного обрушения с торцовым выпуском, при которой исключается проблема выемки целиков и требуется меньший объем подготовительных работ. Расстояние между подэтажными штреками по высоте 13,7 м. по горизонтали 10,7 м. Потери и разубоживание руды составили 20-25 %.

Для отработки запасов, расположенных в бортах и под дном карьера, применяют систему подэтажной выемки с открытым очистным пространством. При этом подготовительные выработки проводились непосредственно из карьера. Низкое разубоживание и высокое качество руды, извлекаемой из забоев первой очереди, позволили добиться быстрой окупаемости затрат на первых стадиях перехода на подземную разработку. Заполнение дна карьера породой и предварительное обрушение бортов не производилось.

На Криворожском месторождении для отработки запасов переходного этажа применялись преимущественно камерные варианты систем разработки с последующим обрушением целиков. Заполнение дна карьера породой и предварительное обрушение бортов не производилось. Вследствие низкой устойчивости всячего бока в процессе выемки происходило самопроизвольное обрушение пород всячего бока, чем достигалась изоляция выработанного пространства» [6], [70].

«Рудник «Шалым» (Россия) разрабатывает открыто-подземным способом месторождение магнетитовых руд. Первоначально это месторождение осваивали открытым способом карьерами №№ 2 и 4. Открытые работы были завершены на отметке +1010 м.

Прибортовые запасы карьера № 4 дорабатывали системой подэтажных ортов с выходом выработанного пространства в карьер. В зимний период для выпуска рудной массы, перемешанной со снегом; требовалось проведение

повторных взрывных работ. Управление проветриванием подземных выработок было затруднено. В блоках с открытыми камерами высотой 100-120 м. значительно снижалась устойчивость целиков.

Эти факторы обусловили переход на систему этажного принудительного обрушения (рис.1.2). Очистные работы вели от лежачего к висячему боку. Проходка отрезных восстающих осуществлялась до их сбойки с бермами нерабочего борта карьера. В блоках сначала производили выемку запасов компенсационных камер, которые отбивали с помощью штанговых скважин. Основные запасы камер обрушали минными зарядами. Одновременно взрывали обуренные целики и потолочины камер №№ 6, 19 и 21. Массовый взрыв был приурочен к началу зимнего периода. Выпуск руды, находящейся под снежным покровом, проходил без затруднений» [6], [59].

«Месторождение «Апатитовый Цирк» расположено на Кольском полуострове и представляет собой залежи апатитовых руд мощностью 10-120 м. с углом падения  $30^\circ$  и длиной по простиранию более 2000 м. Коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова: руд — 6-10, вмещающих пород — 8-12» [44].

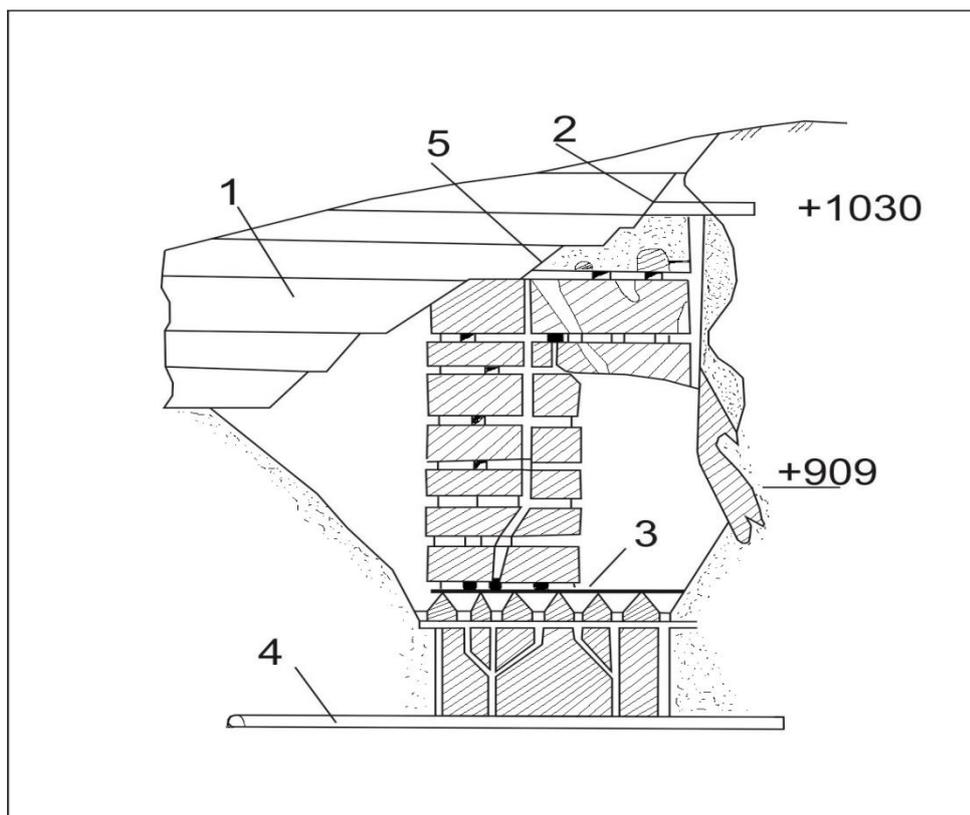


Рисунок 1.2. Схема отработки прикарьерных запасов на руднике «Шалым»: 1 — отработанный карьер; 2 — откос борта карьера; 3 — воронка для выпуска руды; 4 — транспортный горизонт; 5 — буровая выработка, пройденная из карьера

«Месторождение обрабатывается совместно карьером «Расвумчорр-цирк» и подземным рудником «Расвумчорр». Рудные тела в борту карьера обрабатывали системой этажного обрушения на компенсационные камеры» [6].

«Предварительной засыпки дна карьера или обрушения вмещающих пород не производится. По мере выемки происходит самопроизвольное обрушение пород со стороны висячего бока. Одним из примеров данной технологии является извлечение запасов блока № 10/11 (рис.1.3). Его высота составляла 70 м, длина 65 м. В период интенсивного опускания открытых работ осуществлялись подготовительные и нарезные работы, а также выемка компенсационных камер в блоке.

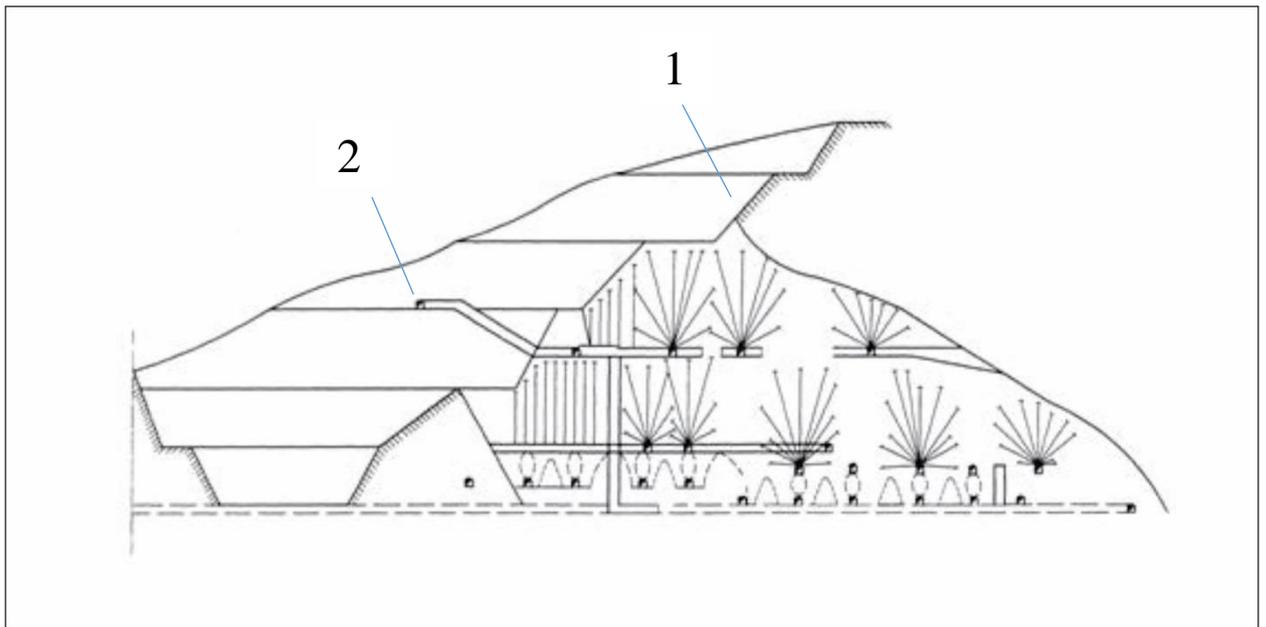


Рисунок 1.3. Схема комбинированной отработки запасов апатитовых руд на руднике «Расвумчорр»: 1 — борт карьера; 2 — наклонная выработка, пройденная из карьера

Когда фронт открытых работ отодвинулся от границ блока на расстояние около 100 м, было проведено массовое обрушение целиков и потолочины толщиной 30 м. Обуривание части этих запасов осуществлялось из выработок, пройденных из карьера. В настоящее время почти все карьерное поле находится в зоне обрушения подземного рудника.

Применение пригрузки при комбинированной разработке месторождения производилось на следующих рудниках» [6], [44].

«Канадские асбестовые месторождения «Кинг и Джонсон» обрабатывались до гор. 90 м. открытым способом с применением для доставки руды кабель-кранов. Для дальнейшего расширения открытых работ (в 30-х годах) потребовался большой разнос довольно крутых бортов карьера, что было признано в то время экономически нецелесообразным. Указанное обстоятельство заставило осуществить переход на подземную разработку месторождений системами с обрушением. Перед переходом на подземные работы дно карьеров было засыпано хвостами обогатительной фабрики для

создания дополнительных опорных плоскостей со стороны бортов карьера, предохранения подземных работ от атмосферных осадков и облегчения перехода к системам с обрушением» [59],[6], [58].

«Высокогорское рудоуправление (Россия) разрабатывает комбинированным способом с совмещением открытых и подземных работ серию пластообразных и линзообразных железорудных залежей мощностью от 2- 6 до 15-20 м. и более, а также залежи сложной конфигурации мощностью до 140 м. Эксплуатация месторождения осуществляется карьером «Главный» и шахтой «Магнетитовая».

Отработка рудных тел в северо-восточном борту Главного карьера была начата в 50-х годах. Общая высота борта около 200 м (рис.1.4, а). Первый опытный блок массой 100 тыс. т. руды был расположен между гор. +215 м и гор. +150 м. Подготовка блока осуществлялась проведением полевого откаточного штрека и двух ортов, расположенных на расстоянии 50 м друг от друга. Добычу производили согласно варианту системы разработки, предусматривающей обрушение основных запасов на вертикальную компенсационную камеру. Массив обуривали из буровых ортов и буровой штольни, пройденной из карьера (рис.1.4, б).

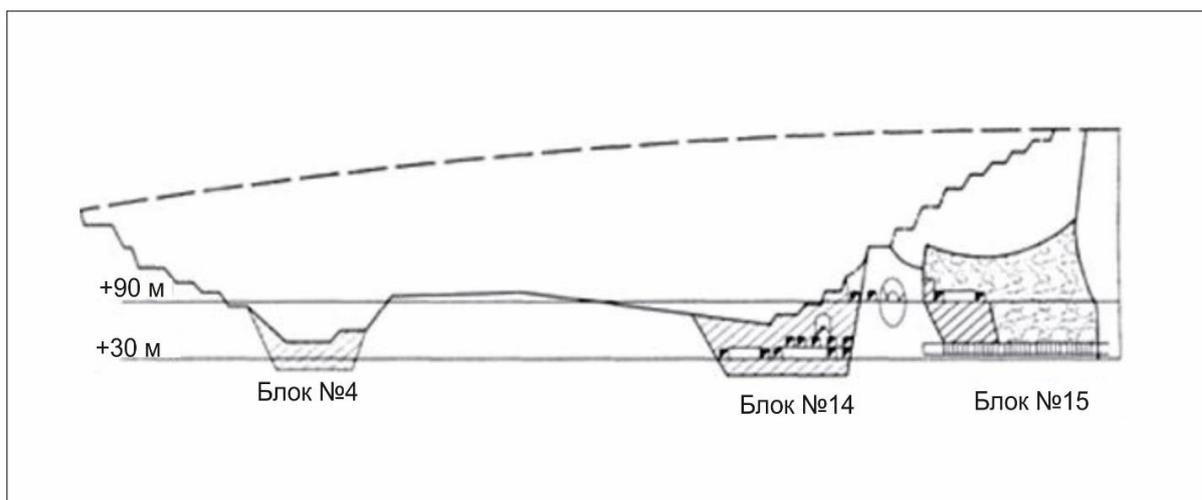
После извлечения запасов компенсационной камеры с размерами в плане 28×13 м был осуществлен одновременный взрыв скважин и минных зарядов общей массой 35080 кг взрывчатых веществ (ВВ). После обрушения пород образовался провал площадью 2500 м<sup>2</sup> небольшой глубины, которая увеличивалась по мере выпуска руды. Для обеспечения безопасности открытых работ в нижней части карьера на борту оставили предохранительную берму шириной 20 м, на которой образовали породный навал высотой 3-5 м.

Аналогичная технология была использована в последующем при выемке запасов блоков №№ 14 и 15, расположенных на гор. +30 м.

При производстве подземных массовых взрывов отмечалось незначительное осыпание бортов. Других деформаций в период выпуска руды

отмечено не было. В 1962-63 гг. суммарная площадь провалов, образовавших широкую полосу в борту карьера, достигла 8000 м<sup>2</sup>» [59].

а)



б)

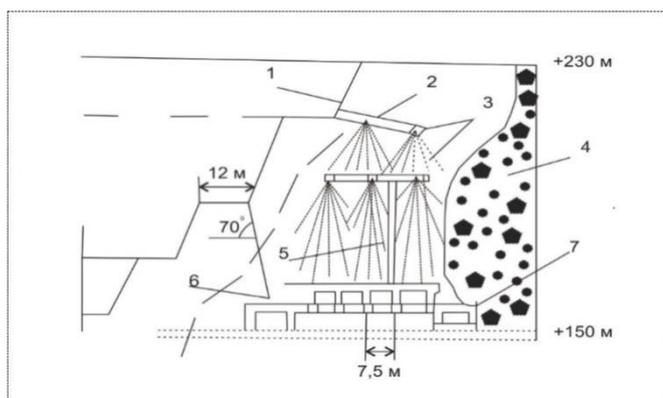


Рисунок 1.4. Схема совместной отработки запасов на Высокогорном месторождении: а — продольный разрез; б — опытный блок на гор. +150 м: 1 — борт карьера; 2- буровая штольня; 3 — буровые орты; 4 — закладочный массив; 5 — отрезной восстающий; 6 — сброс; 7 — аккумулярующий штрек №1.

«Естюнинское месторождение (Россия) железных руд разрабатывается последовательным открыто-подземным способом, при этом до глубины 140 м месторождение отработано карьером. Выемку подкарьерных запасов производят этажно-камерной системой разработки с погашением целиков и потолочины. На руднике принят комбинированный способ проветривания. Участи массива месторождения, проветриваемые в режиме разрежения, извлекаются под предварительно созданным изолирующим навалом скальных

пород мощностью 30 м (рис.1.5). на участках, где навал пород отсутствовал, для предупреждения замыкания вентиляционной струи на атмосферу оставляли слой обрушенной руды мощностью 15-20 м» [59].

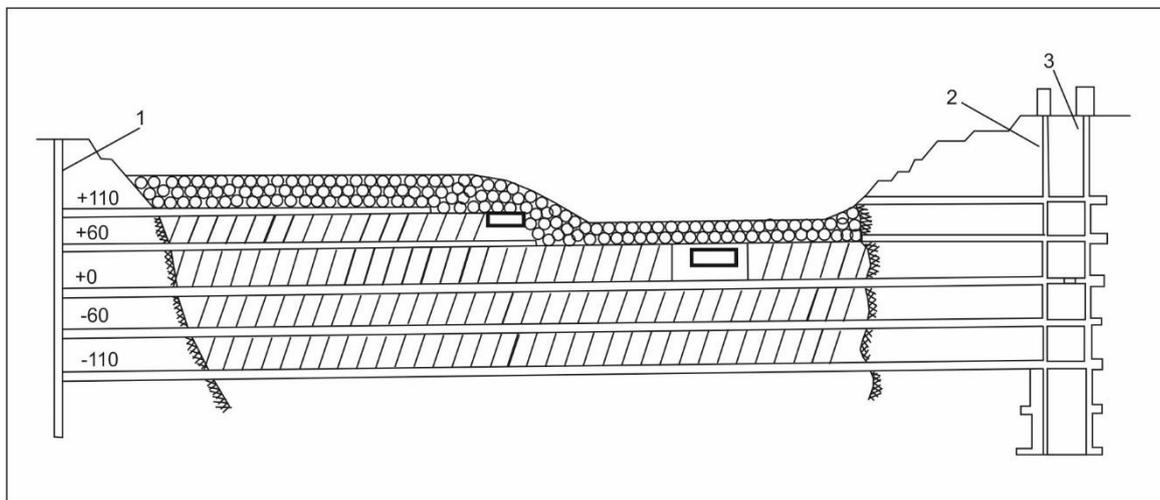


Рисунок 1.5. Схема освоения запасов Естюнинского месторождения: 1 — ствол шахты «Вентиляционно-Вытяжная»; 2 — ствол шахты «Вентиляционно-Нагнетательная»; 3 — ствол шахты «Естюнинская»

Аналогичным образом «отрабатывались Ауэрбаховское, Валуевское, Абаканское, Лебяжинское железорудные месторождения. В период перехода на подземные работы широко применялось обрушивание потолочин из карьера, что позволило сократить объем подземных выработок, повысить производительность труда бурильщиков в 2-3 раза. Применялись системы разработки этажного и подэтажного принудительного обрушения, этажно-камерные. На Абаканском месторождении отдельные участки отрабатывали с совмещением открытых и подземных работ в вертикальной плоскости. При этом на участках взаимного влияния подземных и открытых работ ограничивалась область применения систем с массовым обрушением, согласовывалось время производства массовых карьерных и подземных взрывов, был организован совместный водоотлив» [6], [59].

«Бакальское рудоуправление осуществляет комбинированную разработку железорудного сидеритового месторождения, расположенного на западном

склоне Уральского хребта в Челябинской области. Ново-Бакальское и Северо-Шиханское месторождения разрабатываются Ново-Бакальским карьером и шахтой «Сидеритовая». Рудное тело представляет собой пластообразную рудную залежь, имеющую невыдержанные контакты с вмещающими породами. Угол падения всячего бока 45-60°, лежачего — 50-70°. Мощность залежи 25-60 м. Консервация значительных запасов в охранных целиках борта карьера сдерживала развитие подземной добычи. Было принято решение об отработке запасов охранного целика в зоне погашенного борта карьера системами с обрушением.

Опытный блок был расположен на участке восточного борта карьера, где открытые работы достигли проектных границ до отметки +620 м (рис.1.6, а). Длина блока 95 м, ширина 50 м, высота 70 м. При добыче использована система этажного принудительного обрушения с отбойкой руды на вертикальную компенсационную камеру и скреперной доставкой. Отрезная щель шириной 11 м, длиной 95 м и высотой 70 м, предназначенная для образования компенсационной камеры, располагалась в наиболее богатой части блока над потолочиной 20 м.

Однако при образовании отрезной щели после обнажения кровли на площади 500 м произошло обрушение потолочины с выходом воронки в карьер. В ходе дальнейшей отработки блока для исключения аэродинамических связей с поверхностью в зимний период производился выпуск только 50% отбитой руды. Остальные запасы были извлечены в летний период. Отсутствие породной засыпки выработанного пространства позволило повысить показатели извлечения. После окончания выпуска выработанное пространство заполнили породами вскрыши.

Блок №13 (рис.1.6, б) был отработан системой подэтажного обрушения с торцовым выпуском руды под налегающими породами вскрыши. Высота подэтажей изменялась от 10 до 20 м. Первоначально высота отвала вскрышных пород над блоком составляла 1-1,3 м высоты отбиваемого слоя руды» [6], [59].

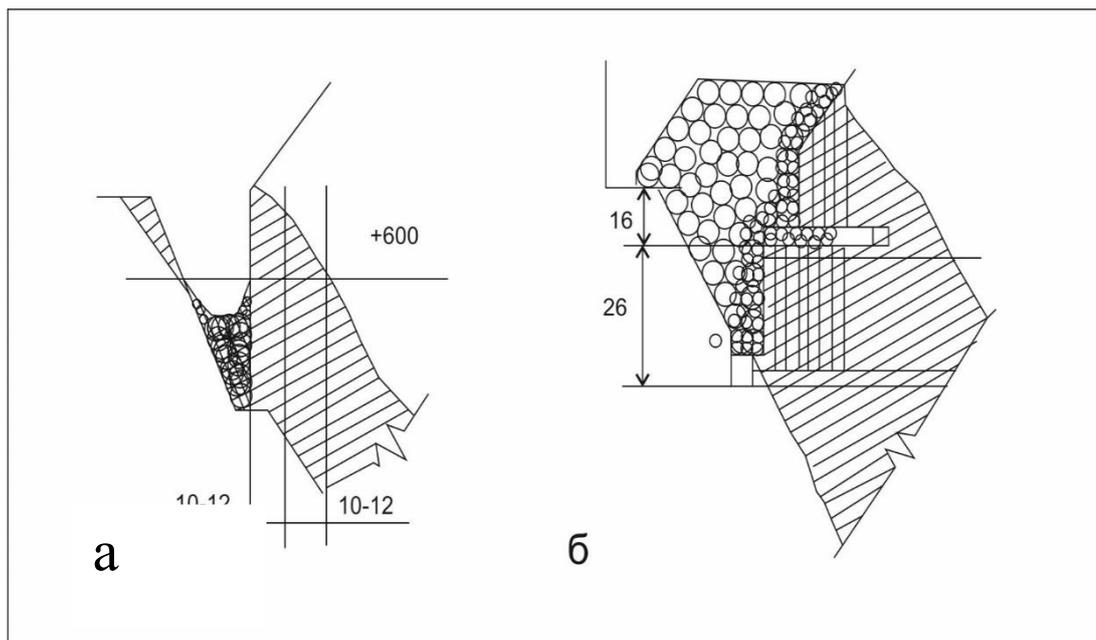


Рисунок 1.6. Схема отработки месторождения: а — блок №3; б- блок №13

«Было установлено, что для улучшения показателей выпуска крупность кусков породы должна превосходить кусковатость рудной массы в 3-4 раза. Отсыпка пород продолжалась в период выпуска руды для сохранения устойчивости борта и изоляции подземных выработок.

Риддер-Сокольное месторождение полиметаллических руд, расположенное в Восточном Казахстане, приурочено к антиклинальным складкам тектонического блока. Руды и вмещающие породы в основном крепкие (коэффициент крепости 14-18 по шкале проф. М. М. Протодяконова) и устойчивые.

Месторождение обрабатывалось комбинированным способом тремя рудниками, в число которых входит 'Лениногорский', расположенный в одной вертикальной плоскости с Андреевским карьером. Подземные работы для выемки богатых руд были начаты в 30-40-е годы до начала открытых работ. Затем междукамерные целики, фланговые участки, днища блоков и часть нижележащих запасов обрабатывали открытым способом при одновременном ведении подземных работ системами с обрушением руды и вмещающих пород.

Часть воронок обрушения при выпуске прибортовых запасов вышла в нерабочую зону карьера.

Характерным примером выемки прибортовых запасов стала отработка блоков №18 и №19 (рис.1.7), первый из которых находится в южной части карьера, а второй — на 30 м восточнее. Верхняя граница блока №18 располагалась на 3 м ниже уступа (отметка 710 м), по которому проходила основная дорога. Площадь блоков в плане составляла соответственно 5430 и 1632 м<sup>2</sup> при максимальной высоте 50 и 100 м, причем блок №19 выходил непосредственно в карьер. Между указанными блоками располагался отработанный блок №4, но потолочина была обрушена, а образовавшаяся воронка засыпана вскрышей с верхних уступов.

Блок №9 был отработан в три стадии. На первой стадии системой с самообрушением налегающих пород извлекали запасы, расположенные за пределами охранного целика дороги с учетом угла обрушения, равного 75°. Вторая часть блока была извлечена после полного прекращения открытых работ. Воронка обрушения вышла на поверхность после создания площади обнажения в блоке более 1400 м<sup>2</sup>.

Блок №11 западной линзы располагался в борту карьера на глубине 190 м от поверхности (рис.1.7). Высота блока 75 м, площадь на уровне днища 3500 м<sup>2</sup>, по верхней границе - 9520 м<sup>2</sup>. В пределах блока была образована компенсационная камера, объем которой вместе с объемом нарезных выработок составил 60400 м<sup>3</sup>. Непосредственно над блоком по нерабочему борту карьера проходила дорога. Через неделю при ежесуточной засыпке образующейся воронки породами вскрыши эксплуатация дороги была возобновлена. По аналогичной схеме были извлечены запасы блока №13» [6], [59].

«На уровне проектных проработок применения системы разработки с обрушением руды и вмещающих пород при комбинированной разработке существуют варианты отработки запасов за предельным контуром Сибайского карьера.

Для обработки приконтурных запасов предлагалась система подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды (рис.1.8) и созданием засыпки (пригрузки) борта карьера с целью компенсации снижения устойчивости борта карьера при выемке руды, предупреждения выброса отбитой руды в карьер и образования аэродинамической связи подземных выработок с дневной атмосферой. Объем пригрузки составляет 4,5 млн.м<sup>3</sup> с точки зрения минимума затрат на формирование засыпки бортов и дна карьера.

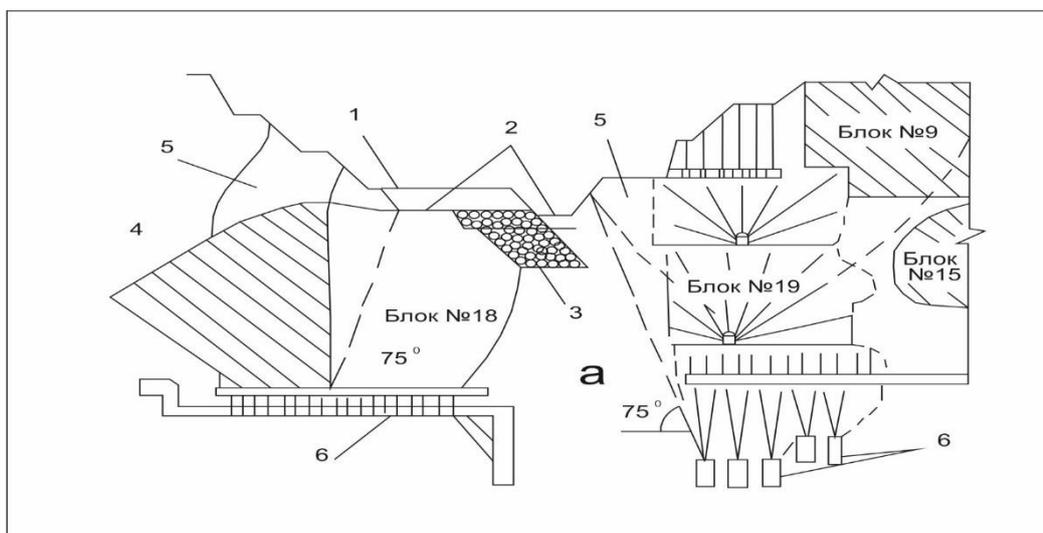


Рисунок 1.7. Параллельная отработка запасов Лениногорского рудника подземным и открытым способами: 1 — контур уступов карьера на момент составления проекта; 2 — предельный контур карьера; 3 — внутренний породный отвал для отнесения въездной дороги; 4 — блок первой очереди отработки; 5 — воронка провала; 6 — скреперная выработка.

Задавая значения веса массового взрыва и длину зарядов возможно найти толщину слоя засыпки, при которой разброс взорванной руды исключается. Расчеты показывают, что мощность слоя засыпки должна быть не менее 12-15 м при весе заряда ВВ 1,0-1,5т.» [6].

«При системе подэтажного обрушения с торцевым выпуском уменьшается трудоемкость проведения подготовительно-нарезных работ, сокращается срок поддержания выпускных выработок, упрощается технология работ, повышается безопасность.

Предлагаемый вариант работ не был принят к реализации вследствие увеличения стоимости строительства рудника за счет заложения стволов на большем расстоянии от карьера.

Таким образом, на основе рассмотренной практики комбинированной отработки месторождений системами разработки с обрушением руды и вмещающих пород представляется возможным сделать вывод, что отработку данной технологией ведется на многих месторождениях, при отработке некоторых из них дно и борта карьера засыпают хвостами обогащения для обеспечения устойчивости подрабатываемых дна и бортов карьера; при отработке других, пригрузка создается, но параметры ее принимаются без достаточного обоснования. К тому же, для систем отработки данного класса характерны высокие потери и разубоживание руды, что сужает область применения данных технологий до отработки бедных руд» [6], [15].

Наиболее эффективными для отработки подкарьерных запасов являются системы с закладкой. При доработке подкарьерных или прибортовых запасов, должно обязательно выполняться условие обеспечения безопасного ведения работ. Иногда это ограничивает и делает совсем невозможным применение производительных систем разработки с обрушением руды и налегающей толщи пород. Сохранение бортов и дна карьера достигается за счет применения закладки отработанных подземных материалами. камер, особенно твердеющими материалами.

Сложноструктурные месторождения характеризуются большой изменчивостью формы и размеров рудных тел, а также их разобщенностью, обуславливающих оставление за предельными контурами запасов кондиционных руд не только под дном карьера, но и выше его дна. Высокая ценность руд (например, полиметаллических месторождений) и необходимость полного использования недр предьявляет особые требования к способам извлечения законтурных запасов полезного ископаемого, в том числе и в охранных целиках карьеров, описание которых приведено в работе [75, 12].

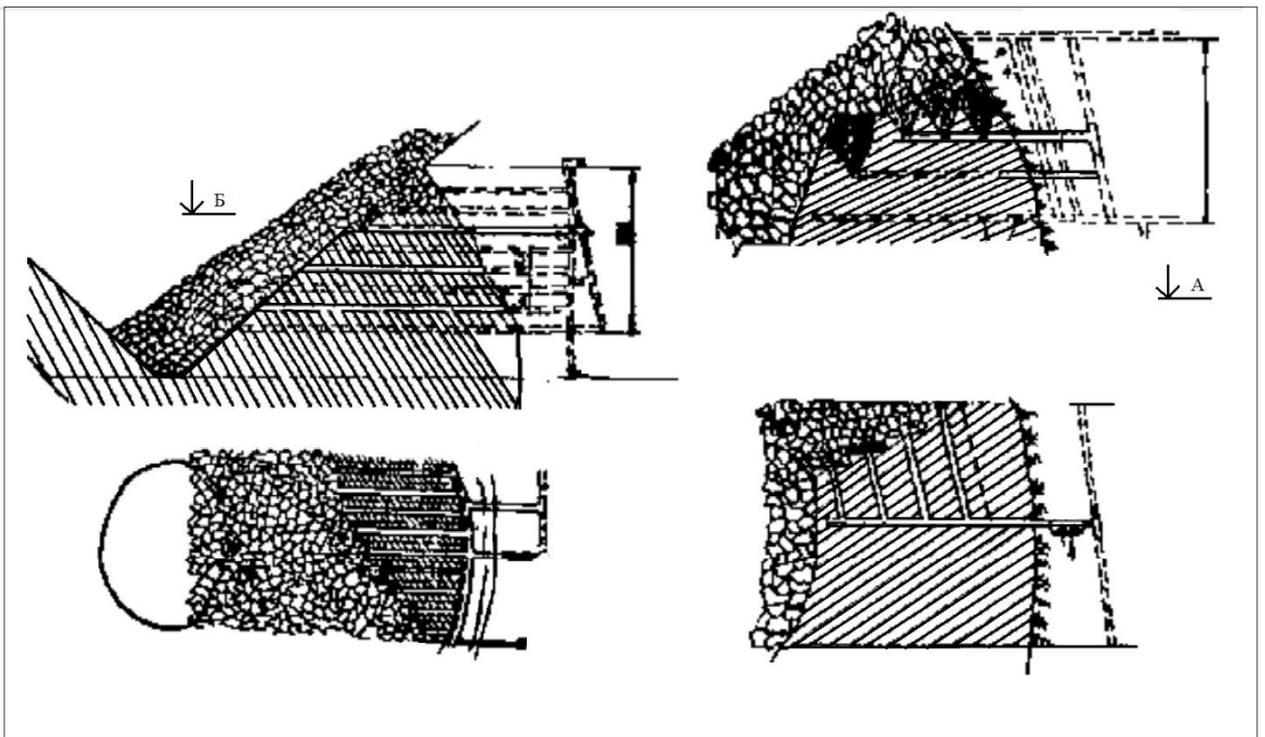


Рисунок 1.8. Вариант отработки прибортовых запасов Сибайского карьера системой подэтажного обрушения с торцовым выпуском и формированием пригрузки: а) с расположением панелей поперек борта; б) вдоль борта карьера

Отработка запасов полиметаллических руд под дном карьера на руднике Пихосальми (Финляндия), осуществляется камерными системами и системой горизонтальных слоев с закладкой [73]. Создание единой системы подземных и открытых горных выработок и совместное использование подземных сооружений для дробления и транспортирования рудной массы, позволило обеспечить плавный переход с открытого способа на подземный.

В условиях Гороблагодатского месторождения [73, с. 224], представленного рудными телами наклонного падения  $40-45^\circ$  и большой мощности, осуществляется добыча запасов за контурами карьера камерной системой с закладкой воронок обрушения породами вскрыши (рисунок 1.9) [4].

На Ново-Бакальском карьере, доработка подкарьерных запасов шахтой «Молодежная» нисходящей слоевой системой с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями вследствие сложных горнотехнических условий.

Использование закладки дало положительные результаты на медно-золотом руднике Челопеч в Болгарии, принадлежащем компании Данди Прешос Металс. После приобретения компания благополучно ушла от системы разработки с поэтажным обрушением из-за высоких показателей потерь и разубоживания, а также общей низкой эффективности работ и перешла на систему разработки с закладкой. При этом, была достигнута плановая производительность в 2 млн. тонн руды в год, тогда как ранее рудник обрабатывал не более 500 тыс. тонн в год. В зависимости от условий и необходимых прочностных показателей закладки, использовались и используются цементная, гидро и пастовая закладки. На сегодняшний день рудник является одним из самых эффективных в мире.

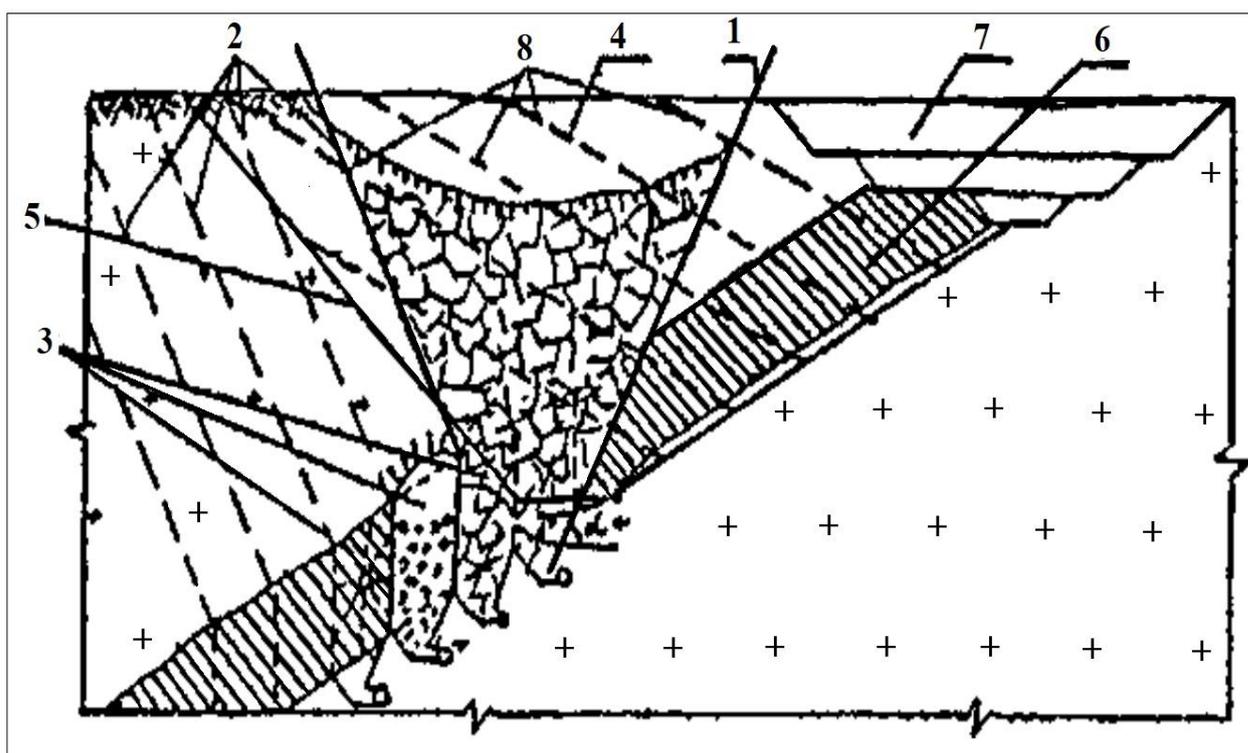


Рис. 1.9. Способ комбинированной разработки месторождения: 1 — угол сдвига поверхности воронки обрушения; 2 — границы зоны обрушения; 3 — очистные блоки; 4 — зоны воронок обрушения от погашенных камер; 5 — проектный контур карьера; 6 — рудное тело; 7 — рабочая зона карьера в начальный период; 8 — рабочий борт карьера висячем боку.

«Гайское месторождение медно-цинковых руд представлено пятью рудными залежами общим простиранием более 3 км. Вмещающие породы достаточно устойчивые (крепость 6-15). Рудные тела залегают на глубине 75-550 метров. Проектная глубина карьера 380 м.

Высокое содержание металлов в руде обусловило высокую рентабельность подземных горных работ. Поэтому отработку месторождения долгое время вели параллельно открытыми и подземными горными работами. Это позволило увеличить производительность в разы, при этом общая себестоимость снизилась.

На подземных горных работах внедрена новая на то время технология добычи руды методом сплошной выемки без оставления междукамерных целиков с последующей закладкой отработанного пространства дешевым твердеющим материалом. Первоначально по проекту подземным способом предусматривали отработать только первичные камеры, после чего подземный рудник должен был быть законсервирован на 20 лет и работа должна была быть возобновлена после отработки части залежи открытым способом. Отработанные камеры проектировали закладывать гравийно-песчаной смесью, междукамерные целики потом отработать открытым способом. Однако, по примененной технологии первичные камеры заполняли твердеющим материалом со следующим составом: молотый доменный шлак, цемент, песок, вода. Материал готовили на поверхности. После достижения твердеющей закладкой нужной прочности отработывали междукамерные целики. В последнюю очередь отработывали продольные целики. Применение системы с твердеющей закладкой на Гайском руднике позволило интенсифицировать разработку и снизить потери и разубоживание в два раза.

Медный рудник Крейгмонт (Канада) был введен в эксплуатацию в 1961 году. Рудная залежь находится в крутопадающих известняках, имеющих пологое склонение на восток. Руда представлена халькопиритом.

Месторождение до глубины 350 м отработывали карьером. Позже встал

вопрос о совместной и позже подземной разработке. Ввиду высоких содержаний руды, а также неустойчивости вмещающих пород было принято решение о применении системы с закладкой» [6].

На Тишинском месторождении, после перехода на подземный способ отработки, запасы верхних горизонтов обрабатывались горизонтальными слоями с твердеющей закладкой из-за сложных горнотехнических условий, а также высокой ценности полезных компонентов. На сегодняшний день доработка запасов планируется также системами с закладкой» [6].

Ввиду высокой ценности полезных компонентов и «соответственно необходимости максимально полной отработки запасов, слоевая система разработки с закладкой планируются на месторождении Бакырчик сразу после отработки карьера» [6].

### **1.3. Цель и задачи исследований**

В Кыргызской Республике, в настоящее время, горная промышленность набирает новые темпы развития, опираясь на достижения в сфере науки. При этом необходимо соблюдать основное условие освоения месторождений полезных ископаемых — это обеспечение эффективности и безопасности горного производства путем широкого использования различных вариантов открыто-подземного способа разработки месторождений полезных ископаемых, т.е. комбинированного способа.

Комбинированная разработка рудных месторождений нашла широкое применение в Кыргызской Республике при отработке ценных рудных тел, которые имеют ряд особенностей, обусловленных сложным геологическим строением, высокой изменчивостью его контуров, наличием породных включений, неустойчивостью рудных тел. При этом, месторождения также «состоят из отдельных гнезд небольших размеров, сложной формы и неравномерного оруденения. Причем рудные тела имеют сложную конфигурацию, разбросаны по всей площади шахтного поля, расположены в сложных горно-

геологических условиях, отличающихся крайне невыдержанными элементами залегания» [33], разнообразностью вмещающих пород.

При комбинированной разработке наличие карьера приводит к сложным геомеханическим процессам в массиве горных пород, к развитию интенсивной техногенной трещиноватости, к снижению прочностных свойств породного массива.

Опыт применения комбинированной разработки при освоении рудных месторождений показал, что на ряде шахт после полного завершения открытых горных работ, при дальнейшей подземной отработке применяют традиционные геотехнологии с открытым очистным пространством подэтажного обрушения, а в некоторых случаях и системы с закладкой выработанного пространства. Существующие в настоящее время технологии комбинированной разработки из-за специфических условий залегания рудных тел не всегда приводят к полной выемке прибортовых и подкарьерных запасов, оставшиеся не отработанными и значительная часть запасов безвозвратно теряются.

Поэтому, обоснование безопасных и эффективных технологий отработки законтурных запасов руды и подкарьерных запасов рудных тел является актуальной задачей.

**Цель работы** – Создание и внедрение передовых способов освоения глубинных и законтурных запасов при использовании комбинированных способов разработки. Такой подход гарантирует максимальную эффективность добычи минерального сырья, соблюдение природоохранных требований и рациональное использование природных ресурсов в процессе горных работ.

**Задачи исследований:**

- Изучение практических результатов извлечения минерального сырья из глубинных горизонтов и приконтурных зон открытых горных выработок;
- обоснование и разработка геотехнологии отработки прибортовых запасов системами подэтажного обрушения;

- разработка эффективных геотехнологий отработки подкарьерных запасов при комбинированной разработке;
- обоснование технологий отработки прибортовых запасов системами с закладкой.

## **ГЛАВА 2. ОБОСНОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ ВЫЕМКИ ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ СЛОЖНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ**

### **2.1. Обоснование методики создания новых технологий при комбинированной разработке рудных месторождений**

Анализ опыта освоения месторождений комбинированным способом показывает, что освоение месторождений осуществляется на основе отдельных и не взаимосвязанных между собой проектов на открытую и подземную выемку запасов. При этом открытые и подземные горные работы рассматриваются как альтернативные и конкурирующие, и в результате не полностью реализуются преимущества комплексной комбинированной разработки месторождений.

**Объектом исследования** диссертации является сложные рудные тела месторождений полезных ископаемых.

**Предметом исследования** является обоснование эффективных и безопасных технологий выемки законтурных запасов при комбинированной разработке месторождений.

**Методы исследования:** анализ и обобщение предыдущих исследований, научного и практического опыта по проблеме.

При проектировании отдельных этапов комбинированной разработки главной целью должно быть не эффективное использование запасов открытым и подземным способами, а создание благоприятных условий перехода на другие способы разработки с тем, чтобы совокупный доход от освоения месторождения комбинированным способом был максимальным.

При проектировании комбинированной технологии в рамках комплексного освоения месторождения имеется реальная возможность использования технологического оборудования и специфических процессов

альтернативных способов для качественного улучшения показателей применения базовых (открытых или подземных) технологий.

Использование технологических преимуществ каждого способа: открытого – высокая производительность бурового погрузочно-доставочного оборудования и подземного – малогабаритность и высокая маневренность самоходной техники, отсутствие вскрышных работ с обеспечением устойчивости массива путем применения различных способов управления горным давлением, позволяет достичь более высоких показателей освоения запасов.

Создание и выбор оптимальной технологии комбинированной разработки включает не только выбор систем разработки и их модификаций из числа известных, но и разработка новых их вариантов, так как при всем множестве известных решений они не могут полностью удовлетворить огромное многообразие сочетаний условий, встречающихся на практике.

В то же время вопросы методики по созданию новой технологии комбинированной разработки не рассматривались.

Известно, что основу технического прогресса составляют, в конечном счете, более эффективные новые технологические методы, построенные на высокопроизводительной горной технике.

Разработка новой и усовершенствование существующей технологии на практике состоит из двух основных этапов. Первый этап, как правило, включает анализ недостатков существующей технологии, изучение горно-геологических условий обрабатываемого участка, обобщение практики эксплуатации аналогичных месторождений, патентно-информационный поиск. В результате всего этого формируется основная идея новой и более совершенной технологии. Второй этап заключается в дальнейшем исследовании процессов новой технологии, прорабатывается ее конструктивные узлы и рекомендуется окончательный вариант для промышленных испытаний и внедрения. При этом не исключены ошибки

интуиции, могут быть упущены существенные факторы. Обычно на практике главной целью разработчика является улучшение в той или иной степени существующей технологии, устранение замеченных в ней определенных недостатков. Работа не направляется на поиск наилучшего из всех эффективных в существующих условиях решения.

Создание нового варианта направлено на преодоление отдельных недостатков применяемой технологии.

В работе [17] предлагается метод целенаправленной оптимизации, включающий этапы разработки новых наиболее эффективных в конкретных условиях вариантов технологии и их освоения. В качестве идейной основы использован общий матричный метод поиска решений, широко применяемый в конструкторско-изобретательской работе [54].

Эти методы [17, 54] в дальнейшем были использованы нами в качестве идейной основы для разработки новой методики – методики разработки новых технологических решений при комбинированной разработке рудных месторождений сложного строения [41]. Суть этой методики, как и рассмотренных выше методах, заключается в расчленении искомого решения на конструктивные узлы и технологические элементы и систематическом исследовании всех возможных процессов. Цель методики состоит в максимальном сокращении количества не учитываемых данных и придании процедуре поиска целенаправленность и упорядоченность. При этом поиск общего сложного решения заменяется разработкой наиболее эффективных решений в элементах и последующим их синтезом по определенным параметрам.

Предлагаемый метод, как и метод, описанный в работе [17] предусматривает шесть основных последовательно осуществляемых этапов:

1. Поэлементный анализ применяемой технологии на основе обобщающего критерия эффективности и формулировка главного требования к ее совершенствованию в условиях конкретного участка месторождения. Направление поиска технологии по пути наиболее высокого ожидаемого

эффекта сужает диапазон изысканий и ориентирует их на главное направление.

2. Выделение основных конструктивных узлов технологических процессов, ответственных за реализацию главного требования и формулировка для них отдельных требований.

3. Набор для каждого элемента всех возможных вариантов реализации требований и составление сводной матрицы индивидуальных решений.

4. Отбор предпочтительных решений в элементах и комплектование их в потенциально оптимальные варианты технологии.

5. Конструктивная и технологическая проработка потенциально оптимальных вариантов технологии.

6. Сравнительная оценка конкурирующих вариантов по экономическому критерию и выбор лучших для освоения в производственных условиях.

Основой предлагаемой методики является матрица. Она представляет собой систематизацию в наглядной форме решений в элементах, сочетание которых составляет варианты технологии. Наличие достаточно полной матрицы обеспечивает системность поиска, создает базу для широкого системного выбора конкурентоспособных вариантов. Создаются условия для анализа и проверки построения рекомендуемой технологии, что немаловажно с позиций экспертизы. При появлении новых идей или получении дополнительной информации любое решение может быть пересмотрено.

Нами предлагается матрица решений по усовершенствованию технологии комбинированной разработки рудных месторождений сложного строения.

Главное требование матрицы – усовершенствование технологии комбинированной разработки рудных месторождений сложного строения.

Матрица состоит из 6 элементов. Для каждого элемента указан набор всех возможных способов реализации требований к усовершенствованию технологии в условиях месторождения. Например, в предлагаемой матрице в рассмотрении элемента 1 (изоляция вмещающих пород) наряду с другими процессами включен процесс оставления породного прослоя за пределами зоны выпуска (решение 1.9), учет которого в соответствующих условиях конкретного участка месторождения может способствовать построению новой технологии. Элемент 2 (выпуск и доставка) включает процесс бурения со дна карьера скважинами уменьшенного диаметра (решение 2.2). При выпуске руды через подземную часть открыто-подземного яруса использование данного решения при соответствующих условиях позволяет исключить или свести к минимуму выход негабаритных кусков.

Главным требованием элемента 6 (охрана окружающей среды) является снижение вредного влияния комбинированной разработки на окружающую среду. В связи с этим решение 6.1 предусматривает рациональное использование выработанного пространства для технологических нужд открытого и подземного рудника и в интересах улучшения экологической обстановки, что является одним из условий эффективного освоения месторождений комбинированным способом.

Анализ практики совершенствования технологии показывает, что быстрее и в более широких масштабах находит применение такая технология, которая требует меньшей перестройки на руднике. Иногда более прогрессивная по замыслу технология, но содержащая несколько новых элементов, длительное время уступает по масштабности и эффективности менее прогрессивной, но построенной на хорошо апробированных элементах технологии. Часто решающим оказалось непредвиденное проявление горнотехнических факторов при внесении новых технологических элементов. Недостаточная информация о месторождении не позволяет на стадии проектирования предусмотреть все возможные ситуации. Чем сложнее

месторождение, тем выше риск не получить эффекта от замены существующей технологии. Степень риска тем выше, чем большие изменения внесены в систему, так как общая вероятность качественного осуществления технологии равна произведению вероятностей надежного выполнения всех последовательных работ.

Множество возможных вариантов проявления характеристик месторождения в работе [27] представлено формулой:

$$N_n = N_3 N_k = N_3 n m$$

где  $N_3$  - количество новых элементов технологии;

$N_k$  - количество характеристик сложности месторождения, определяемое числом осложняющих признаков  $n$  и вариантом их проявлений  $m$ .

Отсюда видно, что при большом значении  $N_k$  предвидеть поведение месторождения невозможно. Уменьшить  $N_n$  можно за  $N_3$  или  $N_k$ . В первом случае сокращается количество изменений в технологии, во втором - выбирается менее сложное месторождение или участок месторождения.

Однако практика показывает, что при совершенствовании технологии разработки сложных месторождений нельзя ограничиваться количеством новых элементов. Необходимо учитывать и количество новых решений в элементах. Дело в том, что при внесении в матрицу нового элемента появятся и новые решения. В то же время в соответствии с требованиями других, уже применяемых элементов на основе анализа горнотехнических и горно-геологических условий могут быть рекомендованы качественно новые технологические решения.

Поэтому данная формула нами изменена и представлена в следующем виде:

$$N_n = N_3 N_k = N_3 N_p n m$$

где  $N_p$  – количество новых решений в элементах.

Вышеизложенное позволяет сформулировать следующие правила освоения новой технологии с наименьшим риском:

1. Если горнотехнические условия сложны и изменчивы, технология должна содержать минимальное количество новых элементов и новых решений;

2. При относительном постоянстве условий эксплуатации допустимо существенное изменение технологии за один этап.

На основе этих правил можно указать два пути перехода от существующей на новую технологию - шаговое совершенствование и коренная модернизация. Оба указанные пути приводят к одному результату – внедрению оптимальной технологии разработки и отличаются лишь исполнением. Первый путь предусматривает поэтапное введение новых элементов в применяемую или упрощенную новую технологию в процессе приближения к оптимальной, а второй – непосредственное освоение оптимальной технологии при последовательном усложнении условий эксплуатации. Ко второму пути приходится прибегать тогда, когда новые элементы нельзя совместить с существующей технологией.

Суть шаговой оптимизации, изложенной в работе [17] заключается в том, что новая усовершенствованная технология строится на максимальном использовании и развитии наиболее оправданных в данных условиях элементов. Новые элементы вводятся последовательно и с большой осторожностью. Эффект достигается главным образом за счет наилучшего конструктивного и технологического исполнения системы в геологической ситуации конкретного участка. После широкой проверки в различных условиях и корректировки вносится новый элемент. Таким образом, поочередное внесение новых элементов продолжается до полного перехода на запланированную технологию.

Матрица решений по усовершенствованию технологии комбинированной разработки рудных месторождений сложного строения приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1

<p><b>1. Изоляция вмещающих пород.</b> Уменьшить потери и разубоживание руды при выемке подкарьерных запасов</p>	<p><b>2. Выпуск и доставка.</b> Требование – обеспечить полный выпуск и исключить сегрегацию руды по качеству</p>	<p><b>3. Компенсационное пространство.</b> Требование – обеспечить качественное дробление и измельчение</p>
<p>1.1. Гибкое разделяющее перекрытие. 1.2. Создание подушки из забалансовой руды. 1.3. Металлическо-изолирующее перекрытие. 1.4. Опережение обрушения путем интенсификации очистных работ. 1.5. Выделение породного прослоя. 1.6. Предварительное укрепление пород. 1.7. Оставление предохранительной рудной корки. 1.8. Первоочередная отработка рудных тел,</p>	<p>2.1. Исключение перевыпуска, обуславливающего сегрегацию руды по крупности и обрушение висячего бока. 2.2. Бурение со дна карьера скважинами уменьшенного диаметра. 2.3. Подэтажно-последовательный выпуск. 2.4. Подработка висячего бока и довыпуск обогащенной руды. 2.5. Доскреперовка обогащенной руды. 2.6. Изменение фигуры выпуска</p>	<p>3.1. Образование вертикальной отрезной щели. 3.2. Обрушенная руда. 3.3. Обрушенная порода. 3.4. Горизонтальная подсечка. 3.5. Образование горизонтальной камеры. 3.6. Образование вертикальной камеры. 3.7. Подконсольное полусферическое пространство.</p>

<p>расположенных в лежачем боку.</p> <p>1.9. Оставление породного прослоя за пределами зоны выпуска.</p>	<p>путем наклона оставления козырька потолочины.</p> <p>2.7. Выпуск под гибким перекрытием.</p>	
<p><b>4. Технологическая связь между открытыми и подземным способами.</b></p> <p>Требование – максимально использовать преимущества открытого и подземного способов</p>	<p><b>5. Отработка переходной зоны (потолочины).</b></p> <p>Требование – более полное извлечение запасов переходной зоны</p>	<p><b>6. Охрана окружающей среды.</b></p> <p>Требование – снизить вредное влияние комбинированной разработки на окружающую среду</p>
<p>4.1. Использование более производительных карьерных буровых станков для погашения верхней части подземного яруса.</p> <p>4.2. Использование воронки обрушения для ловушек.</p> <p>4.3. Взрывная</p>	<p>5.1. Переход от открытых к подземным горным работам без оставления потолочин.</p> <p>5.2. Переход от открытых к подземным горным работам с оставлением барьерного целика (с</p>	<p>6.1. Создание внутрикарьерного отвала вскрышных пород.</p> <p>6.2. Использование забалансной руды и вскрышных пород в качестве предохранительной подушки.</p> <p>6.3. Использование пород вскрыши для</p>

<p>доставка руды к экскаваторным забоям.</p> <p>4.4. Выпуск руды через подземные выработки.</p> <p>4.5. Оптимизация качества объединенного с открытых и подземных работ рудо потока.</p> <p>4.6. Создание единого комплексного проекта на открытый и подземный способ добычи.</p> <p>4.7. Использование карьерного пространства для вентиляции (за счет близости поверхности).</p>	<p>последующим его обрушением).</p> <p>5.3. Переход от подземных к открытым горным работам (восходящий порядок с закладкой выработанного пространства).</p> <p>5.4. Совмещение открытых и подземных работ во времени и в одной вертикальной плоскости.</p> <p>5.5. Последовательный переход от открытых к подземным работам с применением гибкого разделяющего перекрытия.</p> <p>5.6. Последовательный переход с открыто-подземным ярусом.</p>	<p>изготовления закладочных смесей.</p> <p>6.4. Пылеподавление на карьере.</p>
--	---	--

Необходимо отметить, что случайный характер совершенствования сопряжен с ошибками и неудачами, на преодоление которых в большинстве случаев уходит очень много времени, сил и средств.

В отличие от шаговой модернизации, коренная модернизация предусматривает непосредственное освоение оптимальной или близкой к ней технологии, включающей все новые элементы. На первом этапе для производственных испытаний выбирается участок месторождения с простыми, хорошо изученными горно-геологическими условиями. Последовательно условия усложняются, и технология корректируется. Одновременно с этим на сложном месторождении ведется техническая подготовка, отрабатываются новые элементы и технологические решения.

Отсюда видно, что и коренная модернизация технологии на сложных месторождениях включает приемы шаговой модернизации. Это связано тем, что большое количество новых элементов технологии снижает вероятность ее качественного осуществления в сложных условиях. Поэтому ее освоение производится по правилам коренной модернизации с использованием приемов шагового совершенствования. Применение новых технологий сразу в сложных условиях может привести к неудачам и надолго затормозить ее промышленное освоение. Правильный выбор путей перехода на новую технологию позволяет безболезненно использовать новую технологию и получить экономический эффект уже на первых этапах промышленного освоения.

Таким образом, предложенная методика усовершенствования технологии комбинированной разработки месторождений уменьшает элементы случайности в творческой работе, позволяет в совокупности учесть все значимые факторы, что повышает уровень совершенства разрабатываемой технологии [41].

## **2.2. Создание геотехнологии выемки подкарьерных запасов при комбинированной отработке мощных крутопадающих тел.**

«В мировой горной практике, при отработке мощных и весьма мощных рудных тел в широком диапазоне горнотехнических и геомеханических условий значительное применение нашли системы подэтажного обрушения. При этом залегание их преимущественно крутое и наклонное. При пологом угле падения эта геотехнология используется на весьма мощных рудных залежах. Устойчивость руд и вмещающих пород от средней до неустойчивой. Ценность полезных ископаемых обычно средняя и ниже. Предельная глубина преимущественно до сих пор не установлена и требует дальнейшего изучения» [32].

Система подэтажного обрушения получила широкое распространения при разработке рудных месторождений СНГ, США, Швеции и других стран с развитой горнодобывающей промышленностью. Она применяется в самых различных горно-геологических условиях и имеет чрезвычайно большое многообразие вариантов и модификаций. Из них наибольшее распространение получили две группы ее вариантов: с донным выпуском руды, с торцевым выпуском руды.

«Многолетний опыт применения подэтажного с торцевым выпуском руды на зарубежных и отечественных рудниках позволяет отметить, что, имея высокие технико-экономические показатели, эта технология отличается максимальной простотой и гибкостью, которые позволяют эффективно разведывать контуры весьма сложных рудных тел, регулировать высоту подэтажа и обрушенных зон, стабилизировать качество добываемой руды и оставлять часть породных включений в выработанном пространстве. Высокая интенсивность очистной выемки, постоянное обновление торца забоя при обработке обеспечивает безопасность выпуска руды даже при разработке неустойчивых руд. Послойная отбойка руды снижает систематическое воздействие на окружающий массив и вероятность проявления горного давления в динамической форме» [32].

Анализ способов отработки подкарьерных запасов показывает, что в последнее время на ряде рудниках после полного завершения открытых горных работ применяют систему подэтажного обрушения для отработки залежей полезного ископаемого под дном карьера [33, 39, 49, 21, 64, 9, 20, 47].

«Опыт применения существующих систем при комбинированной разработке подкарьерных запасов сложных рудных тел в мировой горнорудной практике показал, что в последнее время намечается тенденция применять систему подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды для отработки этих залежей под дном карьера. Эта система применяется в различных горно-геологических условиях: при пологих и крутопадающих залеганиях разных тел, при их различных мощностях, при разной крепости вмещающих пород, при рудах с различной устойчивостью от сложного до простого строения оруденения, при нормальном и повышенном горном давлении. Преимуществами этой системы являются простота конструкции, малый объем подготовительно-нарезных работ, одностадийность выемки, большая гибкость» и возможность вести в случае необходимости селективную выемку, что обеспечивает высокую степень безопасности» [79].

При этом характерной особенностью применения системы подэтажного обрушения под дном карьера является частичное обрушение бортов карьера. В ряде случаев для повышения эффективности подэтажного обрушения на дно карьера складировались пустые породы или забалансовая руда крупнокусковой фракции. Система также отличается большой гибкостью и позволяет вести в случае необходимости селективную выемку. Система подэтажного обрушения применяется в самых различных горно-геологических условиях и имеет чрезвычайно большое многообразие вариантов и модификаций. Из них выделяется две группы ее вариантов: с донным выпуском руды; с торцевым выпуском руды. Вариант с торцевым выпуском имеет разновидности: со сплошной (прямой) и конической (треугольной) подсечкой.

При применении торцевого выпуска с прямой подсечкой показатели извлечения руды улучшаются, число подэтажных выработок сокращается. Однако создается жесткая взаимозависимость во времени бурения, взрывания и доставки руды. Работы ведутся под рудной консолью, поэтому в целях обеспечения безопасности этот вариант приемлем лишь при очень устойчивой руде и малом диаметре взрывных скважин.

При неустойчивой руде наиболее приемлемым является вариант с конической подсечкой, так как в этом случае консоль будет поддерживаться рудным выступом в интервале между выработками.

Система с торцевым выпуском руды обеспечивает эффективность использования комплексов высокопроизводительного самоходного оборудования, как на очистных, так и на подготовительных работах. Достоинством этой технологии являются также одностадийность выемки, простота конструкции, небольшой объем подготовительно-нарезных работ [33, 1, 45, 85, 29]. По сравнению с технологией с донным выпуском через воронки, применение самоходного оборудования в этом случае обеспечивает повышение производительности труда забойных рабочих на подготовительно-нарезных работах до 10-15 м<sup>3</sup>/чел.-смену (в 3-5 раза), на очистных – до 20-30 м<sup>3</sup>/чел.-смену (в 2-4 раза), снижение себестоимости добычи руды – на 15-25%.

Учитывая указанные достоинства системы подэтажного обрушения торцевым выпуском руды и ее соответствие современным тенденциям развития горной техники, указанная технология принята для отработки подкарьерных запасов.

Применение данного способа при комбинированной разработке обеспечивает повышение эффективности разработки за счет снижения затрат на добычу руды и горно-подготовительные работы.

При этом обоснована техническая возможность и экономическая целесообразность применения комплексного способа с открыто-подземным ярусом для доработки глубоких горизонтов карьера, без разноса его бортов, с

размещением текущих объемов вскрыши во внутренний отвал [33]. Это резко снижает затраты на добычу руды и уровень нарушения окружающей природной среды. Кроме того, породы внутреннего отвала вскрышных пород, размещаемые в выработанном пространстве, позволяют повысить устойчивость открыто-подземного яруса.

Известен способ [39] комбинированной разработки мощных рудных тел, включающий применение на открытых горных работах разделяющего перекрытия.

Недостатками данного способа является, во-первых, относительно большие потери и разубоживание руды и, во-вторых, не предусмотрена отработка предохранительного целика между проектным контуром карьера и подземными горными работами.

Оставление такого предохранительного целика предусматривает большие потери руды в целике, что нецелесообразно при добыче ценных и особо ценных руд.

Также известен способ [49] комбинированной разработки мощных крутопадающих рудных тел, включающих выемку руды открытыми работами до проектной отметки дна карьера, подготовку буро-доставочного горизонта в направлении глубины карьера, а затем по всей площади рудного тела, разделку отрезной щели до дна карьера, формирование между подземными и открытыми горными работами единого очистного пространства.

Недостатками данного способа является относительно большие потери и разубоживание руды в связи с формированием единого очистного пространства.

На основе анализа существующих способов нами предлагается способ комбинированной разработки мощных крутопадающих рудных тел [29]. Способ может быть использован при комбинированной разработке ограниченных по простиранию мощных крутопадающих тел. Сущность способа состоит в следующем. В период проектирования месторождение

делится на три яруса: открытый ( $H_o$ ); открыто-подземный ( $H_{o-п}$ ); подземный ( $H_п$ ). Месторождение (рис. 2.1) обрабатывается до нижней границы открытого яруса открытым способом с внешним отвалообразованием. На границе открытого и открыто-подземного ярусов со стороны лежачего бока рудного тела 1 над породным целиком 2 проходят капитальную штольню 3 и от нее спиральный съезд 4, через который добывают руду под дном карьера.

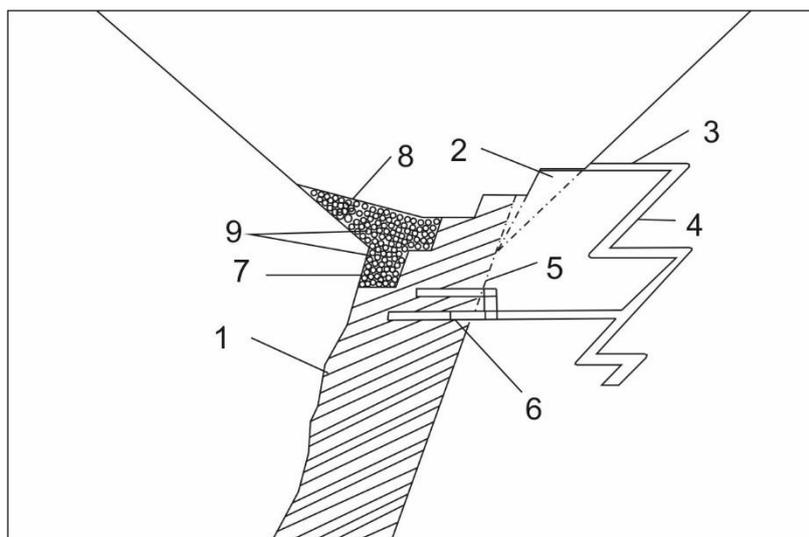


Рис.2.1. Технология отработки подкарьерных запасов подэтажного обрушения мощных крутопадающих рудных тел: 1-рудное тело; 2-породный целик; 3-штольня; 4-спиральный съезд; 5-буровая выработка; 6-доставочная выработка; 7-отрезная щель; 8-внутрикарьерный отвал.

В период подготовки подкарьерных запасов в пределах открыто-подземного яруса проходят буровые 5 и доставочные 6 выработки. От буродоставочного горизонта проходят отрезную щель 7 до поверхности. Обрушенная руда из подземной выработки транспортируется через спиральный съезд и далее по транспортным бермам на обогатительную фабрику. Приступают к разносу уступов открыто-подземного яруса, при этом обрушенная из уступов открыто-подземного яруса руда доставляется до отрезной щели, и далее выпускается через спиральный съезд. Часть вскрышных пород вывозят во внешний отвал, оставшуюся часть перемещают

гравитационным способом на дно карьера, т.е. во внутренний отвал 8. Бурение и взрывание скважин 9 осуществляются из буровой выработки и из карьера.

Запасы, залегающие под дном карьера, отрабатываются через спиральный съезд системой подэтажного обрушения. Удлиняют спиральный съезд и отрабатывают через него руду из зоны под налегающими породами аналогичной технологией, т.е. системой подэтажного обрушения. Пустые породы складировывают во внутрикарьерный отвал.

### **2.3. Обоснование и разработка геотехнологий отработки подкарьерных запасов при неустойчивых рудных телах**

Развитие горнодобывающей промышленности, неразрывно связанное с возрастанием объемов горных работ, выполняемых открытым способом, с постепенным ухудшением горно-геологических условий и увеличением глубины карьеров, требуют особого внимания к обеспечению длительной устойчивости карьерных откосов, параметры которых в большой степени определяет безопасность и экономичность отработки месторождения. Все это принимает важную актуальность при наличии в подкарьерных запасах неустойчивость рудных тел. При этом, если разработка технологии открытых горных работ ведется без учета устойчивости бортов карьеров, то это может привести к непредвиденным дополнительным расходам. Причем, эта проблема в обозримом будущем будет еще актуальнее вследствие перехода на глубокие горизонты [32].

Следует отметить, что «отработка подкарьерных запасов системой подэтажного обрушения неустойчивых рудных тел приводит к частичному обрушению бортов карьеров, что недопустимо в случае необходимости сохранения устойчивости бортов в связи с нахождением на них различных производственных зданий и сооружений, шахтных стволов и штолен» [32].

В последнее время в ряде рудников при комбинированной разработке для отработки подкарьерных запасов применяют систему подэтажного

обрушения. При этом данная система применяется в самых различных горно-геологических условиях и имеет чрезвычайно большое многообразие вариантов и модификаций. Из них выделяются две группы ее вариантов: с донным выпуском руды; с торцевым выпуском руды. Вторая группа системы обеспечивает эффективность использования комплексов высокопроизводительного самоходного оборудования, как на очистных, так и на подготовительных работах. Одностадийность выемки, простота конструкции, небольшой объем подготовительно-нарезных работ является преимуществом этой технологии. По сравнению с технологией с донным выпуском через воронки, применение самоходного оборудования в этом случае обеспечивает значительное повышение производительности труда забойных рабочих на подготовительно-нарезных работах – в 3-5 раза, на очистных – в 2-4 раза, снижение себестоимости добычи руды – в 1-4 раза.

Вариант системы подэтажного обрушения с торцевым выпуском имеет разновидности: со сплошной (прямой) и конической (треугольной) подсечкой.

При применении торцевого выпуска с прямой подсечкой показатели извлечения руды улучшаются, число подэтажных выработок сокращается. Однако создается жесткая взаимозависимость во времени бурения, взрывания и доставки руды. Работы ведутся под рудной консолью, поэтому в целях обеспечения безопасности этот вариант приемлем лишь при очень устойчивой руде и малом диаметре взрывных скважин.

При неустойчивой руде наиболее приемлемым является вариант с конической подсечкой, так как в этом случае консоль будет поддерживаться рудным выступом в интервале между выработками.

На основе анализа существующих способов комбинированной разработки [15, 16, 36, 37, 40-46, 48, 50, 61-63, 69, 74, 76-78, 80, 84] нами разработана технология отработки подкарьерных запасов, включающая применение гибкого разделяющего перекрытия с внутрикарьерным отвалообразованием [71].

Сущность технологии заключается в следующем. При комбинированной разработке рудных тел горизонты ниже проектного дна карьера отрабатываются системой подэтажного обрушения с применением гибкого разделяющего перекрытия и одновременным складированием вскрышных пород из внешних отвалов и пород от проведения вскрывающих и подготовительных подземных выработок внутри карьера (рис. 2.2), то есть во внутренний отвал.

В период подготовки нижележащих горизонтов проходят доставочную 1 и буровую 2 выработки, из доставочной выработки проходят отрезную щель 3 до дна карьера с применением камерно-столбовой системы. Для разделения отбитой руды при выпуске и складироваемых пустых пород внутреннего отвала, на отбитую руду 4 монтажного слоя производится настилка гибкого перекрытия 5 в виде 2-3 слоев металлической сетки. Верхнюю часть перекрытия свободно располагают на днище карьера 6 и засыпают пустыми породами 7 высотой 15-20 метров для того, чтобы, во-первых, заполнялось образующееся при подземной добыче выработанное пространство, во-вторых, сохранялось устойчивое состояние бортов карьера. Горизонтальная часть гибкого перекрытия для нижележащего подэтажа монтируется по мере отбойки и выпуска отбитой руды на почве сплошной или конической формы подсечки 8 доставочного горизонта отрабатываемого подэтажа. Боковое перекрытие возводится аналогично верхнему подэтажу. В процессе отработки рудного тела производится подсыпка пустых пород в карьер, что обеспечивает устойчивость бортов карьера с одновременной закладкой выработанного пространства пустыми породами.

Способ предназначен для отработки пологих и наклонных залежей мощностью свыше 12-15м. Технология включает элементы систем камерно-столбовой и подэтажного обрушения. Первой создается отрезная щель с отработкой слоя руды мощностью 2,5-3,5м на контакте с висячим боком

залежи, второй обрабатывается оставшаяся часть запасов. При выемке монтажного слоя оставляются временные целики по выбранной сетке.

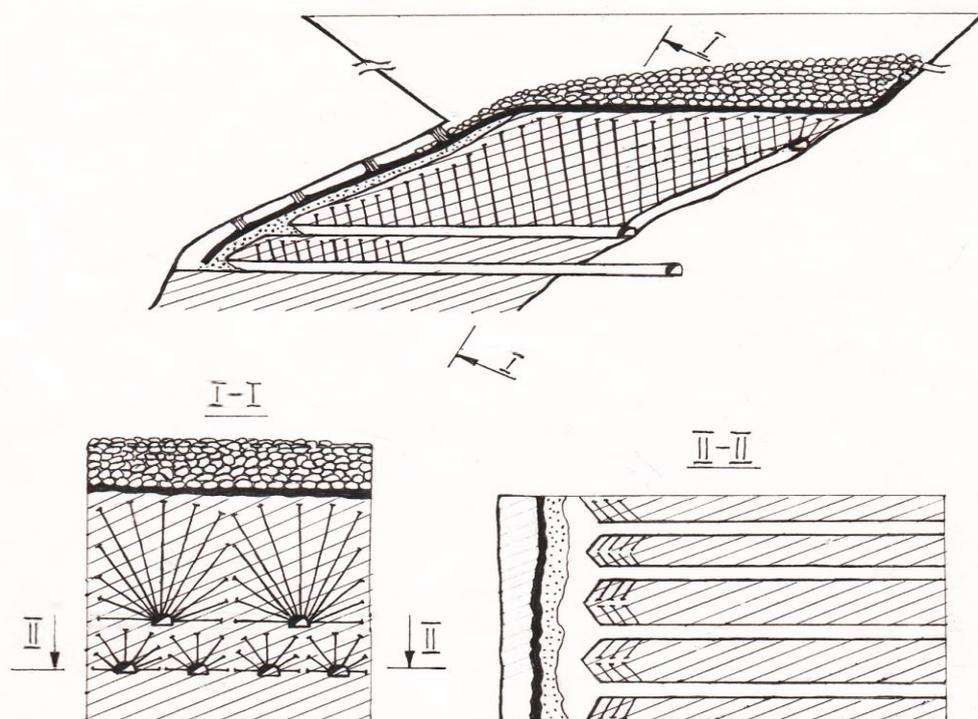


Рисунок 2.2. Технология обработки подкарьерных неустойчивых рудных тел: 1-буровая выработка; 2-доставочная выработка; 3-отрезная щель; 4-отбитая руда монтажного слоя; 5-разделяющее перекрытие; 6-карьер; 7-отвал пустых пород; 8-подсечка; 9-скважина; 10-наклонная выработка; 11-скважина; 12-временные целики.

После обработки верхнего слоя руды на почву укладывается гибкое перекрытие, состоящее из трех слоев сетки. Верхняя часть перекрытия свободно укладывается на дно карьера, и засыпается пустыми породами. В монтажный слой также доставляется порода из карьера. Затем оставшийся рудный массив под гибким перекрытием обрушается системой подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды. Бурение скважин 9 осуществляется из горизонтальных 2 и наклонных 10 буровых выработок. При этом забою придается уклон в сторону обрушаемого массива под углом около 75-80 град. Затем взрываются нижние скважины 11 из доставочных выработок. Выпуск руды осуществляется под гибким перекрытием, которое не позволяет

проникать налегающей сверху породе в обрушенный массив руды. В результате руда выпускается с незначительными потерями и разубоживанием. Отсутствие целиков обеспечивает при такой технологии высокий уровень извлечения полезного ископаемого из недр.

Важным условием применения системы подэтажного обрушения с гибким разделяющим перекрытием в условиях комбинированной разработки является необходимость обрушения вмещающих пород на перекрытие до отбойки основных запасов блока. Это предохраняет гибкое разделяющее перекрытие от перемещения и разрыва при ведении взрывных работ по отбойке нижележащих запасов. В условиях комбинированной разработки эта задача решается путем доставки до монтажного слоя пустых пород из карьера, разбуриванием и отбойкой временных целиков 12 монтажного слоя.

Следует иметь в виду, что в ряде случаев (например, невозможность доставки до монтажного слоя пустых пород из карьера, большая мощность) потребуются дополнительные буровые и взрывные работы по принудительному обрушению кровли. Поэтому с уровня монтажного слоя следует пройти один-два восстающих выработок, из которых разбуриваются породы кровли. Взрыв этих скважин производится следом за взрывом временных целиков монтажного слоя. Это позволит предохранить перекрытие от воздействия воздушной волны и выработки, необходимые для отработки блока.

«Монтаж гибкого разделяющего перекрытия осуществляется следующим образом. Доставленная в рулонах металлическая сетка раскатывается полосами по отбитой руде. При этом нахлестка соседних полос должна достигать 10-15см. Площадь перекрытия должна превышать не менее чем на 20% площади монтажного слоя. Края перекрытия нужно поднимать на борта выработок и временных целиков. Отдельные полосы перекрытия сшиваются сталистой обожженной проволокой. Следующий слой разделяющего перекрытия настиляется аналогичным образом. Для большей прочности

необходимо, чтобы места стыковки полос не совпадали по высоте. Лучше всего полосы нового слоя стелить поперек полос нижележащего. Слабым местом перекрытия является отверстие в нем у целиков, поэтому вокруг них создается усиленный воротник. Для этого слои сетки сшиваются между собой по окружности целика гибким тросом или канатной проволокой диаметром 8-10мм. Куски троса и его концы вокруг каждого целика соединяются жимками.

Общие затраты на возведение такого перекрытия по данным Канскогорудника составляет 0,03-0,12 руб/т добычи, а на Салаирскомруднике, где возведение сплошного перекрытия осуществляется при отработке монтажного слоя системой слоевого обрушения – 0,37 руб/т» [30].

Предлагаемый способ может эффективно применяться в первую очередь, на действующих глубоких карьерах при развитии горных работ в глубину, когда значительно дорожает транспортирование руды с глубоких горизонтов, и резко увеличиваются объемы вскрыши в результате разноса бортов.

Использование этой технологии позволяет обеспечить устойчивость бортов карьера за счет складирования пустых пород в его контур, уменьшить объем внешнего отвала, сократить или исключить потери площадей земельных угодий под внешний отвал [32].

#### **2.4. Создание геотехнологий отработки подкарьерных сложных рудных тел, разделенных безрудным прослоем**

Одной из весьма сложных рудных тел, подлежащих отработке из-за высокой ценности получаемого металла, являются рудные тела, разделенные безрудным прослоем разной мощности. При этом обычно выемка этих подкарьерных рудных тел ведется с большими потерями руды и разубоживанием, что обусловлено прежде всего сложной морфологией рудных тел, изменчивыми элементами залегания, а также неоднородной структурой оруденения.

Анализ практики отработки сложных месторождений показывает, что [83] большая часть породных прослоев мощностью от 3 до 10 метров вынимается вместе с рудой, значительно разубоживая ее.

При существующей технологии комбинированной разработки основной причиной, не позволяющей эффективно выделять породные прослои, является высокая изменчивость их контуров и мощности. В этом случае большая часть породного прослоя будет отбита и вовлечена в добычу.

Отбойка рудного тела с породным прослоем с целью его выделения по геологическому контуру приводит к затяжке очистного пространства. При этом на каждом контуре породных прослоев формируются потери руды и прихват породы. При включении породных прослоев в выемку дополнительные потери руды формируются за счет более раннего прекращения выпуска руды из-за снижения содержания полезных компонентов в отбитой руде. Разубоживание от включения породных прослоев зависит от их удельного веса. При существующей технологии, как выделение породных прослоев, так и их включение в отработку приводят к значительным потерям и разубоживанию руды. Отработка рудных тел с породными прослоями, расположенных под дном карьера сопровождается разрушением породных прослоев, которые извлекаются вместе с рудой. В этих условиях с целью повышения показателей извлечения руды, обеспечение устойчивости породных прослоев является очень важной задачей. Существующие способы [81, 82] отработки рудных тел породными прослоями не предусматривают комбинированную отработку залежей.

Поэтому для обеспечения устойчивости оставляемых породных прослоев нами предлагается технология комбинированной отработки рудных залежей с породными включениями [71].

Сущность ее заключается в том, что при достижении последних одного-двух уступов рудное тело висячего бока продолжают отрабатывать открытым способом, а рудную залежь со стороны лежащего бока

подготавливают к обработке подземным способом (рис. 2.3). При этом верхняя часть породного слоя, расположенная в контуре карьера вынимается открытым способом.

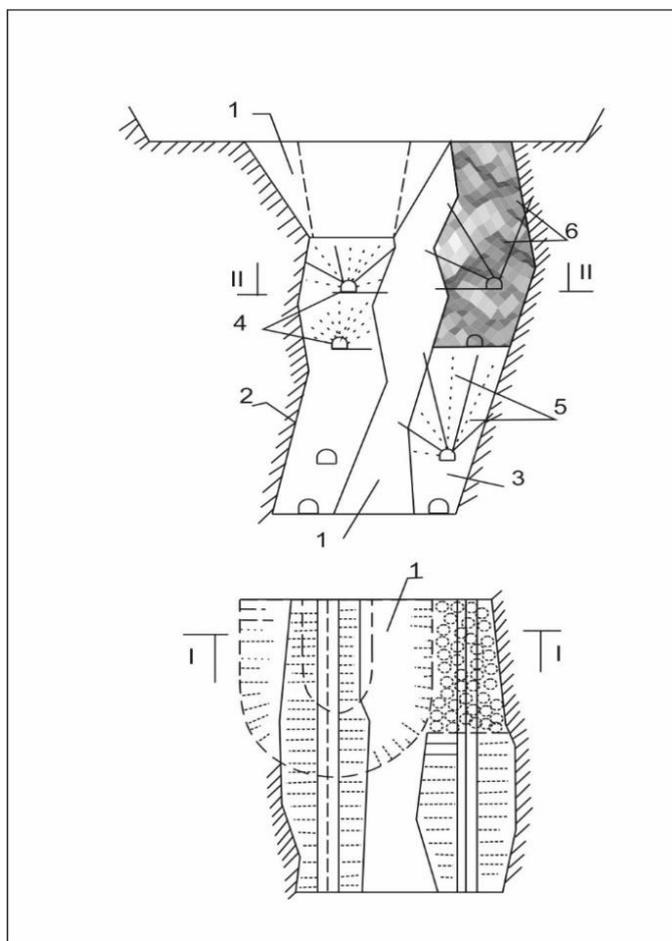


Рисунок 2.3. Технология обработки подкарьерных сложных рудных тел с породными включениями: 1-контур карьера; 2-контур промышленного оруденения; 3-контур очистного пространства; 4-буровыпускные выработки; 5-эксплуатационные скважины; 6-разведочно-эксплуатационные скважины; 7-породный прослой.

После достижения граничных контуров карьера обработку рудного тела висячего бока прекращают и приступают к отбойке и выпуску руды лежачего бока. Одновременно подготавливают к подземной обработке рудное тело висячего бока. В этом случае породный прослой, соединенный с рудным телом висячего бока, не разрушается и не попадает в зону выпуска рудного тела лежачего бока.

После полного выпуска отбитой руды лежачего бока отбивают и выпускают руду висячего бока. Даже если прослой разрушится, он не будет вовлечен в выпуск руды, так как наклонен в сторону лежачего бока. При крутых условиях залегания породного прослоя отработку рудных тел можно производить с любого бока. В этом случае при опережающей отработке одного из рудных тел, породный слой будет связан с другим. Выпускную выработку рудного тела, отрабатываемого во вторую очередь, необходимо расположить таким образом, чтобы прослой остался за пределами зоны выпуска.

При комбинированной разработке более двух рудных тел, разделенных породными прослоями, в первую очередь отрабатывается открытой технологией центральная залежь до проектных контуров карьера (рис.2.4). При этом часть породных прослоев будет вовлечена в открытую добычу. После выемки верхней части центрального рудного тела приступают к отработке соседних залежей подземным способом. Подземную отработку производят, начиная со стороны лежачего бока. При этом схема разбуривания, отбойки и выпуска отбитой руды аналогична вышеописанной технологии.

В разделе изложены принципы проектирования комбинированных геотехнологий. Одним из них является применение при очистной выемке комбинированных технологий на базе карьерного и подземного бурового, погрузочного и транспортного оборудований.

При применении вышеизложенного способа возможно и бурение скважин из карьерного пространства с использованием карьерного бурового оборудования, что позволяет значительно повысить эффективность буровых работ [38].

В связи с этим для случаев, когда из-за малой мощности рудных тел и породных прослоев создание открытой выемки и размещение в ней карьерного бурового, погрузочного и транспортного оборудования не представляется возможным, предлагается следующая схема комбинированной отбойки рудных тел, разделенных породными прослоями (рис. 2.5).

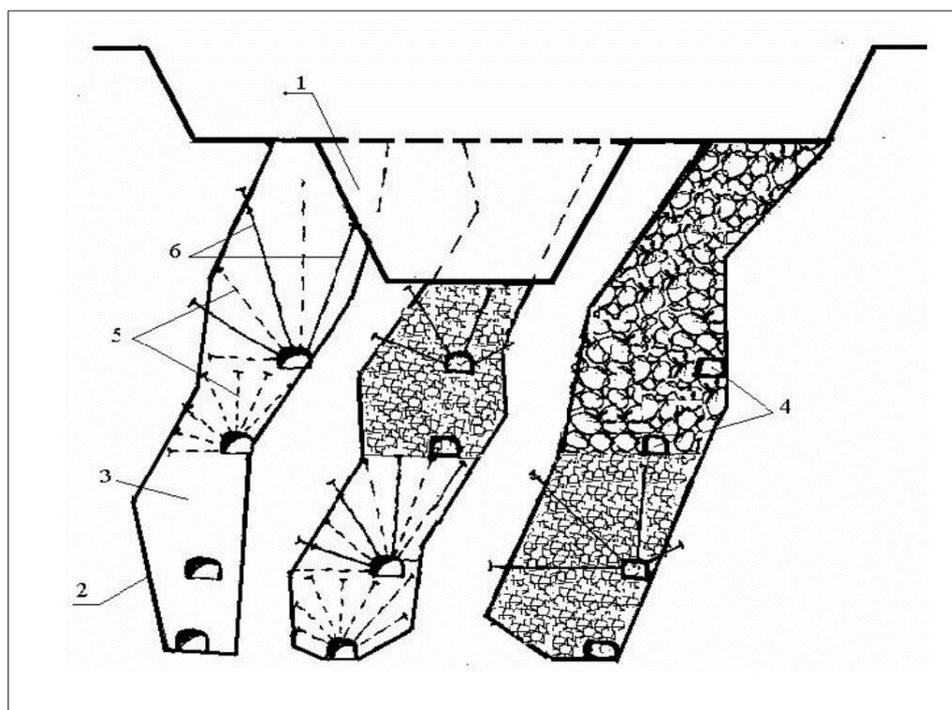


Рис.2.4. Технология отработки подкарьерных сложных двух рудных тел: 1- контур карьера; 2-контур промышленного оруденения; 3-контур очистного пространства; 4-буровыпускные выработки; 5-эксплуатационные скважины; 6-разведочно-эксплуатационные скважины

После достижения карьером границы открытой разработки бурение и отбойка верхней части рудных тел 1 осуществляются из карьера с использованием мощного бурового станка 2. При этом в целях более полного повторения изменчивого контура промышленного оруденения бурение скважин 3 производится вертикально или наклонно в зависимости от угла залегания рудной залежи.

Бурение эксплуатационно-разведочных скважин позволяет более точно определять изменчивые контуры промышленного оруденения. Отработку рудных тел начинают со стороны лежачего бока. Бурение и взрывание скважин нижнего яруса и выпуск обрушенной руды 4 под налегающими породами 5 производится из буро-выпускных 6 выработок. В целях обеспечения устойчивости породного прослоя 7 выработанное пространство заполняется породами из карьера. При этом для предохранения запасов от излишнего разубоживания при будущей подземной отработке следует выработанное пространство на 7-10м засыпать забалансовой рудой 8, а затем –

пустыми породами крупнокусковой фракции 9. Заполнение выработанного пространство позволит не только сократить затраты на транспортировку вскрышных пород, но и обеспечить устойчивость бортов карьера.

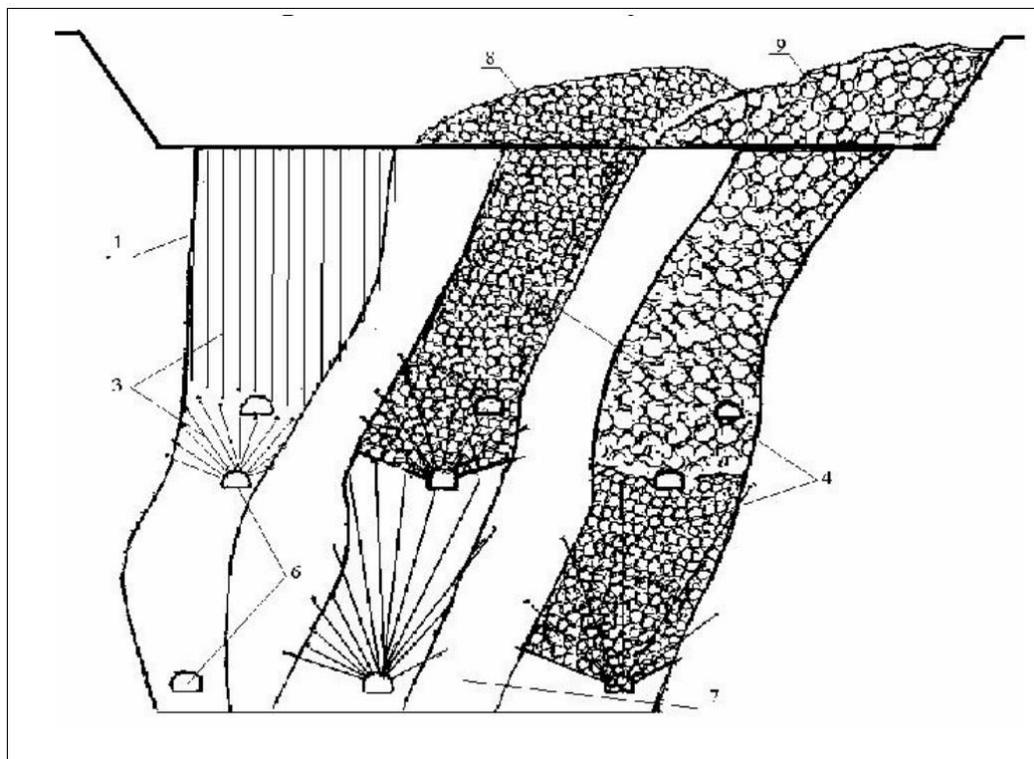


Рис. 2.5. Схема комбинированной отбойки рудных тел, разделенных породными прослоями. 1-контур рудного тела; 2-буровой станок; 3-эксплуатационные и эксплуатационно-разведочные скважины; 4-обрушенная руда; 5-обрушенные породы; 6-буровыпускные выработки; 7-породный прослой; 8-забалансовая руда; 9-отвал пустых пород.

## 2.5. Выводы по главе

1. Обоснованы методики создания новых технологий при комбинированной разработке рудных месторождений, которые уменьшают элементы случайности в творческой работе и позволяют в совокупности учесть все значимые факторы, что значительно повышает уровень совершенства разрабатываемой технологии.

2. Создана технология выемки подкарьерных запасов при комбинированной отработки мощных крутопадающих рудных тел, обеспечивающая повышение эффективности разработки за счет снижения затрат на добычу руды и горно-подготовительные работы.

3. Обоснована и разработана технология отработки подкарьерных запасов при неустойчивых рудных телах, использование которой позволяет обеспечить устойчивость бортов карьера за счет складирования пустых пород в его контур, уменьшить объем внешнего отвала, сократить или исключить потери площадей земельных угодий под внешний отвал.

4. Создана технология отработки подкарьерных сложных рудных тел, разделенных безрудным прослоем, которая обеспечивает устойчивость породных прослоев и бортов карьера, а также сокращение затрат на транспортировку вскрышных пород.

# ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ГЕОТЕХНОЛОГИЙ ВЫЕМКИ ПРИБОРТОВЫХ ЗАПАСОВ СЛОЖНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ С ЗАКЛАДКОЙ

## 3.1. Особенности отработки запасов руды в прибортовой зоне карьера

«Мощные крутопадающие рудные месторождения с большой глубиной распространения осваиваются преимущественно открыто-подземным комбинированным способом. При этом за предельными контурами карьеров остаются значительные запасы, которые дорабатываются в основном подземным или открыто-подземным технологиями. Наибольшие сложности возникают обычно при проектировании технологии выемки прибортовых запасов, поскольку их отработка вызывает нарушение устойчивости бортов карьеров, сопровождается разлетом рудной массы в выработанное пространство, возникают проблемы с вентиляцией подземных выработок, транспортом и подъемом отбитой руды. Поэтому, поиск, выбор и обоснование систем разработки прибортовых запасов при комбинированной разработке месторождений, обеспечивающих эффективное и безопасное освоение запасов различных сложных рудных тел с наибольшей полнотой извлечения с учетом специфики условий залегания и использование рационального сочетания элементов технологии открытых и подземным горных работ является одной из важных горнотехнических задач» [15].

В современных условиях выемки запасов полезных ископаемых открытыми и подземными горными работами осуществляется по отдельным и независимым друг от друга схемам. В результате отсутствия заблаговременных решений по своевременному переходу от открытых к подземным горным работам, в предприятиях происходят временные разрывы в добыче руды, или безвозвратно теряются в недрах часть запасов. Комплексное освоение месторождений возможно за счет установления рациональной стратегии и

параметров комбинированной разработки рудных месторождений, основанных на выборе варианта горнотехнической системы, обеспечивающего эффективное взаимодействие технологических элементов открытых, открыто-подземных и подземных работ [6, 24, 28, 42, 87].

Недостаточный опыт разработки месторождений в условиях совмещения открытых и подземных работ, сложность решения геомеханических проблем при отработке законтурных запасов карьеров поставленных в предельное положение, необходимость поддержания выбывающих мощностей открытых горных работ, с учетом изменения качественных характеристик добываемого сырья выдвигают сложные задачи по выемке прибортовых запасов полезных ископаемых.

При существующих технологиях комбинированной разработки запасов прибортовой зоны в условиях совмещения открытых и подземных горных работ в едином технологическом комплексе не полностью реализуются все преимущества комбинированной геотехнологии.

Анализ месторождений полезных ископаемых, «отрабатываемых открытым способом, показал, что геологические запасы достигают 45% всех запасов, находящихся в при карьерной зоне. Однако, как показывает опыт, не все горнодобывающие предприятия готовы отработать такие запасы, в связи с этим они вынуждены оставлять их, при этом увеличиваются потери полезного ископаемого. Но, с другой стороны, для повышения эффективности до освоения, полноты извлечения рудных залежей, находящихся в прибортовой зоне, и получения дополнительной прибыли необходимо найти необходимые технологические решения рациональной отработки этих запасов и технико-экономической оценки целесообразности выемки для различных участков залежи.

Эффективные технологические решения доработки законтурных запасов должны учитывать ряд условий:

- безопасность отработки рудных запасов;

- сохранность бортов карьеров в устойчивом состоянии;
- минимальные показатели потерь и разубоживания руды» [65], [13, 23, 38, 53]

При этом, «анализом достаточно большого опыта отработки прибортовых запасов установлено, что на технологию выемки запасов, конструкции систем разработки и их параметры оказывают влияние большое число факторов – геологических, геомеханических, технологических. Имеются и специфические, вызванные наличием карьерной выемки, такие как расположение рудных участков в зоне геомеханического влияния карьера, предельное состояние подрабатываемых массивов бортов и возможность их обрушения, образования аэродинамических, гидравлических, климатических связей подземных выработок с атмосферой.

Прибортовые запасы, расположенные за предельным контуром карьера, характеризуются сложным геологическим строением, наличием изолированных участков, растянутость запасов по периметру карьера и высоте борта, приуроченностью к выклинкам, зонам тектонических нарушений, залежам с высоким содержанием металла, торцевым частям карьера.

На выбор систем разработки большое влияние оказывают форма, размеры, месторасположение запасов от контура карьера. Длительное ознакомление с вариантами существующих систем разработки показывает, что все они характеризуются различными показателями эффективности и возможны к применению только для определенных морфологических типов прибортовых запасов. Так, для выклинивающих участков залежи применимы системы разработки: камерные, слоевые, этажного и подэтажного обрушения, для локальных зон – открыто-подземные, врезками» [15].

В нашей республике множество рудных месторождений обрабатываются открыто-подземным комбинированным способом. Для отработки прибортовых запасов применяются в основном следующие системы разработки: системы с обрушением, с естественным поддержанием очистного пространства, системы с закладкой выработанного пространства [2].

При выемке запасов прибортовой зоны система разработки, принятая для выемки прибортовых запасов, должна обеспечивать: создание комфортных и безопасных условий труда работающих, минимальные объемы подготовительно-нарезных работ. Она должна быть достаточно гибкой с точки зрения изменения ее параметров при изменении горно-геологических условий эксплуатации, система должна отличаться простотой и надежностью отбойки руды и ее выпуска, потери и разубоживание ценной руды должны быть минимальными, при этом она должна обеспечивать высокие технико-экономические показатели добычи ценной руды [3, 25].

По горно-геологическим условиям месторождения Тереккан, находящегося в Жалал-Абадской области, для выемки запасов руды, расположенных в прибортовой зоне по проекту ПИЦ «Кен-Тоо» предусматривались системы разработки с магазинированием руды и с отбойкой руды из подэтажных штреков [56].

На месторождении системой разработки с магазинированием руды отрабатываются рудные тела с мощностью от 1.0м до 4.0м, а системой разработки подэтажных штреков – более 4.0 м. [57].

Для безопасной и эффективной отработки прибортовых запасов месторождения предложена технология выемки прибортовых запасов руды комбинированной системой разработки (системой подэтажных штреков и системой с магазинированием руды) [31]. Предлагаемая технология исключает недостатки систем подэтажных штреков и систем с магазинированием руды. При этом предлагаемый комбинированный вариант позволяет сохранить все основные преимущества этих систем. При применении разработанной технологии очистная выемка в зависимости от горно-геологических условий может вестись от центра к флангам, или от одного фланга блока к другому флангу.

Согласно предлагаемому варианту комбинированной системы подземной разработки подготовительно-нарезные работы системы подэтажных штреков

совмещаются с процессами очистной выемки путем магазинирования отбитой руды в выработанном пространстве с мелкошпуровой отбойкой. Для повышения эффективности и удобства применения мелкошпуровой отбойки забоя придается потолкоуступная форма.

По простиранию рудного тела пройдены блоковые восстающие, которые делят рудное тело на выемочные блоки. Нижняя граница блоков ограничена откаточными горизонтами, верхняя – вентиляционными штреками. Блоковые восстающие предназначены для перемещения людей, доставки необходимых материалов и буровых инструментов, а также для проветривания. По падению выемочные блоки разделяются на подэтажи, высотой по 10м. Проходка подэтажных штреков осуществляется буровзрывным способом, границами подэтажных штреков являются восстающие (блоковые). Высота подэтажных штреков с учетом габарита применяемого оборудования и материалов принимается равной 2,5м, а ширина равняется ширине выемочной мощности обрабатываемой рудной залежи.

При отработке участков с породными прослойками или с неравномерными контурами рудного тела и его малой мощности, для выемки запасов подэтажа производится мелкошпуровая отбойка руды с потолкоуступной формой забоя, т.к. при использовании скважинной отбойки увеличиваются потери и разубоживания руды. При этом каждый подэтаж делится на необходимое количество уступов, которые обуриваются с поверхности отбитой и магазинированной руды. При такой схеме очистной выемки верхние уступы отбиваются с некоторым оставанием относительно смежных нижних уступов.

Основная (около 60-70%) часть отбитой руды магазинируется в очистном пространстве, а остальная в объеме 30-40% доставляется с помощью скреперов до блоковых рудоспусков и спускается на горизонт откатки. Очистная выемка в зависимости от горно-геологических условий может быть осуществлена от центра к флангам, или от одного к другому флангу блока. Одновременное ведение горных

работ в двух направлениях повышает интенсивность отработки запасов подэтажа, почти в 1,5-2 раза. После отбойки всех запасов блока осуществляется полный выпуск замагазинированной в очистном пространстве руды.

При этом оставшиеся междуэтажные и междукамерные целики обрушаются в последнюю очередь глубокими скважинами от флангов рудных тел к вскрывающей выработке. Предлагается одностадийная выемка одного или двух междукамерных целиков и потолочины камеры вместе с днищем вышележащего горизонта на незаполненные камеры с дальнейшим выпуском руды под обрушенными породами, т.е. выемка целиков осуществляется в две стадии. Сначала обрушается одновременно потолочина и днище вышележащего этажа на незаполненные камеры, и выпускают руду, затем отрабатывают междукамерный целик подэтажным или этажным обрушением.

В данном случае проведения окна (выработок) в магазин и выемка дополнительной горной массы не требуется. Для доставки замагазинированной руды необходимо проведения блоковых рудоспусков, что требует выемку сравнительно меньшего объема горной массы.

Существующие способы разработки полезных ископаемых в прибортовой зоне карьера [7, 28, 31, 51, 52, 68], включают формирование внутреннего отвала и пригрузку борта карьера внутренним отвалом, подземную отработку запасов полезного ископаемого в прибортовой зоне карьера системами с обрушением, принудительное обрушение пород кровли скважинами, пробуренными с транспортной бермы, и заполнение выработанного пространства породами от принудительного обрушения кровли и породами внутреннего отвала.

Для обеспечения необходимых качественных и количественных показателей извлечения при отработке запасов прибортовой зоны, в связи с влиянием фактора аэродинамического воздействия, гранулометрический состав материала внутреннего отвала (предохранительной подушки) определяется с учетом крупности кусков отбитой руды. Следует отметить, что при использовании подушки из забалансовой

руды, крупность кусков подушки должна быть такой же, как и у отбиваемых запасов руды.

В случае формирования внутреннего отвала из породы, в целях предотвращения просачивания пустых пород через обрушенную руду, средний размер кусков породной подушки должен в два – три раза превышать крупность кусков отбитой руды.

Перечисленным способам характерны следующие недостатки: не рассматриваются вопросы вскрытия, порядок и последовательность отбойки запасов полезного ископаемого, находящегося в прибортовой зоне карьера, значительные затраты на бурение взрывных скважин из подземных выработок, предназначенных для принудительного обрушения пород кровли.

При этом особо следует отметить, что отработка запасов в прибортовой зоне с применением систем с обрушением руды и вмещающих пород сопровождается повышенными потерями и разубоживанием руды, что является неприемлемым при добыче высокоценных и ценных руд.

В этих условиях на первый план выдвигаются системы с закладкой выработанного пространства. При этом, эти системы наименее разработаны и мало используются при разработке прибортовых запасов, они имеют высокие показатели качества и полноты извлечения запасов полезного ископаемого из недр. Однако эти геотехнологии характеризуются более высокими затратами на тонну добытой руды, чем системы разработки других классов.

Опыт применения систем разработки с закладкой выработанного пространства показывает, что высокие затраты этих геотехнологий компенсируются следующими достоинствами этих систем перед другими системами разработки:

1. Создание безопасных условий труда. Технологии разработки с применением закладочных материалов эффективно применяются в сложных геомеханических условиях при извлечении приконтурных запасов в процессе комбинированной разработки месторождений.

2. Высокие показатели полноты и качества извлечения запасов из недр. Значимость этого достоинства постоянно возрастает вследствие невозобновляемости и истощаемости месторождений полезных ископаемых. Эти повышенные показатели извлечения по сравнению с другими геотехнологиями имеют особенно важное значение при отработке ценных и весьма ценных руд.
3. Одним из достоинств этих геотехнологий при выемке прибортовых запасов является возможность селективной выемки минерального сырья с оставлением в недрах части породных включений и размещение отбитой руды на почве заложённых слоев.
4. Экономические показатели и темпы добычи при данном методе соответствуют производственным требованиям. Внедрение современной самоходной техники и использование технологии гидротранспорта закладочных смесей значительно улучшило производственную эффективность и рентабельность этого вида систем разработки.
5. Обеспечение устойчивости откосов карьера и сохранение целостности поверхности без видимых нарушений гарантирует защиту промышленных, природных и социальных объектов от негативного воздействия подземных работ. Использование технологии заполнения выработанного пространства твердеющими составами предотвращает опасные просадки грунта при добыче полезных ископаемых под водными горизонтами, индустриальными комплексами, жилыми районами и зелеными зонами.
6. Использование систем с закладкой обеспечивает эффективную переработку промышленных отходов горнодобывающего комплекса. В производстве закладочных смесей применяются отходы обогащения, вскрышные породы, шлаки металлургических предприятий и зольные остатки теплоэлектростанций. Данная технология способствует реализации

экологически чистого метода подземной добычи и освобождает ценные земельные участки от размещения отходов горного производства.

Однако разработка приконтурных запасов требует повышенной прочности закладочных материалов из-за особых условий нагрузки на искусственный массив. Это приводит к увеличению производственных расходов на обеспечение геомеханической устойчивости и, как следствие, снижает экономическую эффективность добычных работ.

### **3.2. Обоснование и создание способа выемки прибортовых запасов с закладкой при комбинированной разработке месторождений**

При выемке рудных тел сложного строения открытым способом, часть запасов руды теряется за контурами карьера, т.е. в бортах и под дном карьера. Исследования показывают, что такие запасы составляют до 25% и более от общих балансовых запасов месторождения.

Отработка таких запасов затруднено в связи с резким ростом количественных и качественных потерь ценной руды. Часть руды безвозвратно теряется в недрах, полученная руда смешивается с пустыми породами и снижается качества добываемого полезного ископаемого. Запасы таких зон в большинстве случаев вынимаются с помощью подземных или открыто-подземных технологий. Из теории и практики добычи полезных ископаемых известно, что освоение запасов с применением системы с обрушением руды и вмещающих пород позволяет значительно интенсифицировать работы по добыче полезных ископаемых. Из-за конструктивных особенностей системы с обрушением значительно снижается и себестоимость добычи руды [27].

Созданием искусственных целиков и пригрузки основания бортов карьера породами вскрыши (или формирование внутрикарьерного отвала из забалансовой руды) обеспечивается не только полнота извлечения запасов

месторождения, но и сокращается площадь нарушенных земель за счет размещения отходов горного производства в выработанном пространстве.

При комбинированной разработке выемка подкарьерных запасов с применением системы с обрушением сопровождается нарушением устойчивости бортов карьеров, что недопустимо в случае размещения вблизи карьера различных производственных зданий и сооружений, шахтных стволов и штолен.

В этих условиях из-за конструктивных особенностей наиболее приемлемыми для отработки прибортовых и подкарьерных запасов являются системы с закладкой выработанного пространства. Условиям применения системы с закладкой наиболее полно отвечают устойчивые и средней устойчивости руды и вмещающие породы, рудные залежи при этом могут быть различной мощности. При применении данной системы допускается изменение мощности рудных тел от весьма тонких до весьма мощных с различными углами падения. Главным при отработке законтурных запасов является условия обеспечения безопасности ведения горных работ. В этих условиях наиболее производительные системы разработки с обрушением руды и налегающей толщи пород не отвечают требованиям обеспечения безопасности. Применение системы разработки с закладкой отработанного пространства подземных позволяет обеспечить устойчивость бортов и дна карьера. В этих условиях предпочтение отдается твердеющей закладке, так как твердеющая закладка наиболее полно заполняет выработанное пространство, что позволяет обеспечить более надежную безопасность работ.

Сложноструктурные месторождения характеризуются большой изменчивостью формы и размеров рудных тел, крайне невыдержанными элементами залегания, а также их разобщенностью, рудные тела разбросаны по всей площади месторождения, обуславливающих составление за предельными контурами запасов кондиционных руд не только под дном карьера, но и выше его дна.

Высокая ценность руд (например, при разработке золоторудных месторождений), необходимость полного использования недр предъявляет особые требования к способам извлечения законтурных запасов полезного ископаемого, в том числе и в охранных целиках карьеров.

Опыт применения комбинированных способов показывает, что строение и формы сложных рудных залежей оказывают значительное влияние на технико-экономические показатели комбинированных способов разработки. Гнездообразное расположение рудных тел, наличие породных прослоев, выклинивания, изолированные рудные тела резко увеличивают объемы вскрыши при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

Сложные формы и строение рудных тел отрицательно сказываются на технико-экономические показатели и при подземной добыче полезных ископаемых [27].

Обзор и анализ существующих золоторудных месторождений показывает, что в настоящее время в мире имеются до 600 месторождений золота. Общие запасы полезного ископаемого в этих месторождениях составляют до 4,0 млрд. унций, среднее содержание при этом равняется 1,0 грамма на тонну добытой руды.

Анализ рынка развития добычи и разведки золота за последние 30 лет в мире показывает, что тенденции производства золота одинаковы. Как на увеличение, так и на уменьшение производства золота. При этом, географическая структура добычи золота в мире за последние три десятилетия сильно изменилась. Крупнейшими производителями стали Китай, Австралия, Россия и США. Причем, цена золота в долларах на рынке упала на 6% в 2015 году, а в действительности выросла в валютах 17 из 20 ведущих золотодобывающих стран. Несмотря на существенное падение цены на золото в 2013 году, объем первичной добычи металла продолжает расти.

Рудник Пихосальми в Финляндии осуществляет комбинированную разработку запасов полиметаллических руд. Запасы, залегающие под дном карьера, при этом отрабатываются системой горизонтальных слоев с закладкой [67].

Комбинированный способ разработки применяется и на Гороблагодатском месторождении (Россия). Рудные тела большой мощности имеют наклонное падение [58]. За контурами карьера остается часть запасов, выемка которых производится камерными системами с закладкой. Воронки обрушения также заполняются породами вскрыши, что позволяет обеспечить безопасность горных работ [58].

Запасы, расположенные под дном карьера на Ново-Бакальском карьере (Россия), отрабатываются с применением слоевой системы с закладкой выработанного пространства. Отработка запасов при этом производится шахтой «Молодежная» в нисходящем порядке с закладкой отработанного пространства твердеющими смесями.

Отработка запасов медно-золотого месторождения «Челопеч» в Болгарии осуществлялась с применением системы с закладкой. В закладочных работах успешно применялись различные виды закладочных материалов: цементная, пластовая, а в некоторых местах применялась и гидравлическая закладка. Применение закладочных материалов положительно повлияло на технико-экономические показатели добычи.

Тишинское месторождение (Республика Казахстан) разрабатывается открытым способом с 1958 года, а в 1968 году перешли на подземный способ разработки. После начала подземной разработки на верхних горизонтах начали применять систему горизонтальных слоев с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. Наличие полезных компонентов высокой ценности предопределило применение системы с закладкой. В настоящее время добыча запасов этого месторождения завершается, доработка осуществляется с применением этажно-камерной системы и слоевой системы с закладкой отработанных пространств.

В настоящее время на многих месторождениях Казахстана успешно внедряются системы разработки с закладкой твердеющими смесями. На других подземных рудниках закладочные работы осуществляются с применением гидравлической и сухой породной закладок. Закладочные работы успешно применяются на подземных рудниках ТОО “Корпорация “Казахмыс” и ТОО “Казцинк” [8, 34].

Анализ практики комбинированной отработки месторождений показывает [8, 42, 58, 67], что при применении систем с закладкой повышаются качественные и количественные показатели извлечения полезного ископаемого из недр. В результате применения систем с закладкой улучшается полнота извлечения запасов полезного ископаемого из недр. Использование закладочных материалов для заполнения выработанного пространства позволяет поддержать земную поверхность без деформаций и оседаний. В этих условиях отходы горного производства могут быть применены в качестве закладочного материала, что позволяет уменьшить экологическое воздействие на окружающую природную среду.

Таким образом, краткий анализ по теме исследования показывает, что способы выемки с закладкой широко практикуются при освоении залежей сложной формы с ценными рудами, а также при залегании рудных тел в прибортовой зоне, под дном карьера и другими охраняемыми природными, производственными и социальными объектами. Относительно высокая себестоимость добычи полезных ископаемых с закладкой возмещается наиболее полным извлечением полезного ископаемого, наименьшим уровнем разубоживания ценной руды. При отработке запасов рудных тел с породными включениями появится возможность избирательной выемки ценной руды.

На основе анализа применения систем разработки с закладкой при комбинированной отработке нами обоснован и создан способ разработки полезных ископаемых с помощью слоевой выемки рудных тел с последующей закладкой выработанного пространства (рис.3.1).

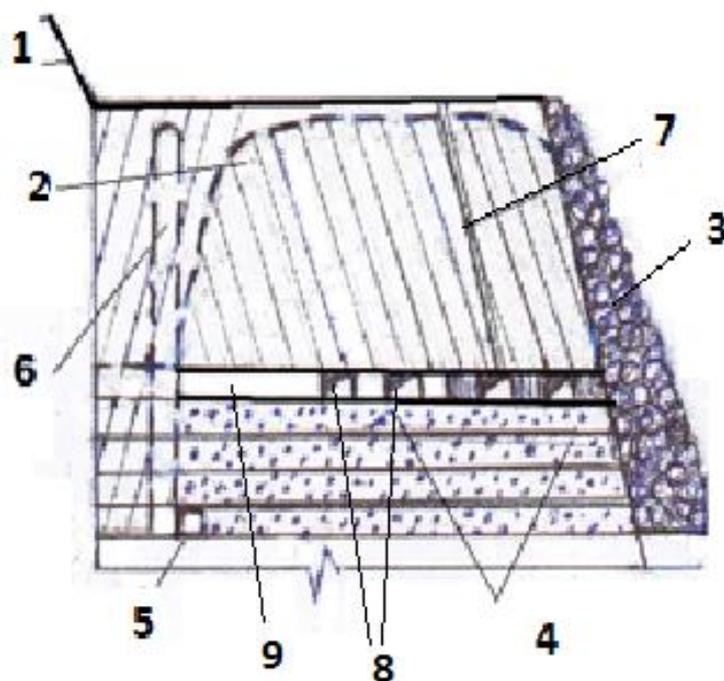


Рис.3.1. Способ отработки прибортовых запасов с закладкой при комбинированной разработке месторождений: 1- контур карьера; 2- рудное тело; 3- внутрикарьерный отвал; 4- закладочный массив; 5- откаточный штрек; 6- вентиляционно-закладочный восстающий; 7– скважины для подачи материалов; 8 – очистные заходки; 9 – слоевой штрек.

По мере завершения открытых горных работ и достижения 1 карьером проектных контуров осуществляют отсыпку ярусов внутрикарьерным отвалом 9. Затем производят вскрытие запасов рудного 2 тела, расположенного в прибортовой зоне карьера проведением в борту карьера на уровне транспортной бермы горизонтальную откаточную 5 горную выработку по простиранию полезного ископаемого. После проведения слоевого штрека 9 и по рудному телу в направлении карьера будут проведены очистные 8 заходки выемку запасов слоя осуществляют заходками, располагаемыми под углом к простиранию, отработку заходок осуществляют через одну. После отбойки и выпуска запасов слоя выработанное пространство заполняют закладочными 4 материалами в направлении от карьера в сторону массива. После затвердевания закладки в заходках приступают к отработке оставленных целиков между ними.

Таким образом, предложенный способ позволяет значительно сократить уровень потерь ценной руды, уменьшить смешивание руды с породой, сократить площадь нарушенных земель сельскохозяйственного назначения за счет размещения отходов горного производства в выработанном пространстве (исключается создание внешних отвалов и связанные с этим расходы на транспортировку пустых и забалансовых руд на дальние расстояния), при наличии породных включений появится возможность раздельной выемки, повысить безопасность работ.

### **3.3. Разработка технологии слоевой выемки прибортовых запасов с последующей закладкой выработанного пространства при комбинированной отработке месторождений**

При открытой разработке рудных месторождений в прибортовой части карьера часть запасов остается не отработанными. Как показывает практика отработки рудных месторождений комбинированным способом, эти запасы вынимаются системами с обрушением, иногда добыча таких запасов осуществляются системами с закладкой выработанного пространства. Отработка части запасов, расположенных под дном карьера и в прибортовой зоне традиционным открытым способом не всегда рентабельно. Обычно такие запасы будут отрабатываться комбинированным открыто-подземным способом.

Применение систем с закладкой практически всегда связано с повышенными затратами на закладку. Поэтому поиск технологических решений по эффективному использованию преимуществ комбинированных способов является одной из актуальных задач при выемке законтурных запасов.

В то же время при принятии технологических решений по эффективной отработке запасов, расположенных за предельными контурами карьера, должны быть учтены ряд обязательных условий.

«Эти решения должны обеспечить безопасность отработки рудных запасов, сохранность бортов карьеров в устойчивом состоянии, минимальные показатели потерь и разубоживания руды.

Опыт отработки прибортовых запасов показывает, что технология выемки запасов, конструкция систем разработки и их параметры зависят от оказывают большое число факторов – геологических, геомеханических, технологических. В условиях комбинированной разработки имеются и специфические особенности, вызванные наличием карьерной выемки, такие как расположение добычных участков в зоне геомеханического влияния открытых горных работ, возможность внезапного обрушения бортов карьеров, образования аэродинамических, гидравлических, климатических связей подземных выработок с атмосферой» [15].

Следует отметить, что отсутствие технологических решений, обеспечивающих эффективную выемку законтурных запасов, приводит к завышенным потерям запасов ценной руды и резкому снижению производительности рудника по добыче в переходный период.

Из предыдущих глав известно, что выемка законтурных запасов в условиях комбинированной разработки затруднена со сложными горно-геологическими условиями рудных месторождений и высокой ценностью руд. При отработке законтурных запасов еще одной немаловажной задачей является проблемы наиболее полного использования недр.

«Практика применения систем разработки с закладкой при комбинированной отработке показывает, существующие технологии отличаются высокими материально-трудовыми затратами, низким уровнем количественных и качественных потерь руды» [32]. Применение систем с закладкой требует изыскания новых технологических решений для снижения себестоимости добычи руды.

На основе анализа применения систем разработки с закладкой при комбинированной отработке нами разработана технология отработки полезных

ископаемых с помощью слоевой выемки рудных тел с последующей закладкой выработанного пространства (рис.3.2).

После достижения 11 карьером проектных контуров, после отсыпки ярусов внутрикарьерным отвалом 9 осуществляется вскрытие запасов рудного тела 10, расположенного в прибортовой зоне карьера проведением в борту карьера на уровне транспортной бермы горизонтальную откаточную 1 горную выработку по простиранию полезного ископаемого. Горизонтальную выработку проходят до границ полезного ископаемого, параллельно горизонтальной горной выработке по проходят слоевой 2 штрек. Из слоевого штрека по рудному телу в направлении карьера будут проведены очистные 8 заходки. Из слоевого штрека по рудному телу в направлении карьера будут проведены очистные 8 заходки.

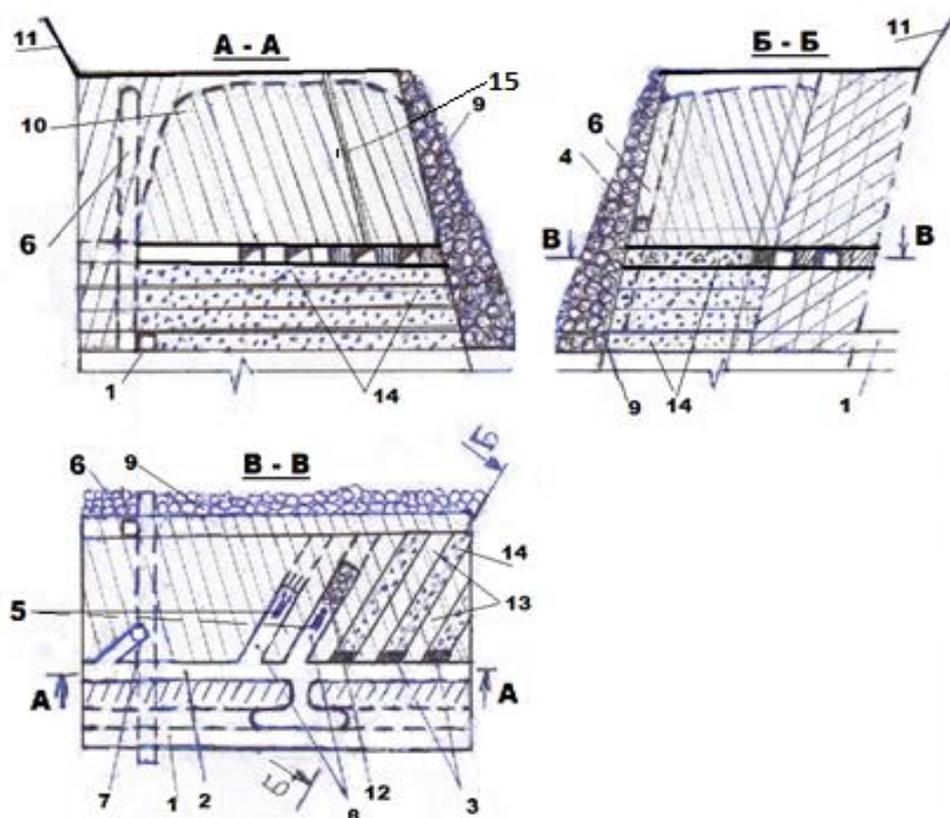


Рисунок 3.2. Технология отработки прибортовых запасов с закладкой при комбинированной разработке месторождений: 1-откаточный штрек, 2- слоевой штрек, 3- бетонные перемычки, 4- закладочно-вентиляционный штрек, 5- буровые и погрузочно-доставочные оборудования, 6- вентиляционно-закладочный восстающий, 7- рудоспуск, 8- очистные заходки, 9- внутрикарьерный отвал забалансовой руды, 10- запасы рудного тела, 11- уступ карьера, 12- обрушенная руда, 13- рудный целик между заходками, 14- закладочный массив, 15- скважина для подачи закладки и материалов.

Выемку запасов слоя осуществляют заходками, располагаемыми под углом к простиранию, отработку заходок осуществляют через одну. Отработка запасов слоя будут осуществляться шпуровой отбойкой с применением бурового 5 оборудования. Отбитая руда 12 будет выпущена через рудоспуск 7 и откаточные 1 выработки на поверхность. После отбойки и выпуска запасов слоя выработанное пространство заполняют закладочными материалами 14 в направлении от карьера в сторону массива. По мере завершения закладки выработанного пространства в устье очистных заходок возводят бетонные 3 перемычки. После затвердевания закладки в заходках приступают к отработке оставленных целиков 13 между ними, В случаях, когда мощность руды позволяет разместить несколько слоев по высоте, очистные заходки будут отработаны в шахматном порядке, при этом запасы руды будут отработаны снизу вверх, отбитая руда верхних слоев будет выпущена в горизонтальные горные выработки через рудоспуски.

Еще одной отличительной особенностью данной технологии является наличие специальных закладочных 15 скважин, предназначенных для подачи закладочной смеси и спуска других материалов. В сложных условиях, когда стандартная подача смесей через трубопроводы в верхнюю часть выработанного пространства затруднена, доставка закладочных составов осуществляется через данные технологические скважины. Бурение закладочных скважин 15 осуществляется с дневной поверхности с помощью мощных карьерных оборудования. Иногда скважины бурятся и заполняются из закладочно-вентиляционных штреков, расположенных на верхних слоях участка. Использование таких скважин позволяют наиболее эффективно осуществить доставку закладочной смеси в выработанное пространство со сложной гипсометрией. В целях эффективного использования и безотказного применения диаметр скважин, как правило, должен быть в 1,5 раза больше диаметра закладочных трубопроводов. Конструктивная особенность данной системы позволяет разместить «пустые породы от проходки выработок (до 12%

от объема вынимаемой руды) в выработанном пространстве, в результате чего уменьшается объем закладки и исключаются затраты на складирование пустых пород» [63] во внешние отвалы.

При применении данной технологии принят восходящий порядок отработки слоев. В основу данной технологии положены общие принципы восходящей выемки. На основании анализа опыта отработки месторождений комбинированным способом приводятся основные принципы восходящего порядка выемки.

1. Обеспечение безопасных условий ведения горных работ при выемке запасов верхних и нижних слоев путем применения безопасной конструкции системы с закладкой.
2. Наиболее полное использование недр путем обеспечения полноты выемки запасов слоев.
3. Мелкошпуровая отбойка позволяет уменьшить отрицательное воздействие взрывных работ на породы кровли и бортов выработок (камер).
4. Использование закладочных скважин позволяет обеспечить полноту заполнения выработанного пространства нижележащего слоя.
5. Обеспечение интенсивности выемки запасов слоев за счет применения высокопроизводительного бурового и погрузочных оборудований на основных технологических процессах.
6. Эффективная организация добычных работ обеспечивается несложным конструктивным исполнением горизонтальных выемочных слоев и рациональным выполнением основных и вспомогательных производственных процессов.
7. Экономическая эффективность отработки запасов смежных этажей.

При «восходящей выемке на начальном этапе отработки увеличение высоты подъема руды и водоотлива считается факторами, приводящими к удорожанию себестоимости добычи» [63], что связано с прохождением вертикальных выработок сразу на всю глубину. Как уже было отмечено в случае оставление пустых пород от проходки выработок в выработанном пространстве значительно сокращается объемы закладки и уменьшаются затраты на

транспортировку и дальнейшее складирование пород во внутрикарьерные или внешние отвалы. В этих условиях можно ожидать снижение себестоимости добычи до 12 %.

Достоинствами восходящего порядка выемки являются полнота выемки запасов слоев и повышение показателей извлечения руды за счет резкого снижения уровня качественных потерь ценной руды.

На выбор порядка отработки слоев влияют и природные факторы, такие как «горно-геологические условия месторождения, его параметры, качественные характеристики. Наибольшего эффекта от применения восходящего порядка можно добиться при отработке крутопадающих залежей различной мощности и мощных пологих рудных тел, причем наиболее благоприятные условия применения восходящего порядка отработки достигаются при сравнительно небольшой ценности руд» [63] и наличии различных породных включения, прослоев. Восходящий порядок выемки можно использовать при применении системы системах с открытым очистным пространством и в условиях системы разработки с закладкой отработанных камер. В условиях системы с закладкой применение восходящего порядка позволяет обеспечить минимальные потери полезных ископаемых в недрах.

Таким образом, при применении данной технологии повышается безопасность отработки рудных запасов, формирование пригрузки из пустых пород и хвостов обогатительных фабрик обеспечивает сохранность бортов карьеров в устойчивом состоянии и исключает возможность деформаций и внезапного обрушения бортов карьеров. Использование закладочных материалов не только минимизирует показатели потерь и разубоживания руды, но и отвечает требованиям наиболее полного использования недр. Создание внутрикарьерного отвала снижает отрицательное экологическое воздействие на окружающую среду путем уменьшения площади внешнего отвала. При наличии в пределах рудного тела породных прослоев отработке появится возможность избирательной выемки ценной руды.

### 3.3. Выводы по главе

1. Выявлены особенности выемки запасов руды в прибортовой зоне карьера при комбинированной разработке сложных рудных тел. Показано, что наиболее приемлемыми при освоении весьма ценных и ценных руд являются системы разработки с закладкой выработанного пространства.
2. На основе раскрытия возможностей применения систем разработки с закладкой выработанного пространства при выемке прибортовых запасов определены достоинства этих систем перед другими классами систем разработок.
3. Системы разработки с закладкой при комбинированной разработке отличаются высокими материальными и трудовыми затратами.
4. Системы разработки с закладкой характеризуются низким уровнем потерь и разубоживание ценной руды и высокой безопасностью работ. Широкое применение систем с закладкой в прибортовой зоне требует изыскание новых технологических решений для снижения себестоимости добычи руды.
5. Обоснован и создан способ выемки прибортовых запасов с закладкой при комбинированной разработке сложных месторождений позволяющий значительно сократить уровень потерь ценной руды, уменьшить смешивание руды с породой, при наличии породных включений появится возможность отдельной выемки, повысить безопасность работ.
6. Разработана технология выемки прибортовых запасов с последующей закладкой выработанного пространства при комбинированной отработке месторождений, использование которой уменьшает потери полезных ископаемых и повышает безопасность горных работ.

## ВЫВОДЫ

В диссертационной работе дано решение актуальной задачи - обоснование и разработка геотехнологии выемки законтурных и подкарьерных запасов при комбинированной разработке сложно-структурных месторождений.

Основные научные и практические результаты исследований заключаются в следующем:

1. Предложена методика усовершенствования технологии комбинированной разработки рудных месторождений сложного строения, которая уменьшает элементы случайности в научной работе, позволяет в совокупности учесть все значимые факторы, что значительно повышает уровень совершенства разрабатываемой технологии.
2. С целью обеспечения высокой интенсивности освоения запасов и снижения себестоимости добычи руды разработана технология отработки подкарьерных запасов системой подэтажного обрушения мощных рудных тел. При этом запасы, залегающие под дном карьера, отрабатываются через спиральный съезд и отрабатывают через него руды из зоны под налегающими породами. Пустые породы складываются во внутрикарьерный отвал.
3. Для снижения затрат при транспортировании с глубоких горизонтов карьеров разработана технология отработки подкарьерных запасов, включающая применение гибкого разделяющего перекрытия с внутрикарьерным отвалообразованием. Применение данной технологии позволяет обеспечить устойчивость бортов карьера за счет складирования пустых пород в его контур, сократить объем внешнего отвала, уменьшив или исключив потери площадей земельных угодий.
4. Обоснован и создан способ выемки прибортовых запасов с закладкой при комбинированной разработке сложных месторождений позволяющий значительно сократить уровень потерь ценной руды, уменьшить смешивание руды с породой, а при наличии породных включений появится возможность отдельной выемки, повысится безопасность работ.

5. Разработана технология выемки прибортовых запасов с последующей закладкой выработанного пространства при комбинированной отработке месторождений, использование которой уменьшает потери полезных ископаемых и повышает безопасность горных работ.
6. Разработанные технологии внедрены в практику работы ПИЦ «Кен-Тоо» при проектировании отработки сложно-структурных месторождений республики (акт внедрения от 10.10.23г.) и используются при чтении лекций в Институте горного дела и горных технология им. акад.У.Асаналиевапри КГТУ им.И.Раззакова (акт внедрения от 17.10.2023.г).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агошков, М.И., Усовершенствование высокопроизводительных систем и технологии разработки мощных месторождений крепких руд [Текст]: М. И. Агошков, А. В. Будько, Л. И. Бурцев // Горный журнал, 1959, №4, - С. 12-24.
2. Алибаев, А.П. Геомеханика и геотехнология при комбинированной разработке рудных месторождений [Текст] / А. П. Алибаев – Бишкек 2008, «Инсанат». – 192 с.
3. Алибаев, А.П. Применение комбинированного способа разработки при выемке запасов прибортовой зоны [Текст]: А. П. Алибаев, Г. Т. Маматова // Журнал, наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. -2017. -№5. –С.44-46.
4. Алибаев, А.П. Способ комбинированной разработки полезного ископаемого в прибортовой зоне карьера [Текст]: А. П. Алибаев, Г. Т. Маматова, К. Ж. Усенов // Вестник Педагогического университета. – 2012. – № 6(49). – С. 31-34.
5. Алибаев, А.П. Способ комбинированной разработки полезного ископаемого в прибортовой зоне карьера [Текст]: А. П. Алибаев, Г. Т. Маматова, К. Ж. Усенов // “Ізденіс” – Поиск, - Алматы, 2012, №4. – С. 97-100.
6. Абен, Х.Х. Разработка технологии закладочных работ для отработки прибортовых и подкарьерных запасов : специальность 6D070700 – Горное дело : диссертация на соискание степени доктора философии (PhD) / Абен Хайрулла Халидиллаулы. – Алматы, 2018. – 105 с.
7. Алибаев, А.П., Отработка запасов законтурных рудных тел в условиях открыто-подземного способа разработки [Текст]: А. П. Алибаев, Г. Т. Маматова, К. Ж. Усенов // Известия ВУЗов, - Бишкек, 2012, №6. – С.51-53.

8. Аминов, В.Н. Развитие технологии разработки подкарьерных запасов на мощных рудных месторождениях в условиях Севера [Текст] / дис. ... д-ра тех. наук:25.00.22 / В. Н. Аминов. - Апатиты, 2000. – 285 с.
9. Вовк, А.А., Разработка месторождений полезных ископаемых комбинированным способом [Текст]: А. А. Вовк, Г. И. Черный. - Киев: Наукова думка, - 1965. - 186 с.
10. Волков Ю.В., Комбинированная геотехнология разработки меднорудных месторождений Урала [Текст]: Ю. В. Волков, И. В. Соколов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2005. № 1. С. 12–16.
11. Волков, Е.С. Выбор параметров подэтажного обрушения и режима выпуска руды при повторной разработке наклонных залежей [Текст]: автореф. ... канд. техн. наук:25.00.22 / Е. С. Волков, -М.: - 1978, - 25 с.
12. Вскрытие и технология совместной отработки прибортовых и подкарьерных запасов трубки «Удачная» [Текст] / [И.В. Соколов, А.А. Смирнов, Ю.Г. Антипин и др.] // Проблемы и пути эффективной отработки алмазоносных месторождений: сб. докл. Межд. науч.-практ. конф. Новосибирск: Наука, 2011. С. 148–153.
13. Гавришев, С.Е. Методика обоснования параметров бортов карьеров при выемке прибортовых запасов подземным способом [Текст]: С. Е. Гавришев, Т. С. Кузнецова, Т. В. Некерова // Вестник МГТУ им. Г. И. Носова, 2010, №1, - С.14-17.
14. Гордеев, П. Системно-оптимизационная оценка комбинированных геотехнологии (на примере медноколчеданных месторождений Учалинской группы) [Текст] / П. Гордеев, – Магнитогорск, 2000 – 151 с.
15. Григорьев, В. В. Обоснование систем разработки прибортовых запасов медноколчеданных месторождений при проектировании комбинированной геотехнологии : дисс. ... кандидата технических наук :

- 25.00.22, 25.00.21 / Григорьев Владимир Вениаминович; [Место защиты: Магнитог. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова]. - Магнитогорск, 2010. - 164 с.
16. Гринев, В. Г. Результаты исследований в области технологии добычи руды под гибким разделяющим перекрытием [Текст]: В. Г. Гринев, В. П. Зубков, И. П. Необутов // Подземная разработка мощных рудных месторождений. Сб. научных трудов, МГМИ - Свердловск, 1987, - С. 110-119.
  17. Дронов, Н.В. Комплексная оптимизация подземной разработки сложных рудных месторождений [Текст] / Н. В. Дронов. – Фрунзе, Илим., 1975. – 205 с.
  18. Зурков, П.Э. Классификация открыто-подземных методов разработки переходных этажей [Текст] / П. Э. Зурков // Действия промышленных взрывов на массив горных пород и сооружений. – Магнитогорск, 1965. Вып. 51. – С. 49-55.
  19. Ивашов, Н.А. Обоснование способов вскрытия запасов за контурами карьеров при комбинированной разработке месторождений [Текст] / дис. ... канд. тех. наук: 25.00.21 / Н. А. Ивашов, – Магнитогорск, 2007. -169 с.
  20. Казикаев, Д.М. Комбинированная разработка рудных месторождений [Текст] / Д. М. Казикаев. - М.: Изд-во Горная книга, 2008. - 361 с.
  21. Казикаев, Д.М. совместная разработка рудных месторождений открытым и подземным способами [Текст] / Д.М.Казикаев - М.: Недра, 1967. –157 с.
  22. Калмыков, В.Н. Анализ геохимического состояние приборного массива при доработке запасов с обрушением руды и пород [Текст]: В. Н. Калмыков, Э. Ю. Мещеряков, С. С. Носков // Геомеханика в горном деле. – Екатеринбург ИГД УрО РАН, - 2005, - С. 141-147.
  23. Калмыков, В.Н., Изыскание вариантов систем разработки для выемки прибортовых запасов при комбинированной геотехнологии [Текст]: В.

- Н. Калмыков, В. В. Григорьев, П. В. Волков // Вестник МГТУ им. Г.И.Носова, 2010 – №1, - С.17-20.
24. Каплунов, Д. Р. Концептуальная модель и принципы проектирования технологии освоения рудных месторождений комбинированным способом / Д. Р. Каплунов, В. Н. Калмыков, М. В. Рыльникова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – № 8. – С. 140-144. – EDN NBYMSV.
25. Каплунов Д.Р. Комбинированная разработка рудных месторождений [Текст]: Д. Р. Каплунов, М. В. Рыльников. – М.: «Горная книга», 2012. – 344 с.
26. Каплунов Д.Р., Комбинированная геотехнология [Текст]: Д. Р. Каплунов, В. Н. Калмыков, М. В. Рыльникова. - М.: Руда и металлы, 2003. 558 с.
27. Каплунов, Д. Р. Комбинированная геотехнология [Текст]: Д. Р. Каплунов, В.Н. Калмыков, М. В. Рыльникова. –М: Изд. “Руда и металл”, 2003. – 560 с.
28. Кожогулов К.Ч., Усенов К.Ж., Алибаев А.П. Геомеханические основы и технология при комбинированной разработке крутопадающих месторождений. Бишкек, КГ-МИ, 1999.
29. Кожогулов, К. Ж., Технология комбинированной разработки мощных крутопадающих рудных тел [Текст]: К. Ж. Кожогулов, К. Ж. Усенов, А. Р. Такеева // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2008, №1-2, - С. 8-11.
30. Кожогулов, К.Ч. Инновационные технологии при комбинированной разработке нагорных рудных месторождений [Текст]: К. Ч. Кожогулов, К. Ж. Усенов, А. П. Алибаев // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. – 2010. – № 4. – С. 7-12.
31. Кожогулов, К.Ч. Отработка запасов прибортовой зоны при комбинированной разработке месторождений [Текст]: К. Ч. Кожогулов, Г. Т. Маматова, А. П. Алибаев // Наука и новые технологии. Бишкек, 2012, -№8, - С. 18-19.

32. Кожогулов, К.Ч., Развитие геотехнологии при комбинированной разработке нагорных рудных месторождений [Текст]: К. Ч. Кожогулов, А. П. Алибаев, К. Ж. Усенов. Жалал-Абад-Бишкек: 2008. – 190 с.
33. Кожогулов, К. Ч. Развитие геотехнологий с увеличением глубины разработки нагорных месторождений / К. Ч. Кожогулов // Проблемы недропользования. – 2018. – № 3(18). – С. 160-166. – EDN YAEZCP.
34. Крупник, Л. А., Совершенствование закладочных работ на горнодобывающих предприятиях Казахстана [Текст]: Л. А. Крупник, Ю. Н. Шапошник, С. Н. Шапошник // Горн. журн. Казахстана. — 2012. — № 10.
35. Куликов, А.В., Разработка железорудных месторождений за рубежом [Текст]: А. В. Куликов, В. В. Куликов, С. М. Мелешкин. - М.: Госгортехиздат, 1960. 488 с.
36. Кучкин, В.А. Исследование системы поэтажного обрушения с гибким разделяющим перекрытием [Текст]: дис. ... канд. техн. наук:25.00.22 / В. А. Кучкин. -Фрунзе, 1969.
37. Леонтьев, А.А., Особенности комбинированной разработки месторождений в различных горно-геологических и горнотехнических условиях [Текст]: А. А. Леонтьев, В. Г. Едигарьев // Горный журнал. 2010. № 9. С. 15–19.
38. Лобанов, Е.А., Разработка технологических решений вскрытия и отработки прибортовых и подкарьерных запасов апатито-нефелиновых руд [Текст]: Е. А. Лобанов, Д. А. Чайкин, П. Ю. Меньшиков // Фундаментальные и прикладные науки в горном деле. – 2018, т.5., №1. – С. 88-93.
39. Мануйлов, П. И. Способ комбинированной разработки мощных рудных тел [Текст]: П. И. Мануйлов, А. М. Демин // Авторское свид. № 1150368, Бюллетень «Открытие и изобретения» 1985, № 14.

40. Мануйлов, П.И., Способ комбинированной разработки мощных рудных тел [Текст]: авт. свид. № 1150368 / П. И. Мануйлов, А. М. Демин, Бюллетень «Открытие и изобретения» 1985, № 14.
41. Методика разработки новых технологических решений при комбинированной разработке рудных месторождений сложного строения [Текст] / К. Ч. Кожоголов, К. Ж. Усенов, А. П. Алибаев, А. Р. Такеева // Наука и новые технологии, - Бишкек. №1-2, 2008.– С. 116-120.
42. Мухтаров, Т. М. Комбинированный способ разработки месторождений полезных ископаемых [Текст] / Т. М. Мухтаров. -М.: Наука, 1988.–230 с.
43. Неверов, С.А. Обоснование технологии подэтажного обрушения с площадно-торцевым руды в условиях мощных крутопадающих залежей [Текст]: автореф. ... канд. техн. наук:25.00.22 / С. А. Неверов. – Новосибирск, - 2006, - 23 с.
44. Некерова, Т.В. Геомеханическое обоснование параметров бортов карьеров при комбинированной разработке рудных месторождений [Текст]: дис. ... канд. техн. наук:25.00.20 / Т. В. Некерова. - Магнитогорск, 2010. -163 с.
45. Обобщение опыта и оценка перспектив применения вариантов системы разработки с торцевым выпуском руды [Текст] / [М. И. Агошков, С. А. Иофин, А. В. Будько и др.] // Горный журнал, 1983, №6, - С. 34-38.
46. Опыт применения систем с гибкими разделяющими перекрытиями при разработке месторождений руд цветных металлов [Текст] / Экспрессинформация // КиргизИНТИ. – Фрунзе, 1981, - 35 с.
47. Открыто-подземный способ освоения месторождений крепких руд [Текст]/ [М.И. Агошков, Д.Р. Каплунов, В.И. Шубодеров и др.]. М.: ИПКОН РАН, 1992. 188 с.[38
48. Отработка Учалинского медноколчеданного месторождения комбинированным способом [Текст] / [А. К. Самусенко, В. В. Григорьев, Ю.В. Волков и др.] // Горный журнал. 1994. № 6. С. 11–14.

49. Пат. № 2030581 Российская Федерация, Способ комбинированной разработки рудных месторождений [Текст] / [В. М. Бусырев, Д. С. Подозерский, А. И. Кузнецов и др.]
50. Патент № 2301334С2 Российская Федерация. Способ разработки крутопадающих рудных залежей малой и средней мощности системой поэтажного обрушения с гибкими разделяющими перекрытиями [Текст] / [В. А. Шестаков, А. А. Белодедов, В. Н. Шаляпин и др.]
51. Патент №1432. Кыргызская Республика. Способ комбинированной отработки рудных тел с породными прослоями [Текст]: [А. М. Паизов, Ж. Б. Шамиев, К. Ч.Кожогулов и др.]. Гос.патентная служба, Бишкек, 2012.
52. Патент №1571. Кыргызская Республика. Способ комбинированной разработки полезного ископаемого в прибортовой зоне карьера [Текст] / Г. Т. Маматова, К. Ч. Кожогулов, О. В. Никольская, К. Ж. Усенов, А. П. Алибаев, Кыргызпатент, Бишкек, 2013.
53. Повышение эффективности технологии открытой разработки месторождений твердых полезных ископаемых [Текст] / [В. И. Ческидов, В. К. Норри, Г. Д. Зайцев и др.]. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых- 2014, №5,- С. 107-123.
54. Половникин, А.И. Методы поиска технических решений (под ред. А.И. Половникина) [Текст] / А. И. Половникин, - Йошкар-Ола, Марийское книжное издательство, 1976. С. – 192.
55. Проблемы комбинированного способа разработки Гороблагодатского железорудного месторождения [Текст]: [Л. М. Коротких, Н. П. Лубенец, А. Д. Сашурин и др.]. // Горный журнал. – М.: – 1985. - №9.
56. Проект отработки запасов золоторудного месторождения «Тереккан» комбинированным способом [Текст]: Сводный том. Часть 1. ПИЦ Кен-Тоо, ОАО «Кыргызалтын», Бишкек, 2003, - 246 с.

57. Проект отработки запасов золоторудного месторождения «Тереккан» комбинированным способом [Текст]: Этап 5. Проект отработки остальных рудных тел. Карьер «Тереккан», Том 2, горная часть, ПИЦ Кен-Тоо, ОАО «Кыргызалтын», Бишкек, 2003, - 112 с.
58. Романько, А. Д., Уменьшение потерь и засорения руды при отработке прибортовых запасов подземным способом с засыпкой карьера [Текст]: А. Д. Романько, Романько Е. А. // Комбинированная геотехнология: развитие способов добычи и безопасность горных работ. – Магнитогорск, 2003. – С. 80-81.
59. Романько, Е.А. Обоснование параметров технологии отработки приконтурных запасов карьеров системами разработки с обрушением [Текст]: дис. ... канд. техн. наук:25.00.20 / Е. А. Романько. - Магнитогорск, 2007. - 131 с.
60. Рыльникова М.В., Обоснование технологии отработки законтурных запасов в основании юго-восточного борта Учалинского карьера комбинированными горными работами [Текст]: М. В. Рыльникова, А. В. Зинуров // Горные науки на рубеже 21 века. – Пермь, УрО РАН, 1997. – С. 67-72.
61. Рыльникова, М. В., Вскрытие при комбинированной разработке медно-колчеданных месторождений [Текст] / М. В. Рыльникова, В. Н. Калмыков, Н. А. Ивашов // Горная промышленность. 2003. № 2. С. 38–42.
62. Рыльникова, М.В., Эффективные схемы вскрытия при комбинированной разработке рудных месторождений [Текст]: М. В. Рыльникова, В. Н. Калмыков, Н. А. Ивашов // Недропользование — XXI век. 2007. № 2. С. 44–48.
63. Соколов, И. В. Обоснование конструкции и параметров подземной геотехнологии при комбинированной разработке рудных месторождений Урала: специальность 25.00.22 "Геотехнология

- (подземная, открытая и строительная)" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Соколов Игорь Владимирович. – Екатеринбург, 2012. – 303 с. – EDN QFNUKF.
64. Сваровский Б.М., Обработка штокообразных рудных тел системой подэтажного обрушения под дном карьера [Текст]: Б. М. Сваровский, В. Я. Ткаченко, А. М. Фрейдин // Системное моделирование технологии горных работ. - Новосибирск, - 1989.
65. Немова, Н. А. Оценка вариантов обработки прибортовых и подкарьерных запасов рудника "Олений ручей" / Н. А. Немова, Т. А. Бельш // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 2. – С. 45-53. – DOI 10.18799/24131830/2020/2/2480. – EDN UOBCDU.
66. Соловьев, А.А., Схемы выемки законтурных запасов руды на карьерах [Текст]: А. А. Соловьев, В. И. Зобин // Горный журнал. М.: – 2007. - №5. С. 12-14.
67. Терентьев, В. И. Комплексная открыто-подземная разработка подкарьерных и прибортовых запасов рудных месторождений [Текст] / В. И. Терентьев, А. Д. Черных. -М.: ИПКОН РАН, 1988. – 244 с.
68. Технология выемки запасов руды в прибортовой зоне в условиях комбинированной разработки [Текст]: [К. Ж. Усенов, А. П. Алибаев, Г. Т. Маматова и др.]. // Современные проблемы механики. Вып. 41/3, - Бишкек. 2020. – С. 414-419.
69. Технология обработки подкарьерных запасов полезных ископаемых в сложных горно-геологических условиях [Текст]: [А. А. Коваленко, М. В. Тишков, С. А. Неверов и др.] // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – Новосибирск, 2016. № 3, Т. 1. С. 305–311.
70. Титов, В.Д. Ярусный способ вскрытия и подготовки этажей в условиях шахт Криворожского бассейна [Текст] / В. Д. Титов // Горный журнал – М.: - 1973, №8.

71. Усенов, К.Ж. Технология комбинированной обработки наклонных рудных тел [Текст]: К. Ж. Усенов, А. П. Алибаев, А. Р. Такеева // Известия ВУЗов, Бишкек, 2008. №1-2. - С.136-137.
72. Усенов, К.Ж. Технология комбинированной разработки рудных тел с породными прослоями [Текст]: К. Ж. Усенов, А. П. Алибаев, А. Р. Такеева // Известия ВУЗов Бишкек, 2008, №1-2, -С.128-130.
73. Хомяков, В. И. Зарубежный опыт закладки на рудниках [Текст] / В. И. Хомяков. – М.: Недра, 1984, - 224 с.
74. Шестаков, В.А. Совершенствование подземной разработки рудных месторождений [Текст] / [В. А. Шестаков, М. А. Яковлев, Н. В. Дронов и др.]. – Фрунзе, Илим, 1973.
75. Шеховцов, В.С. Создание технологии разработки сложноструктурных залежей под мощными рыхлыми отложениями с защитным слоем руды [Текст]: дис. ... д-ра. техн. наук:25.00.22 / В. С. Шеховцов. – Новокузнецк, 1997. – 308 с.
76. Шнайдер, М.Ф., Совмещение подземных и открытых разработок рудных месторождений [Текст]: М. Ф. Шнайдер, В. К. Вороненко. – М.: «Недра», 1985, - 132 с.
77. Щелканов, В.А. Комбинированная разработка рудных месторождений [Текст] / В. А. Щелканов. – М.: «Недра», 1974, - 231 с.
78. Щелканов, В.А., Способ комбинированной разработки параллельных крутопадающих полезных ископаемых [Текст]: авт. свид. 1149005 / [В. А. Щелканов, П. А. Абашкин, И. Ж. Фенцик и др.]. Бюллетень «Открытия и изобретения», 1985, №13
79. Шамиев, Ж.Б. Пути снижения потерь и разубоживания руды при комбинированной разработке рудных тел / Ж.Б.Шамиев, А.М.Паизов, А.П.Алибаев // Вестник ЖАГУ. – № 1,2. – 2010. – с. 3-6.

80. Юматов, Б. П. Технология открытых горных работ и основные расчеты при комбинированной разработке рудных месторождений [Текст] / Б. П. Юматов. - М.: Недра, 1966. 146с.
81. Яковлев, М.А. Способ разработки крутопадающих рудных тел, разделенных безрудным прослоем [Текст]: авт. свид. №992741 / [М. А. Яковлев, В. А. Кучкин, А. А. Кайзер и др.]. - М.: - 1989.
82. Яковлев, М.А., Способ отработки рудных тел с породными прослоями [Текст]: авт. свид. № 720162 / М. А. Яковлев, А. В. Ярков, Г. Т. Булгаков – М., 1981 – Бюл. №23
83. Ярков, А.В. Анализ изменения системы подэтажного обрушения при отработке сложных рудных залежей Алтын-Топканского рудника [Текст] / А.В. Ярков // Горно-экономическая оценка параметров подземной разработки рудных месторождений. – Фрунзе: Илим, 1980. - С. 39-45.
84. Ярков, А.В. Гибкая технология отработки рудных тел сложного строения [Текст]: А. В. Ярков, Н. В. Дронов, М. А. Яковлев. Бишкек «Илим», 1992
85. Ярков, А.В. Фронтально-торцевой выпуск руды [Текст] / А. В. Ярков // Повышение полноты и качества выемки полезных ископаемых на горных предприятиях Киргизии. – Фрунзе, Илим, 1987.
86. Ярмухаметов, З.Г. Обоснование технологии подземной разработки приконтурных запасов крьеров (на примере Сибайского месторождения) [Текст]: дис. ... канд. техн. наук:25.00.22 / З. Г. Ярмухаметов – Магнитогорск, 1998. -185 с.
87. Shamiev, B.J. Technology combined processes of undermining stocks [Text]: B. J. Shamiev, K. J. Usenov, A. P. Alibaev // 14<sup>th</sup> Asian Regional Conference on soil mechanics and geotechnical engineering. 2011.



УТВЕРЖДАЮ  
 Директор проектно-исследовательского центра  
 "КЕН-ТОО" \_\_\_\_\_  
 Кожогулов Б.К.

« 10 » \_\_\_\_\_ 2023 г

**А К Т**

о реализации научных результатов, полученных в диссертации Такеевой Анары Раимбердиевны. на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 – «Геотехнология (подземная и открытая)» на тему: «Разработка технологий выемки законтурных запасов при комбинированной добыче сложных рудных тел».

Комиссия в составе: председатель главный геолог проектно-исследовательского центра "Кен-Тоо" к.г.-м.н. Туляев Р.Т., члены комиссии главный горняк Чернова Е.П., ведущий геолог Аширова З.М. свидетельствует о том, что при составлении проектов на разработку месторождений полезных ископаемых комбинированным способом будут реализованы следующие научные результаты, полученные в кандидатской диссертации Такеевой А.Р.:

1. Предложенная методика усовершенствования технологии комбинированной разработки рудных месторождений сложного строения, способствует снижению элементов случайности в проектировании, позволяет в совокупности учесть все значимые факторы, что значительно повышает уровень эффективности технологии разработки месторождения.

2. Технология выемки прибортовых запасов руд, выходящих непосредственно в борта карьеров на месторождениях со сложной структурой, комбинированной системой подэтажных штреков и системой с магазинированием руды, повышает уровень безопасности и эффективности отработки и исключает недостатки этих систем. При этом очистная выемка в зависимости от необходимости может вестись от центра к флангам или от одного фланга блока к другому флангу

3. При составлении проектов на отработку подкарьерных запасов рационально предусматривать, предложенную автором технологию отработки системой подэтажного обрушения мощных рудных тел через спиральный съезд и складирование пустых пород во внутрикарьерный отвал. Это должно обеспечивать высокую интенсивность освоения запасов и снижение себестоимости добычи руды.

- Предлагаемая технология комбинированной системы разработки позволяет оптимизировать отработку запасов в закарьерном пространстве на месторождениях со сложными геологическими и горно-техническими условиями.
- Материалы диссертации будут использованы учреждением ПИЦ Кен-Тоо при составлении проектов на отработку месторождений Кумтор, Джеруй, Терексай и других месторождений полезных ископаемых.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ

члены комиссии:

Чернова Е.П.,  
 Аширова З.М.

к.г.-м.н. Туляев Р.Т.



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе  
Кыргызского государственного  
технического университета

И.И. Раззакова

Б.Т. Торобеков

2023 г.

**А К Т**

о реализации научных результатов, полученных в диссертации Такеевой Анары Раимбердиевны на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22– «Геотехнология (открытая и подземная)»  
на тему: Разработка технологий выемки законтурных запасов при комбинированной добыче сложных рудных тел

Комиссия в составе: председатель заместитель директора по учебной работе к.т.н., доцент Умаров Т.С., члены комиссии: д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Открытые горные работы и взрывное дело» Абдиев А.Р., к.т.н., доцент кафедры «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» Абдибаитов Ш.А., свидетельствует о том, что полученные следующие научные результаты исследований в кандидатской диссертации Такеевой Анары Раимбердиевны внедрены в учебный процесс Кыргызского горно-металлургического института им. акад. У. Асаналиева Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова:

1. Обоснована методика создания новых технологий при комбинированной разработке сложных рудных тел

2. Разработана технология выемки прибортовых запасов руды комбинированной системой подземной разработке, в которой подготовительно-нарезные работы система подэтажных штреков совмещаются с процессами очистной выемки путем магазинирования отбитой руды в выработанном пространстве с мелкошпуровой отбойкой. При этом забою придается потолкоуступная форма

3. Обоснована технология комбинированной отработки подкарьерных залежей с породными включениями обеспечивающая повышение показателей извлечения руды и устойчивость породных прослоев

4. Предложена технология комбинированной отработки подкарьерных запасов системами подэтажного обрушения с гибким разделяющим перекрытием из действующих глубоких горизонтов, обеспечивающая устойчивость бортов карьера за счет внутривертекарного отвалообразования.

**Реализация материалов диссертации Такеевой Анары Раимбердиевны позволила:**

1. Предложена методика усовершенствования технологии комбинированной разработки рудных месторождений сложного строения, которая уменьшает элементы случайности в научной работе, позволяет в совокупности учесть все значимые факторы, что значительно повышает уровень совершенства разрабатываемой технологии.

2. Для безопасной и эффективной отработки прибортовых запасов выходящих непосредственно в борт карьеров сложно структурных месторождений разработана технология их выемки комбинированной системой подэтажных штреков и системой магазинирования руды, которая исключает недостатки этих систем и позволяет сохранить все основные преимущества этих систем. При этом очистная выемка в зависимости от необходимости можно вести от центра к флангам или от одного фланга блока к другому флангу

3. С целью обеспечения высокой интенсивности освоения запасов и снижения себестоимости добычи руды разработана технология отработки подкарьерных запасов системой подэтажного обрушения мощных рудных тел. При этом запасы залегающие под дном карьера

отрабатываются через спиральный съезд и отрабатывают через него руды из зоны под нелегающими породами. Пустые породы складываются во внутрикарьерный отвал.

4. Для снижения затрат при транспортировании с глубоких горизонтов карьеров разработана технология отработки подкарьерных запасов включающая применение гибкого разделяющего перекрытия с внутренним карьерным отвалообразованием. Применение данной технологии позволяет обеспечить устойчивость бортов карьера за счет складирования пустых пород в его контур, сократить объем внешнего отвала, уменьшив или исключив потерь площадей земельных угодий.

5. С целью снижения уровня потерь высокоценных руд и обеспечения безопасности и предложена схема технологии разработки прибортовых запасов с закладкой. При этом эти технологии отличаются высокими материальными и трудовыми материалами.

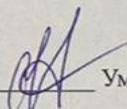
Материалы диссертации Такеевой Анары Раимбердиевны внедрены в учебный процесс в разделах лекционных и практических курсов следующих дисциплин:

- Основы комбинированная разработка месторождений полезных ископаемых;
- Рациональное использование и охрана недр;
- Процессы открытых горных работ;
- Технология и комплексная механизация открытых горных работ;
- Методы ведения взрывных работ;
- Взрывные работы при открытых и подземных горных работах;
- Планирование открытых горных работы;
- Теоретические и экспериментальные методики определения основных параметров горных машин;
- Особенности разработки месторождений в условиях высокогорья.

Внедрение научно-технических результатов диссертационной работы Такеевой А.Р. в учебный процесс позволяет повысить качество подготовки выпускников по образовательным программам специалитета, магистратуры и PhD-докторантуры КГ-МИ им. акад. У. Асаналиева КГТУ им. И. Раззакова.

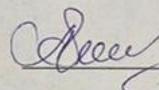
**ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ**

к.т.н., доцент, зам. директора  
КГ-МИ им. акад. У. Асаналиева  
КГТУ им. И. Раззакова

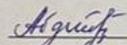
 Умаров Т.С.

**ЧЛЕНЫ КОМИССИИ**

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой  
«ОГР и ВД»  
КГ-МИ им. акад. У. Асаналиева  
КГТУ им. И. Раззакова

 Абдиев А.Р.

к.т.н., доцент кафедры  
«ПРМПИ»  
КГ-МИ им. акад. У. Асаналиева  
КГТУ им. И. Раззакова

 Абдибайтов Ш.А.

