

Кожогулов К.Ч., Усенов К.Ж., Алибаев А.П.

**ТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ ЗАКОНТУРНЫХ
ЗАПАСОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ
РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Монография

«Турар»
Бишкек – 2025

УДК 553.3/.4

ББК 33.33

К 58

Рецензенты:

Нифадьев Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор, академик Национальной академии наук Кыргызской Республики, лауреат Государственной премии Кыргызской Республики в области науки и техники, заслуженный деятель науки Кыргызской Республики.

Абдиев Арстан Раимбекович – доктор технических наук, профессор.

Утверждено к печати

ученым советом Джалал-Абадского государственного университета имени Б. Осмонова.

Кожогулов, К. Ч. и др.

К 58 Технологии выемки законтурных запасов при комбинированной разработке рудных месторождений: Монография / К. Ч. Кожогулов, К. Ж. Усенов, А. П. Алибаев – Б.: «Турар», 2025. – 120 с.

ISBN978-9967-35-395-4

В данной работе рассмотрено современное состояние способов и технологий выемки законтурных запасов при комбинированной разработке рудных месторождений. Разработаны новые способы комбинированной отработки сложных рудных тел, предложены технологии освоения подкарьерных запасов в условиях комбинированной разработки, а также технологии полойной выемки прибортовых запасов с последующей закладкой выработанного пространства.

Данное издание предназначено для специалистов горной отрасли, научных работников, студентов профильных учебных заведений, а также всех, кто заинтересован в совершенствовании технологии добычи полезных ископаемых в непростых горно-геологических условиях.

УДК 553.3/.4

ББК 33.33

ISBN978-9967-35-395-4

© Кожогулов К. Ч., Усенов К. Ж., Алибаев А. П., 2025

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|----------------|---|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
|----------------|---|

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СПОСОБОВ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫЕМКИ ЗАКОНТУРНЫХ ЗАПАСОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

| | |
|---|----|
| 1.1. Тенденции развития комбинированной разработки рудных месторождений | 7 |
| 1.2. Анализ способов и технологий отработки прибортовых запасов при комбинированной разработке рудных месторождений | 16 |
| 1.3. Обзор и анализ существующих технологических схем и особенностей выемки подкарьерных запасов рудных месторождений | 30 |

ГЛАВА 2. СПОСОБЫ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ

| | |
|--|----|
| 2.1. Способ комбинированной разработки рудных тел с высокой изменчивостью его контура | 40 |
| 2.2. Способ комбинированной отработки рудных тел с породными прослоями | 44 |
| 2.3. Способ комбинированной разработки прибортовых запасов | 48 |
| 2.4. Способ комбинированной отработки подкарьерных запасов | 53 |
| 2.5. Способ выемки прибортовых запасов с закладкой | 58 |

ГЛАВА 3. ГЕОТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ

| | |
|--|----|
| 3.1. Технология добычи подкарьерных запасов при комбинированной отработке мощных крутопадающих рудных тел..... | 65 |
| 3.2. Геотехнология отработки подкарьерных запасов при неустойчивых рудных телах..... | 71 |
| 3.3. Геотехнология отработки подкарьерных сложных рудных тел, разделенных безрудным прослоем | 76 |
| 3.4. Технология выемки подкарьерных запасов системой подэтажных штреков. | 82 |

ГЛАВА 4. ГЕОТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ ПРИБОРТОВЫХ ЗАПАСОВ СЛОЖНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ С ЗАКЛАДКОЙ

| | |
|---|----|
| 4.1. Особенности отработки запасов руды в прибортовой зоне карьера..... | 92 |
| 4.2. Технология слоевой выемки прибортовых запасов с последующей закладкой выработанного пространства | 98 |

| | |
|------------------|-----|
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 105 |
|------------------|-----|

| | |
|-----------------|-----|
| ЛИТЕРАТУРА..... | 107 |
|-----------------|-----|

ВВЕДЕНИЕ

Разработка рудных месторождений является одной из ключевых задач горной отрасли, особенно в условиях сложной геологической обстановки, характерной для большинства месторождений нашей республики. Большинство из них расположены в горных районах и имеют крутопадающую структуру, что создает уникальные вызовы для эффективной добычи полезных ископаемых. В связи с этим комбинированный открыто-подземный способ разработки становится все более актуальным, позволяя оптимально использовать ресурсы и минимизировать потери.

Комбинированный способ включает последовательное извлечение верхней части месторождений открытым способом с последующим переходом к подземной отработке запасов, находящихся в нижней части. Этот переходный этап разработки требует применения различных технологий, что влияет на эффективность выемки полезных ископаемых. На практике после завершения открытых работ в прибортовой зоне остаются значительные объемы руды, которые целесообразно извлекать с использованием подземных технологий.

Эффективное применение закладки позволяет минимизировать потери полезных ископаемых и улучшить общую экономическую эффективность разработки месторождений. Известно, что закладка играет важную роль в обеспечении устойчивости горных массивов, предотвращении деформаций и повышении безопасности горных работ, а также способствует рациональному использованию пространства и снижению экологического воздействия, что является ключевым аспектом в условиях сложной геологической обстановки.

Анализ показывает, что на ряде месторождений рудоносные залежи, расположенные за проектным контуром карьера, составляют 20% и более от общих запасов, что подчеркивает важность их отработки. В последние десятилетия наблюдается увеличение числа месторождений, разрабатываемых комбинированным способом, что связано с ростом глубины разработки и ухудшением горно-геологических условий. В то же время исследование способов выемки запасов, расположенных ниже уровня дна карьера и в прибортовых зонах, продолжает оставаться важной задачей, требующей дальнейших научных изысканий и внедрения передовых технологических решений.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СПОСОБОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ВЫЕМКИ ЗАКОНТУРНЫХ ЗАПАСОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

1.1. Тенденции развития комбинированной разработки рудных месторождений

Развитие горнодобывающей промышленности в современных условиях характеризуется увеличением количества горнодобывающих предприятий, использующих комбинированные способы разработки месторождений полезных ископаемых. Комбинированный открыто-подземный способ разработки позволяет снизить общий объем вскрыши, уменьшает вредное воздействие горных работ на окружающую среду, при этом улучшается интенсивность освоения месторождения, обеспечивается наиболее полная и качественная выемка полезных ископаемых, достигаются высокие технико-экономические показатели по сравнению с самостоятельными открытыми или подземными способами разработки.

Отличительной особенностью комбинированного способа разработки месторождений является наличие переходной зоны, или этапа разработки, существование единого технологического пространства между открытыми и подземными горными работами. Переходные зоны, как правило, располагаются на границах карьера и подземного рудника и создают широкие возможности более эффективного применения комбинированных способов.

Наиболее приемлемыми для применения комбинированных технологий являются рудные месторождения, распространенные на значительных глубинах. При этом наиболее подходящими являются мощные крутые и наклонные рудные тела. При таких условиях залегания рудных тел создается наиболее надежная сырьевая база для проектирования

открытых и подземных рудников со сравнительно большими сроками эксплуатации.

При применении комбинированных технологий глубина распространения рудных тел не ограничивается, однако следует отметить, что экономическая целесообразность добычи полезных ископаемых открытым способом определяется глубиной расположения рудных тел от дневной поверхности.

Мощность месторождения также является одним из главных факторов, влияющих на выбор различных вариантов комбинированной технологии. Ею определяется долевое участие каждого (открытого или подземного) из способов разработки. Увеличение мощности рудных тел приводит к увеличению количества запасов полезных ископаемых, добываемых открытым способом. В то же время увеличиваются запасы, отрабатываемые одновременно открытым и подземным способами (запасы открыто-подземного яруса).

Опыт применения комбинированных способов показывает, что и морфология рудных залежей оказывает большое влияние на общие технико-экономические показатели комбинированных способов. Выклинивание, апофизы, локальные изолированные рудные участки способствуют увеличению объемов вскрыши при открытых горных работах. При подземных работах сложное строение рудных тел и их морфология также отрицательно влияют на технико-экономические показатели предприятия. Увеличиваются объемы горно-капитальных и подготовительных работ, усложняется схема вскрытия участка, требуется адаптация параметров систем разработки к новым условиям, ухудшается вентиляция и снижаются общие показатели извлечения полезных ископаемых.

Характер морфологии и сложность строения рудных залежей проявляются в основном на последнем этапе разработки месторождения, когда полностью отработаны участки с богатым содержанием полезных компонентов и расположенные

в легкодоступных местах. Участки с бедным содержанием полезных компонентов или расположенные в труднодоступных местах будут исключены из проектов и безвозвратно теряются, увеличивая тем самым количество потерянных запасов.

Известно, что наличие рудных месторождений с крутыми углами падения является одним из главных благоприятствующих факторов использования комбинированных способов разработки. Применение комбинированных технологий возможно и на мощных горизонтальных и пологих месторождениях. На рисунке 1.1 приведена классификация способов комбинированной разработки рудных месторождений.

Иногда применение комбинированных технологий продиктовано целью сохранения плодородных земельных площадей и с точки зрения охраны окружающей природной среды. Это связано тем, что при комбинированной разработке площади территорий, занятых внешними отвалами за счет складирования пород вскрыши и забалансовой руды во внутрикарьерных отвалах, значительно сокращаются.

Выемка высокоценной и остродефицитной руды и связанная с этим необходимость интенсификации добычи также требуют применения комбинированных открыто-подземных способов разработки.

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых характеризуется тем, что в недрах (за контурами карьера) остается часть не извлекаемых запасов. После завершения открытых горных работ в прибортовой зоне карьера скапливается достаточно большая часть балансовых запасов.

Практика горнодобывающих предприятий показывает, что выемка таких запасов осуществляется с применением систем подземной разработки. При этом отработка запасов полезных ископаемых в большинстве случаев осуществляется открытыми и подземными горными работами по отдельным и независимым друг от друга схемам [2, 3, 4, 5–9 и др.].



Рис. 1.1. Классификация комбинированной геотехнологии [1, с. 37, рисунок 2.3].

Следует отметить, что недостаточный опыт разработки месторождений в условиях совмещения открытых и подземных работ, сложность решения геомеханических проблем при

отработке прибортовых запасов карьеров, необходимость поддержания выбывающих мощностей открытых горных работ с учетом постоянного изменения качественных характеристик поступающего в металлургический передел сырья выдвигают сложные задачи по выемке прибортовых запасов полезных ископаемых.

При использовании существующих технологий комбинированной разработки запасов прибортовой зоны в едином технологическом комплексе ее преимущества остаются не полностью реализованными.

На месторождениях сложного строения рудоносные залежи, расположенные за проектным контуром карьера, составляют в среднем 20% и более от общих балансовых запасов. Отработка этой части запасов с применением обычных способов разработки сопровождается повышенными потерями и разубоживанием руды.

Опыт и практика отработки крутопадающих рудных залежей показывают, что за контурами карьера остаются запасы, выемка которых целесообразна с использованием подземных технологий. Около 60% месторождений, отрабатываемых комбинированным способом, являются месторождениями цветных металлов. Исследования показали, что до 65% рудников осуществляют отработку подкарьерных запасов, до 18% – прибортовых запасов и до 25% рудников отрабатывают запасы, находящиеся на значительном расстоянии от контура карьера. При этом следует отметить, во всех случаях эффективность выемки таких запасов во многом зависит от правильного выбора технологии ведения горных работ в рудных телах, расположенных за контурами открытых горных работ. В настоящее время подавляющее большинство таких месторождений вскрываются с помощью шахтных стволов или штолен. Известно, что такие способы вскрытия рудных тел характеризуются довольно значительными объе-

мами горных работ и длительными сроками введения месторождения в эксплуатацию [10].

Выемку прибортовых запасов в большинстве случаев осуществляют с применением подземных или открыто-подземных технологий. При выемке запасов прибортовой зоны системами с обрушением руды и вмещающих пород обеспечивается высокая интенсивность добычных работ и снижается себестоимость добычи руды. При отработке мощных рудных залежей создание внутрикарьерного отвала из забалансовой руды или из пустых пород является необходимым элементом систем разработки с обрушением руды. Внутрикарьерный отвал позволяет изолировать очистное пространство, поддерживать в устойчивом состоянии подрабатываемого борта в период отработки прибортовых запасов подземной технологией. Существует мнение о том, что породы внутрикарьерного отвала являются дополнительным источником разубоживания, в результате чего показатели извлечения руды снижаются [11].

В то же время следует отметить, что создание искусственных целиков и пригрузки основания бортов карьера породами вскрыши (или формирование внутрикарьерного отвала из забалансовой руды) не только обеспечивает полностью извлечения запасов месторождения, но и позволяет сократить площади нарушенных земель, уменьшить площади для размещения отходов горного производства в выработанном пространстве.

По мнению авторов [1], все запасы, расположенные в пределах единого технологического пространства и разрабатываемые комбинированным способом, должны быть разделены на четыре группы (рис. 1.2):

1) **карьерные** – залегающие в пределах карьерного поля и ограниченные предельным контуром карьера;

2) **открыто-подземные** – запасы, разрабатываемые комбинированным открыто-подземным способом и имеющие выход в контур карьера;

3) **шахтные** – запасы, залегающие в пределах шахтного поля и разрабатываемые подземным способом;

4) **забалансовые** – некондиционные руды, выемка которых в настоящее время с использованием существующих технологий экономически нецелесообразна.

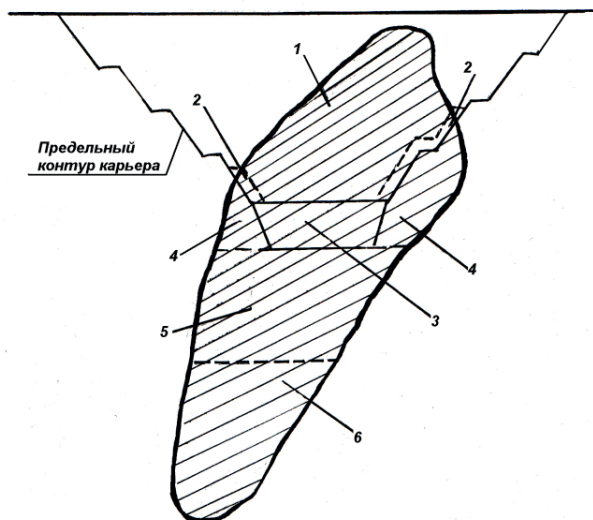


Рис. 1.2. Схема классификации запасов, осваиваемых комбинированной геотехнологией: карьерные, удаленные от контура (1) и приконтурные (2); открыто-подземные (переходные) (3); прикарьерные прибортовые (4); придонные (5); шахтные, удаленные от карьера (6).

По мнению авторов, **карьерные запасы** делятся на две подгруппы: запасы, **удаленные от контура открытых горных работ**, и **приконтурные запасы**. Выемка **удаленных от контура карьера** запасов не требует внесения изменений в технологию применяемой в данных условиях открытой разработки. При отработке **приконтурных** запасов, непосредственно примыкающих к предельному контуру карьера, проводятся специальные мероприятия по обеспечению устойчивости бортов и безопасности ведения открытых горных работ в зоне влияния подземных выработок.

Открыто-подземные запасы залегают на границе между открытыми и подземными горными работами, поэтому зону расположения этих запасов часто называют переходной зоной. Открыто-подземные запасы в зависимости от расположения относительно днища карьера делятся на запасы, расположенные в бортах (прибортовые), и запасы, расположенные в дне карьера (придонные). Этим признаком определяются особенность технологических процессов открыто-подземной комбинированной разработки запасов в переходной зоне и выбор средств комплексной механизации выемки полезных ископаемых (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Запасы минерального сырья при комбинированном способе разработки месторождений [1, с. 30, рис. 2.1].

Выемкой карьерных и открыто-подземных запасов создается единое открыто-подземное технологическое пространство.

Таким образом, опыт и практика отработки запасов дна карьеров показывают [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 94–98 и др.], что для освоения запасов переходной зоны применяются различные варианты комбинированной разработки рудных месторождений.

Установленные взаимосвязи, преимущества и недостатки открытых и подземных способов при их совместном применении в пределах одного месторождения (в вертикальной или горизонтальной плоскостях) необходимо учитывать еще на стадии проектирования предприятий, а также на действующих предприятиях, где планируется или уже осуществляется одновременная отработка запасов карьером и подземным рудником.

Разработанными в настоящее время классификациями способов комбинированной геотехнологии не полностью учитываются особенности открыто-подземной разработки. В их основу в качестве классификационного признака положены пространственно-временные взаимосвязи совмещения открытых и подземных способов разработки, что не полностью отражает технологии комбинированной разработки. В работе [23] предложена классификация способов комбинированной геотехнологии, отличительной особенностью которой является то, что в ее основу в качестве классификационного признака положен способ поддержания дна карьера (таблица 1.1).

Опыт разработки месторождений комбинированным способом показывает, что при длине месторождения по простиранию от 4–5 км и более целесообразно применение способа комбинированной разработки с совмещением открытых и подземных работ в одной горизонтальной плоскости. Этот способ успешно применяется и при разработке крутопа-

дающих рудных тел мощностью средней и выше средней, при мощности наносов более 80–100 м и сложных гидрогеологических условиях, требующих строительства подземных дренажных комплексов.

1.2. Анализ способов и технологий отработки прибортовых запасов при комбинированной разработке рудных месторождений

Наблюдаемая в последнее время тенденция сокращения геометрических размеров карьеров, а также связанное с этим уменьшение объемов добычи полезных ископаемых все чаще компенсируется комбинированной разработкой. Несмотря на достижения в технологии комбинированной разработки прикарьерных запасов, в отношении технологии выемки запасов прибортовой зоны наблюдается значительное отставание. При этом особенно остро встает вопрос доработки запасов руды, расположенных в основании бортов карьеров. Эти запасы иногда называют «рудными треугольниками». Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых характеризуется тем, что в недрах остается часть не извлекаемых запасов. После завершения открытых горных работ в прибортовой зоне карьера, особенно в «рудных треугольниках», скапливается достаточно большая часть балансовых запасов.

Следует отметить, что при комбинированной разработке выемка запасов прибортовой зоны отличается от обычной подземной отработки и зависит от степени совмещения открытых и подземных горных работ во времени и в пространстве.

Известно, что при разработке месторождений ценных руд с целью снижения потерь и разубоживания ведение горных работ в борту карьера при наличии действующего карьера производится с применением системы разработки с закладкой

Таблица 1.1

**Классификация способов комбинированной
разработки нагорных рудных месторождений**

| № п/п | Класс способов | № п/п | Группы |
|----------|---|----------------------------|--|
| 1 | Способы с естественным поддержанием дна карьера (с оставлением рудного или породного целика) | 1 2 3 4 | Камерная система. Камерная-столбовая система. Система с отбойкой из магазина. Система с подэтажной выемкой (подэтажных штреков). |
| 2 | Способы с искусственным поддержанием дна карьера (закладкой) | 1 2 3 4 5 6 | Система горизонтальными слоями с закладкой. Система наклонными слоями с закладкой. Нисходящая слоевая система с закладкой. Камерно-столбовая система с последующим извлечением целиков и заполнением выработанного пространства гидрозакладкой. Система подэтажных штреков с последующей закладкой камер. Другие системы с закладкой. |
| 3 | Способы с обрушением дна карьера (с единым выработанным пространством) | 1 2 3 | Система с этажным принудительным обрушением. Подэтажное обрушение с донным выпуском руды. Подэтажное обрушение с торцевым выпуском руды. |
| 4 | Способы с образованием перекрытия на дне карьера (с засыпкой карьерного пространства вскрышными породами и образованием гибкого перекрытия) | 1 2 | Подэтажное обрушение с торцевым выпуском с применением гибкого разделяющего перекрытия. Слоевое обрушение с гибким перекрытием и траншейной выемкой. |

выработанного пространства. В этих условиях осуществляется заблаговременная выемка запасов прибортовой зоны с созданием взамен отработанного «рудного треугольника» искусственного массива заданной прочности.

В то же время при выемке запасов, расположенных за пределами контура карьера, применяются в зависимости от существующих горно-геологических условий различные варианты систем подэтажного или этажного принудительного обрушения.

Необходимо отметить, что при выборе той или иной системы разработки или при разработке новых способов выемки прибортовых запасов учитывается взаимное расположение карьерных и шахтных полей в пространстве и во времени.

В настоящее время при разработке новых способов разработки прибортовых запасов не всегда и не полностью учитываются возможности повышения эффективности и безопасности горных работ путем использования отличительных технологических особенностей комбинированной открыто-подземной разработки.

Наиболее существенное влияние на эффективную и безопасную выемку прибортовых запасов оказывают следующие технологические особенности и преимущества, которые могут быть использованы при создании новой технологии комбинированной разработки запасов прибортовой зоны:

- применение карьерного бурового и транспортно-погрузочного оборудования для выемки запасов прибортовой зоны;
- использование транспортных коммуникаций открытой технологии;
- использование карьерной выемки для вскрытия запасов прибортовой зоны;
- использование вскрышных пород в качестве закладочного материала (при применении систем с закладкой);

- использование бедных и забалансовых руд при создании породной подушки (при применении системы с обрушением);

- трудности из-за аэродинамической связи выпускающих и доставочных горизонтов с земной поверхностью;

- необходимость дополнительной разведки и оконтуривания запасов прибортовой зоны;

- относительно небольшие расстояния доставки отбитой руды;

- достижение наибольшей интенсивности отработки прибортовых запасов полезных ископаемых;

- снижение отрицательного экологического воздействия на окружающую природную среду.

При подземной подработке бортов карьеров начнется развитие деформационных процессов в прикарьерном массиве. При ведении подземных горных работ в направлении от откоса вглубь массива снижается общая устойчивость подрабатываемых бортов карьеров.

Поэтому в таких условиях наиболее предпочтительным является порядок отработки прибортовых запасов карьера от массива в сторону карьерной выемки.

В то же время исследования показывают, что при небольшой высоте «рудных треугольников» прибортовых запасов, равной до $0,2H_k$ (где H_k – глубина карьера), направление ведения горных работ по вертикали не оказывает существенного влияния на напряженное состояние массива пород подрабатываемого борта [1].

При условии если высота «рудного треугольника» больше, чем $0,2H_k$, т.е. $H_t > 0,2H_k$ (где H_t – высота треугольника), целесообразным является порядок отработки прибортовых запасов карьера в направлении от массива в сторону карьерной выемки.

Таким образом, при разработке прибортовых запасов комбинированием технологий фронт ведения горных работ необходимо располагать в направлении:

- на подземных работах – нисходящий порядок;
- при ведении горных работ в борту карьера – в направлении от массива к карьере;
- доработку запасов прибортовой зоны следует осуществлять после полного прекращения открытых горных работ и постановки бортов карьера в предельное положение.

Анализ существующих способов комбинированной разработки прибортовых запасов рудных месторождений показывает, что в настоящее время при выемке прибортовых запасов часто применяются системы подэтажного обрушения. При применении данной системы извлекаются почти все запасы рудного тела, потери руды уменьшаются, и самое главное, исключаются вопросы выемки запасов в целиках. Однако в настоящее время технологии выемки прибортовых запасов не всегда учитывают специфические вопросы разработки полезных ископаемых, расположенных в этой зоне.

Таким образом, при выемке запасов в борту карьера системами с обрушением необходимо соблюдать порядок выемки, заключающийся в непрерывном ведении подземных очистных работ в направлении карьера. Такой порядок в свою очередь создает условия непрерывного развития зоны обрушения, захватывающей уступы карьера. При этом при ведении горных работ под действующим карьером системами с обрушением налегающих пород обязательным условием безопасности должно быть обеспечение выхода воронки обрушения на поверхность в минимальные сроки...

Выемка прибортовых запасов с обрушением налегающих пород требует исключительно четкой организации работ на открытых и подземных рудниках.

Опыт Лениногорского, Апатитовского и других комбинатов показывает, что исключительно четкая организация

работ на практике возможна. Это в свою очередь позволяет добиться весьма эффективных результатов по обеспечению безопасности работ...

Практика показывает, что более половины месторождений руд цветных металлов разрабатываются комбинированным способом. При этом известно, что эффективность отработки запасов месторождений во многом зависит от правильного выбора способа и системы разработки рудных тел.

Лебяжинское железорудное месторождение представлено двумя (Восточным и Западным) рудными поясами, протяженностью до 1500 м. Рудные тела имеют падение на восток под углом 50–75 градусов, глубина залегания составляет 500 м, с коэффициентами крепости руды 8–12, вмещающих пород – 6–14. Карьеры Лебяжинского месторождения эксплуатируются с 1941–1942 гг. с производительностью не более 1 млн т/год. Их предельная глубина составляет от 30 до 120 м.

В 1948 году начали строить подземный рудник, который был сдан в эксплуатацию в начале 1950-х годов.

Вскрывающие стволы в количестве четырех единиц были заложены в лежащем боку месторождения. Постепенное увеличение производительности подземных работ привело к снижению мощностей карьеров.

Для отработки подземной части запасов применялись системы разработки подэтажного и этажного принудительного обрушения [12].

Разбуривание и обрушение запасов потолочины осуществлялись ударно-канатными станками, размещенными на дне карьера.

Такая же технология была использована при отработке Уральских железорудных месторождений [13].

Месторождение Абаканских железных руд, расположенное в гористой местности, вытянуто в субширотном направлении. Протяженность рудных тел составляет до 1200 м,

мощность рудных тел изменчива и с глубиной постепенно уменьшается до 20 метров. Рудные тела имеют крутое падение с углами от 70 до 90 градусов. Толщина наносов составляет 5–15 м, вмещающими породами являются туфы, известняки, порфириты. Коэффициент крепости руды 10–14, вмещающих пород – 7–15. Плотность руды – 3,7 т/м³, породы – 2,7 т/м³. Приток воды – 140–220 м³/ч.

На открытых горных работах, которые были начаты в 1957 году, высоту уступов принимали равным 12 м. Месторождение отрабатывалось карьером до 1969 года. При использовании подземной технологии были применены этажно-камерные системы и системы этажного принудительного обрушения. На некоторых участках горные работы велись одновременно в одной вертикальной плоскости с оставлением прочных временных целиков. В этих условиях применяли камерные системы с высотой этажа 80 м.

В качестве отличительных особенностей применения комбинированного способа на этом месторождении можно отметить следующее: подземные выработки использовались в качестве карьерного водоотлива; применение системы с массовым обрушением руды и породы на участках взаимовлияния карьера и подземного рудника было строго ограничено; производство массовых взрывов на открытых и подземных работах осуществлялось в строгом соответствии с утвержденными графиками.

Железорудное месторождение Куржункуль (Республика Казахстан) запроектировано к комбинированной разработке запасов (институт Уралгипроруда). В период завершения открытых горных работ планируется частичное совмещение открытых и подземных горных работ в одной горизонтальной плоскости (согласно проекту 3–5 лет).

Толщина рыхлых отложений (наносов) составляет 15–30 м. В месторождении имеются две рудоносные зоны. Эти рудоносные зоны включают 52 рудных тел, состоящих из магне-

титов. Глубина разведки составляет 700 м. Карьером планируется извлекать 15% общих запасов. Крепость руды от 8 до 10, при ее плотности 3,8 т/м³. Ожидаемый водоприток 700 м³/ч. Карьер будет эксплуатироваться в течение 10–13 лет. Срок службы подземного рудника – 40 лет.

Нижнюю часть месторождения, подлежащую подземной отработке, вскрывают тремя вертикальными стволами, заложенными на фланге месторождения.

Для выемки подземной части запасов были приняты системы этажного принудительного обрушения и подэтажного обрушения. Принятая высота этажа равняется 60 м.

Высокогорное месторождение железных руд, расположенное на юго-западной окраине Нижнего Тагила, разрабатывается с 1720 года. В начале работы велись небольшими карьерами в районе существующего карьера «Главный». По геологическому строению оно относится к сложным месторождениям и делится на два пояса – Восточный и Западный. Рудные тела имеют крутое падение и простираются в северо-западном направлении на 2300 м. Пластообразные и линзообразные железорудные залежи имеют мощность от 2–6 до 15–20 м и более, а залежи сложного строения – до 200 м.

При выемке подземной части запасов месторождения применяют различные системы с массовым обрушением руды, этажного и подэтажного принудительного обрушения, иногда этажно-камерную и систему подэтажных штреков. При этом наиболее часто используют систему этажного принудительного обрушения. Открытые и подземные горные работы ведутся независимо друг от друга, за исключением запасов, залегающих в борту карьера.

Схема ведения открытых и подземных работ на месторождении Высокогорское показана на рисунке 1.7.

На месторождении работы по выемке запасов, расположенных в борту карьера, проводятся с 1957 года. В ходе веде-

ния добычных работ выявлены следующие характерные особенности отработки запасов в борту карьера: значительное ухудшение качества дробления пород в верхней части блока из-за значительной его нарушенности предыдущими взрывами, возникает необходимость проведения специальных расчетов и выбора более эффективной схемы размещения заряда ВВ.

Следует отметить, что при разработке Высокогорского месторождения накоплен достаточно большой опыт по складированию вскрышных пород и пород, получаемых от проходки подготовительных выработок в зоне обрушения. В зоне обрушения дна карьера «Главный» было складировано почти 1 млн м³ пород. Размещение отвалов вскрыши и забалансовой руды во внутрикарьерный отвал привело к тому, что расстояние транспортировки отвалов сократилось с 9000 м до 2000 м, т.е. в 4–5 раз. Это в свою очередь дало значительный экономический эффект.

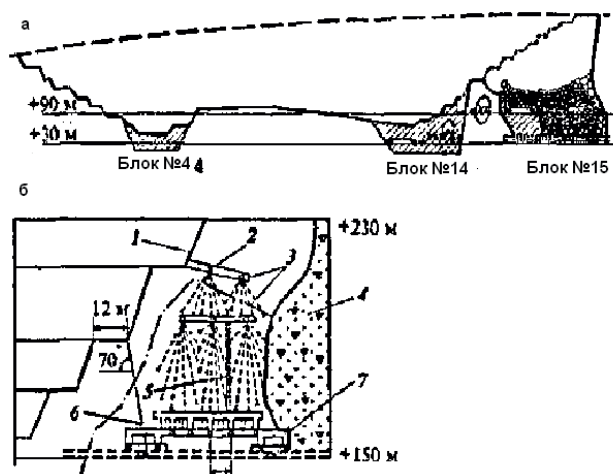


Рис. 1.7. Схема комбинированной разработки Высокогорского месторождения: *а* – продольный разрез; *б* – опытно-экспериментальный блок на гор. +150 м; 1 – контур карьера; 2 – буровая штольня; 3 – буровые орты; 4 – закладочный массив; 5 – отрезной восстающий; 6 – сброс; 7 – аккумулирующий штрек №1.

Рудником «Кируна» (Швеция) разрабатываются железорудные месторождения Луассавара, Ректорн и Кирунавара [14]. Месторождения имеют линзообразные рудные тела, которые простираются на 7000 м в меридиональном направлении, угол падения от 55 до 65 градусов. Средняя мощность рудных тел составляет до 90 м.

Месторождение Кирунавара имеет длину по простиранию 2600–3000 м и более 60 лет отрабатывалось карьером. Глубина карьера при достижении предельного контура составляла 230 м. Добычные работы осуществлялись на уступах высотой 15 м, а на вскрыше применяли 20–30-метровые уступы.

В 1952 году начался переход на подземную разработку, который частично был завершен 1964 году. В результате частичного совмещения открытых и подземных горных работ (в 1957–1964 гг.) производительность рудника увеличивалась на 3 млн т руды.

Вскрытие нижней части месторождения осуществлялось с помощью 12 вертикальных стволов. На участке «Центральный» под одним надшахтным зданием расположены восемь скиповых и один клетевой ствол. В результате такого совмещенного расположения достигается определенное сокращение объема промышленных зданий и сооружений. При этом сумма капитальных вложений тоже значительно сокращается.

При подземной разработке запасов месторождения применяют систему подэтажного обрушения с комплексной механизацией работ на базе самоходной техники.

При разработке этого месторождения переход на подземную технологию был осуществлен без нарушений технологических процессов и особых осложнений.

Таким образом, опыт и практика рудника «Кируна» по переходу на комбинированную разработку месторождений еще раз показывает техническую возможность и экономическую эффективность транспортировки отбитой из карьера горной массы через сети подземных горных выработок.

Рудоуправлением «Бакальский» (РФ, Челябинская область) [15, 16] осуществляется комбинированная разработка железорудного сидеритового месторождения, расположенного на западном склоне Уральского хребта. Рудные тела Ново-Бакальского и Северо-Шиханского месторождений отрабатываются карьером «Ново-Бакальский» и шахтой «Сидеритовая». Рудные тела представляют собой пластообразную рудную залежь мощностью от 25 до 60 м. Угол падения залежей от 45 до 60 градусов.

На подземных горных работах применяются системы этажного принудительного обрушения. При этом отбойка руды осуществляется на вертикальную компенсационную камеру. Доставка руды производится с помощью скреперной лебедки.

В целях повышения показателей извлечения первоначально подземные горные работы велись под потолочиной мощностью 20 м. Создание отрезной щели привело к обрушению потолочного целика с выходом воронки обрушения в карьерное пространство. В результате из-за необходимости снижения аэродинамических связей с поверхностью выпуск обрушенной руды в зимнее время года производился не в полном объеме. Оставшаяся часть обрушенных полезных ископаемых извлекалась только в теплое время года. После выпуска всех обрушенных запасов руды отработанное пространство засыпают пустыми породами.

Для отработки запасов блока №13 была использована система разработки подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды под налегающими вскрышными породами (рис. 1.8, б). В зависимости от конкретной горно-геологической ситуации высота подэтажей составляла от 10–15 до 20 м. Для повышения эффективности применяемой системы разработки над блоками складировали отвал вскрышных пород, высота которого составляла 1–1,3 высоты отбиваемого слоя руды. Подсыпка пород на дно карьера в период выпуска руды позволила обеспечить устойчивость борта карьера и надежную изоляцию подземных выработок.

Таким образом, анализ комбинированной разработки показывает, что для отработки запасов в большинстве случаев используется система подэтажного обрушения руд и вмещающих пород.

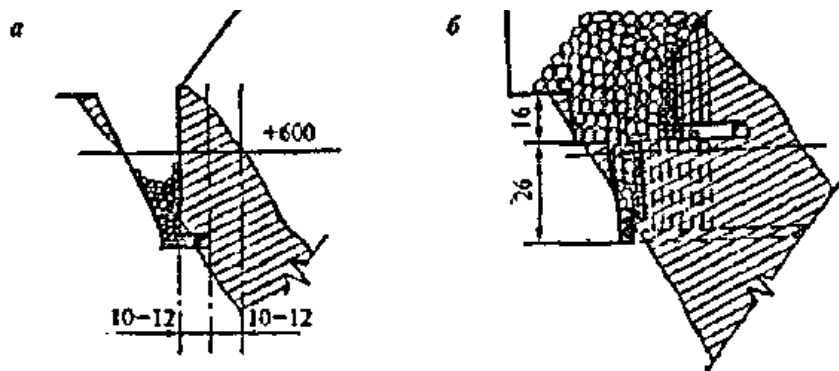


Рис. 1.8. Схема комбинированной отработки запасов Бакальского месторождения: а – блок № 3; б – блок № 13.

Необходимо отметить, что в мировой горнорудной практике по комбинированной разработке рудных месторождений применяется и класс систем с естественным поддержанием очистного пространства.

При этом практика комбинированной разработки показывает [1,2, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, и др.], что удельный вес системы с естественным поддержанием очистного пространства постепенно снижается, и она стала применяться все реже. В большинстве случаев междукammerные, панельные, потолочные и другие рудные целики, предназначенные для поддержания выработанного пространства на продолжительные сроки, со временем считаются потерянными и списываются с баланса предприятия [20]. При организации повторной подземно-открытой комбинированной разработки месторождения из этих оставленных целиков удается извлечь 50–80% руды, а 20–50% запасов безвозвратно теряются. Еще одним существенным недостатком системы

с естественным поддержанием очистного пространства, по мнению исследователей, является «замораживание и обесценивание» громадных объемов капитальных и эксплуатационных затрат. При этом следует отметить, что в таком состоянии на отработанных участках пребывают до 52–67% вскрытых и подготовленных запасов на протяжении многих лет. Это в свою очередь приводит к повышению себестоимости добычи, а финансовые потери возрастают в несколько раз [20].

Дальнейшее развитие комбинированных способов разработки месторождений привело к появлению новой разновидности этого класса системы разработки с естественным поддержанием очистного пространства – системы с открытым карьерно-подземным очистным пространством [20].

Такой класс систем разработки впервые был применен при разработке месторождений кимберлитовых трубок в ЮАР. В качестве примера можно привести схему разработки, использованной на одном из этих месторождений в Южной Африке (рис. 1.9).

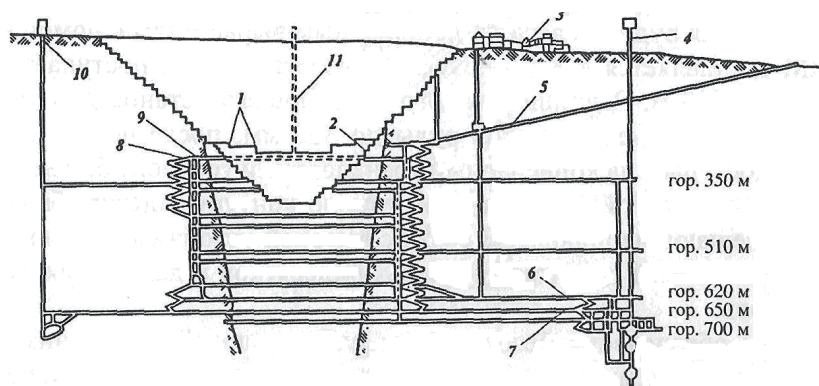


Рис. 1.9. Схема отработки запасов комбинированным способом на руднике «Финш» (ЮАР): 1 – рабочие уступы карьера; 2 – борт карьера в предельном положении; 3 – обогащательная фабрика; 4 – главный ствол; 5 – наклонный ствол; 6 – горизонт дробления; 7 – транспортный горизонт; 8 – вентиляционные восстающие; 9 – рудоспуск; 10 – разведочный ствол; 11 – вентиляционный ствол.

На руднике «Финш» (Finsch) после выемки запасов карьера до глубины 388 м начали отрабатывать из подземных горных выработок прибортовые запасы, затем и подкарьерные запасы руды (рис. 1.10).

Для отработки основных запасов использовали систему подэтажного обрушения руд и вмещающих пород при открытом очистном пространстве. При этом горные работы велись в направлении от центра к флангам. Высота этажа была принята 80 м, буровые и доставочные выработки проходят раздельно. Доставочные выработки пройдены на расстоянии 18 м друг от друга, а буровые заложены на расстоянии 54 м друг от друга. Для отбойки основных запасов этажа использованы круговые веера скважин. Диаметр скважин 115 мм, длина составляет 50 м.

Для доставки отбитой руды к рудоспускам применяются погрузочно-доставочные машины. По рудоспускам руда поступает на нижний (гор. 650 м) горизонт, где сооружены дробилки. Дробленая до требуемого размера (до 300 мм) руда дальше поступает на конвейерный транспорт.

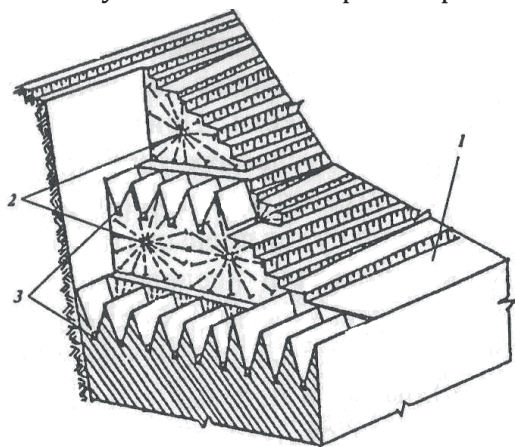


Рис. 1.10. Схема отработки прибортовых запасов на руднике «Финш» (ЮАР): 1 – карьер; 2 – буровые выработки; 3 – погрузочно-транспортные выработки.

В результате выемки запасов руды по контуру отрабатываемой залежи создаются большие площади обнажений высотой иногда более сотни метров.

Следует отметить, что при применении данной схемы для создания безопасных условий отработки все временно не эксплуатируемые подземные выработки, имеющие выход в открыто-подземное пространство, должны быть надежно изолированы. Обеспечение безопасности работающего персонала осуществляется через внедрение системы дистанционного управления из специальных укрытий [20].

Таким образом, как показывает анализ практики применения комбинированного способа разработки месторождений, при последовательном переходе от открытых к подземным горным работам наиболее приемлемой является система разработки с обрушением руд и вмещающих пород.

1.3. Обзор и анализ существующих технологических схем и особенностей выемки подкарьерных запасов рудных месторождений

При комбинированной выемке подкарьерных запасов технология подземных горных работ отличается от обычной и зависит от степени совмещения открытых и подземных работ в пространстве и времени.

При выемке подкарьерных запасов непосредственно под действующим карьером применяются, как правило, системы разработки с закладкой выработанного пространства, а на участках расположенных за контурами карьерного поля, используются в зависимости от горно-геологических условий различные варианты систем этажного и поэтажного принудительного обрушения. Известно, что выбор той или иной системы предопределяется взаимным расположением в пространстве карьерного и шахтного полей и производится в соответствии с существующими методами технико-эконо-

мической оценки. Однако при этом, как правило, не учитываются возможности повышения эффективности подземных работ по выемке подкарьерных запасов за счет использования специфических особенностей комбинированной разработки.

При комбинированной выемке подкарьерных запасов наиболее существенное влияние на эффективность подземных работ (по выемке подкарьерных запасов) оказывают следующие особенности:

1. Использование высокопроизводительного карьерного горно-шахтного оборудования (бурового, транспортного, погрузочного) для подземной отработки подкарьерных запасов.
2. Существующие климатические условия района месторождения и режим отработки выемочных блоков системами с обрушением руды и вмещающих пород в зоне, расположенной под дном карьера.
3. Заполнение выработанного пространства вскрышными породами крупнокусовой фракции или забалансовой рудой.
4. Использование транспортных коммуникаций открытых и подземных работ.
5. Использование принципов геотехнологических методов добычи и др.

При создании технологических схем выемки подкарьерных запасов в условиях перехода от открытых к подземным работам предполагается, что к подземной добыче приступают после завершения открытых горных работ или в момент завершения работ на карьере.

Технологические схемы выемки подкарьерных запасов, совмещающие основные преимущества открытых и подземных способов разработки, предусматривают различные способы контроля и управления состоянием массива. Такие технологические схемы, разработанные с учетом особенностей

технологии комбинированной разработки, позволяют отрабатывать запасы практически в любых горно-геологических условиях, при этом обеспечиваются высокая полнота освоения недр и использование выемочных пространств действующих рудников. Выбор технологической схемы в этих условиях определяется механическими характеристиками и устойчивостью массивов руды и вмещающих пород с учетом геомеханической обстановки на месторождении [28].

Формирование рациональной схемы перехода от открытых к подземным горным работам [20] осуществляется в следующей последовательности:

1. Определение производительности проектируемого подземного рудника.
2. Разработка технологической схемы перехода применительно к конкретным горно-техническим условиям.
3. Выбор и оптимизация параметров элементов технологической схемы перехода.
4. Расчет объемов ресурсов и их распределение во времени.
5. Корректировка производственной мощности, объемов ресурсов и их распределение во времени.
6. Корректировка границ и запасов зоны перехода, технологической схемы перехода.
7. Расчет эксплуатационных и капитальных затрат с распределением по годам.
8. Выбор критерия оценки и принятия решения.

Известно, что производительность подземного рудника устанавливается, исходя из потребности предприятия в сырье с проверкой по горным возможностям. При определении производственной мощности рудника по горным возможностям учитываются ограничения, накладываемые особыми условиями работы в зоне перехода от открытых к подземным горным работам.

Разработка технологической схемы перехода применительно к конкретным горно-техническим условиям производится с использованием типовых технологических схем на основе синтеза элементов открытых и подземных работ [20].

Необходимо отметить, что эффективность подземных и открытых работ в переходной зоне в условиях совместной разработки зависит от следующих факторов:

1. Использование карьерной выемки для вскрытия и подготовки к очистной выемке подкарьерных запасов.
2. Заполнение выработанного пространства породами вскрыши.
3. Использование подземных транспортных коммуникаций для транспортировки руды с нижних горизонтов карьера.
4. Многофункциональное использование подземных выработок (стволов, дренажных горизонтов) карьера.

Следует отметить, что подкарьерные запасы отрабатываются в период освоения месторождения подземным рудником. Подземный рудник вводится в эксплуатацию в период существования карьера. Предельным случаем является ввод рудника в момент доработки карьера. Однако в этом случае остаются нереализованными такие достоинства совместной разработки, как возможность размещения вскрышных пород в выработанном пространстве рудника, использование подземных транспортных коммуникаций для транспортирования полезных ископаемых с нижних горизонтов карьера.

В горнотехнической литературе приводятся различные технологические схемы выемки подкарьерных запасов в условиях перехода от открытых к подземным работам [1].

Ниже, на рисунках 1.11–1.16, приводятся принципиальные условия перехода к подземным работам для крутопадающих месторождений (условные обозначения к рисункам 1.1–1.16: 1 – предельный контур борта карьера, 2 – контур

дна карьера, 3 – прибортовые запасы, 4 – законтурные запасы в борту карьера, 5 – подкарьерные запасы переходной зоны, 6 – запасы переходной зоны выше дна карьера, 7 – запасы шахтного поля, 8 – граница зоны сдвижения, 9 – граница переходной зоны, 10 – запасы в прибортовом треугольнике). На рисунках – 1.11–1.15 показаны типовые варианты расположения подкарьерных запасов в переходной зоне.

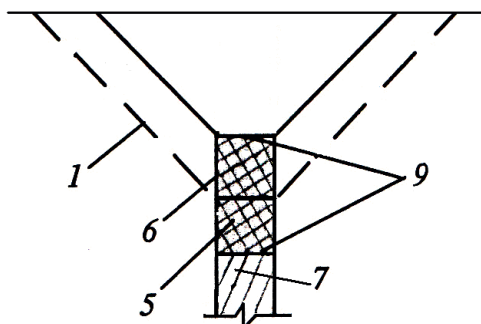


Рис. 1.11. Вариант расположения подкарьерных запасов в переходной зоне.

На рисунке 1.11 показаны условия перехода на подземные работы при отработке подкарьерных запасов, расположенных ниже дна карьера. В данном случае к запасам переходной зоны относятся и подкарьерные запасы, а также запасы выше дна карьера, примыкающие к его контуру и находящиеся в зоне влияния подземных работ. Одновременное ведение открытых и подземных работ предъявляет особые требования к технологии работ в целях поддержания бортов и дна карьера.

На рисунке 1.12 показан типовой вариант расположения подкарьерных и прибортовых запасов и запасов, расположенных выше дна карьера. В данном случае вскрытие и подготовка запасов прибортовой зоны карьера осуществляются из карьерной выемки. Часть запасов переходной зоны выпускается по подземным транспортным выработкам.

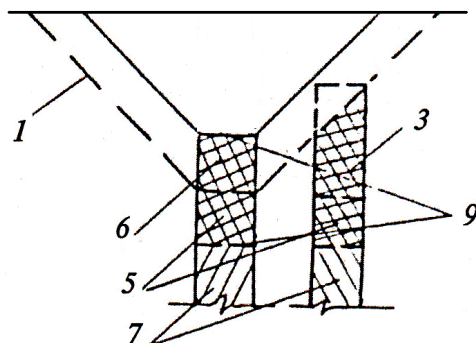


Рис. 1.12. Вариант расположения подкарьерных и прибортовых запасов.

На рисунке 1.13 представлен вариант расположения подкарьерных и законтурных запасов и запасов, расположенных выше дна карьера. Подготовка законтурных запасов, находящихся в борту карьера, осуществляется из карьерного пространства или подземных выработок. Транспорт руды осуществляется по подземным выработкам. В данном случае технология очистной выемки должна обеспечивать на необходимый период устойчивость бортов и дна карьера.

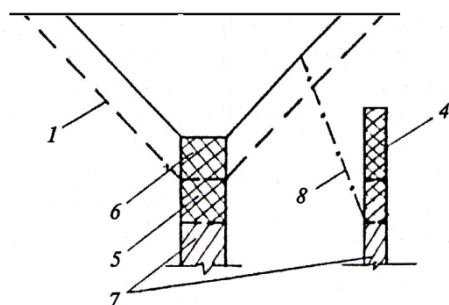


Рис. 1.13. Вариант расположения подкарьерных и законтурных запасов.

При переходе на подземные горные работы в связи с необходимостью поддержания выбывающих мощностей переходной зоны увеличение мощности подземного рудника можно реализовать за счет выемки запасов непосредствен-

ного шахтного поля (рис. 1.14). Выемка этих запасов может вестись более интенсивно, чем запасов переходной зоны. Такой подход можно использовать по всем запасам шахтного поля, при очистной выемке которых нет необходимости проведения специальных технических мероприятий по обеспечению устойчивости выработанного пространства.

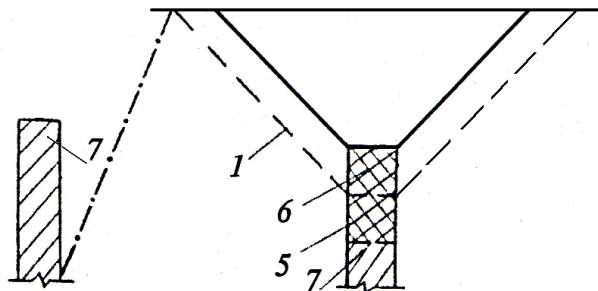


Рис. 1.14. Вариант расположения подкарьерных и шахтных запасов.

Переход от открытых к подземным горным работам в условиях гористой местности показан на рисунке 1.15. Нарращивание мощности подземного рудника обеспечивается путем вовлечения к подземной выемке подкарьерных и шахтных запасов. На период существования карьера поддержание его транспортных коммуникаций должно быть осуществлено с помощью подземных технологий.

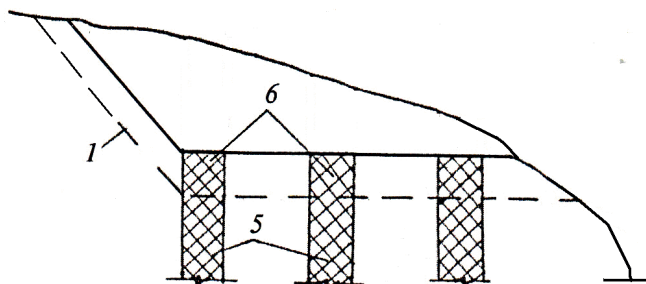


Рис. 1.15. Вариант расположения подкарьерных запасов в гористой местности.

На рисунке 1.16 показан переход от открытых к подземным горным работам с отработкой прибортового треугольника. Выемку прибортовых запасов в этих условиях осуществляют с применением подземных или открыто-подземных технологий. При этом складирование пустых пород во внутрикарьерный отвал в зоне выемки прибортового треугольника позволяет снизить экологическую нагрузку на окружающую среду. Подкарьерные запасы, расположенные ниже прибортового треугольника, отрабатываются с применением подземных технологий.

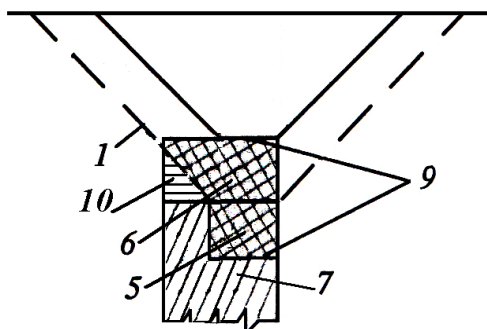


Рис. 1.16. Вариант расположения подкарьерных запасов ниже прибортового треугольника.

Разработка подкарьерных и прибортовых, а также контурных запасов, залегающих в бортах карьеров, не должна вызывать принципиальных трудностей. При этом главными особенностями подземной выемки этих запасов являются:

1. Вскрытие их производится из карьерной выемки непосредственно с бERM уступов штольнями и наклонными съездами.
2. Транспортные потоки руды из подкарьерных участков залежи включаются в транспортные грузопотоки карьера.

3. Возможность складирования вскрышных пород во внутренний отвал в зоне выработанного пространства снижает транспортные затраты и уменьшает площади внешних отвалов.
4. При выемке подкарьерных и прибортовых запасов крепких и устойчивых руд возможно использование выработок большого сечения, позволяющих применять на подземных работах крупногабаритное карьерное оборудование.

Вышеуказанные схемы (рис. 1.11–1.16) относятся к типовым принципиальным условиям перехода на подземные работы. При этом для этих условий рациональное сочетание элементов открытых и подземных технологий в переходной зоне, обеспечивающее безопасное и наиболее эффективное ведение работ по месторождению в переходный период и на перспективу, является главным вопросом перехода от открытых к подземным работам.

Последнее время наблюдается тенденция по разработке принципиально новых технологических схем ведения горных работ с внутрикарьерным размещением пород вскрыши, обеспечивающих наиболее полное совмещение в пределах одного выемочного поля открытых и подземных технологий с достижением полной доработки подкарьерных и прибортовых запасов руд.

При применении комплексного способа с открыто-подземным ярусом для доработки подкарьерных запасов, без разноса бортов карьера, с размещением текущих объемов вскрыши во внутренний отвал, резко снижаются затраты на добычу руды и уровень нарушения окружающей природной среды. Кроме того, внутрикарьерный отвал вскрышных пород, размещаемый в зоне обрушения, позволяет повысить устойчивость открыто-подземного яруса.

На основе практики разработки подкарьерных и прибортовых запасов установлены следующие принципы формиро-

вания технологических схем выемки подкарьерных и прибортовых запасов:

1. Совместное использование существующих выработок, сооружений, поверхностных комплексов и транспортных коммуникаций открытых и подземных работ.
2. Применение комплексных схем вскрытия, основанных на широком использовании карьерной выемки для вскрытия и подготовки к очистной выемке подкарьерных запасов.
3. Использование при выемке подкарьерных и прибортовых запасов высокопроизводительного карьерного горно-шахтного (бурового и погрузочно-транспортного) оборудования.
4. Применение перспективных комбинированных технологий, основанных на различных сочетаниях технологических элементов открытых и подземных работ.
5. Заполнение образующегося единого выработанного пространства и зон обрушения вскрышными породами.
6. Применение высокопроизводительных и безопасных вариантов систем подземной разработки.

ГЛАВА 2. СПОСОБЫ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ

2.1. Способ комбинированной разработки рудных тел с высокой изменчивостью контура

Анализ литературных источников показывает, что основным фактором, осложняющим повторение контура рудного тела, является отсутствие обнаженной поверхности по направлению отбойки и необходимого компенсационного пространства [23].

Уменьшение интервалов спрямления контура рудного тела возможно путем создания обнаженной поверхности для приконтурных участков за счет посекционного разбуривания слоя, раздельного взрывания и частичного выпуска в предыдущей секции. На таком принципе разработан способ комбинированной отработки рудных тел с высокой изменчивостью контура рудного тела (рис. 2.1) [23]. В основу данного способа заложен способ подземной разработки рудных тел с высокой изменчивостью контура рудного тела. Сущность способа заключается в опережающей отбойке секций у контуров рудного тела с целью создания для приконтурных участков обнаженной поверхности. Затем отбивается оставшаяся часть слоя.

Отработка производится следующим образом [23]. После завершения открытых горных работ из карьера разбуриваются скважины параллельно контуру рудного тела на расстоянии 4–6 м от лежачего бока и до подземного буро-достачного горизонта. Оставшуюся часть слоя, расположенную у висячего бока, обуривают из подземной выработки. При этом граница отбойки между двумя секциями располагается параллельно контуру лежачего бока рудного тела. Первым взрывается слой, обуренный из подземной выработки. Для

создания необходимого разрыхления руды производят частичный выпуск (15–20% от запасов секции) из подземной выработки. Затем взрывают оставшуюся часть у лежачего бока. Отбойку второй секции, обустроенную из карьера, производят на образованную обнаженную поверхность короткозамедленно, увеличивая интервал замедления между рядами скважин от обнаженной поверхности к контуру. По окончании отбойки всего слоя производят выпуск руды и переходят на следующий слой.

Отбойка и выпуск руды при расположении двух (разрез II-II) и более двух (разрез III-III) панелей в пределах отрабатываемой мощности показаны на рисунке 2.1. Для приме-

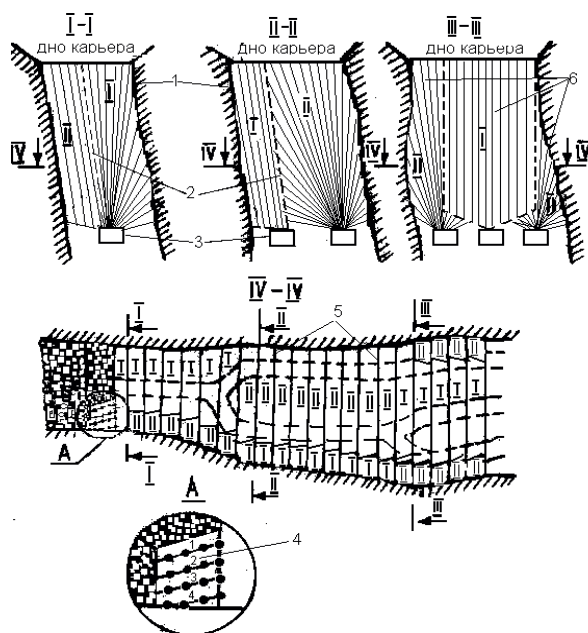


Рис. 2.1. Способ комбинированной отработки рудных тел сложного строения: I, II – порядок отработки секций в слое; 1 – контур рудного тела; 2 – граница отбойки между секциями; 3 – буро-доставочные выработки; 4 – интервалы замедления при короткозамедленном взрывании; 5 – границы слоев; 6 – скважины.

нения данной схемы отбойки необходимо обеспечить рациональное размещение буро-выпускных выработок относительно контуров промышленного оруденения. В этом отношении схема с расположением буро-выпускных выработок на одном ярусе по высоте подэтажа менее удобна для размещения выработок по условиям выпуска руды. Наличие у контура только одной буровой выработки, из которой может быть обустроен приконтурный участок, также затрудняет повторение формы контура в слое по его высоте, особенно со стороны лежащего бока [23].

В целях рационального размещения буро-выпускных выработок относительно контуров рудного тела и повторения формы контура в слое по его высоте, особенно со стороны лежащего бока, предлагается [23] схема отбойки с размещением буро-выпускных выработок на двух ярусах и бурением скважин из карьера и из подземных выработок (рис. 2.2).

В данном случае наличие двух ярусов буро-выпускных выработок позволяет более качественно повторять изменчивые контуры рудного тела за счет большей степени свободы в выборе порядка разбуривания и отбойки приконтурных участков слоя. Принцип создания обнаженной поверхности в слое аналогичен вышеприведенной схеме отбойки. При этом наличие двух ярусов позволяет уменьшить интервал спрямления выемочного контура при отбойке по падению в два и более раз относительно наклонной высоты подэтажа.

Отбойка слоя по этой схеме начинается с секции, разбуренной из карьера, имеющей по направлению отбойки обнаженную поверхность. Затем производят частичный выпуск руды отбитой секции в объеме, обеспечивающем качественное разрыхление отбитой руды, но не допускающем развития воронки внедрения налегающих пород (15–20% от объема секции). В последнюю очередь отбиваются секции, расположенные у контуров рудного тела.

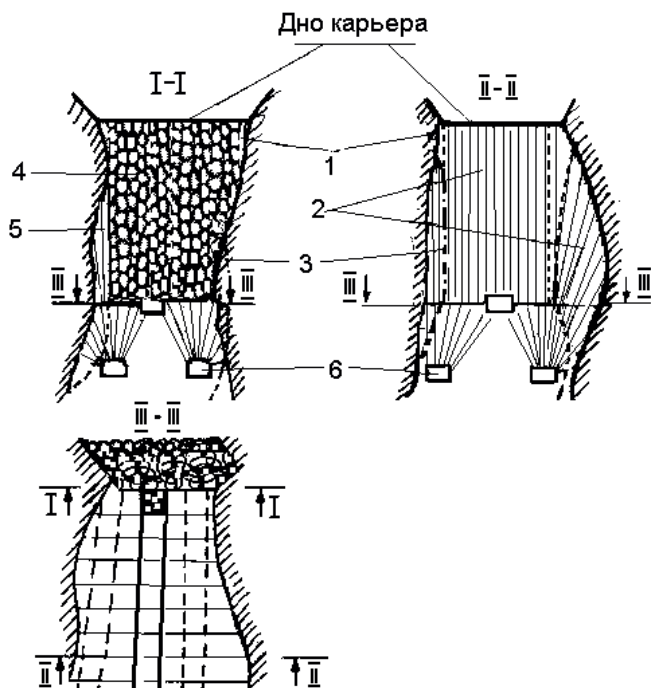


Рис. 2.2. Схема отбойки с размещением буровыпускных выработок на двух ярусах и бурением скважин из карьера и подземных выработок: 1 – контур промышленного оруденения; 2 – скважины, пробуренные из карьера и подземных выработок; 3 – границы обнаженной поверхности; 4 – отбитая секция слоя из выработки верхнего яруса (пробуренная из карьера); 5 – приконтурная секция, отбиваемая во вторую очередь из подземных выработок; 6 – буровыпускные выработки нижнего яруса.

Если приконтурные секции не имеют обнаженной поверхности по направлению отбойки, то подбором интервалов замедлений в них отбойка ориентируется на обнаженную поверхность, полученную при отбойке предыдущей секции. После отбойки запасов всего слоя производят выпуск руды из обоих ярусов одновременно [23].

2.2. Способ комбинированной отработки рудных тел с породными прослоями

Наличие породных прослоев различной мощности в рудных телах усугубляет сложное строение нагорных рудных месторождений. Как показывает анализ практики отработки сложных месторождений, большая часть породных прослоев мощностью от 3 до 10 метров вынимается вместе с рудой.

Стремление повторить геологический приближенный контур породного прослоя при отбойке приводит к затяжке очистного пространства. В результате 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 ее выпуска из-за снижения содержания полезных компонентов в отбитой руде. Разубоживание от включения породных прослоев зависит от их удельного веса. При существующей технологии и выделение породных прослоев, и их включение в отработку приводят к значительным потерям и разубоживанию. При отработке рудных тел с породными прослоями под дном карьера выемка одного из рудных тел сопровождается разрушением породных прослоев, которые извлекаются вместе с рудой.

Для обеспечения устойчивости оставляемых породных прослоев предлагается технология комбинированной отработки рудных залежей с породными включениями [23], сущность которой заключается в том, что при достижении последнего уступа рудное тело всяческого бока продолжают отрабатывать открытым способом, а рудная залежь со стороны лежачего бока подготавливается к отработке подземным способом (рис. 2.3). При этом верхняя часть породного слоя, расположенная в контуре карьера, вынимается открытым способом.

После достижения граничных контуров карьера отработку рудного тела висячего бока прекращают и приступают к отбойке и выпуску руды лежачего бока. Одновременно подготавливают к подземной отработке 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, обрабатываемого во вторую очередь, необходимо расположить таким образом, чтобы прослой остался за пределами зоны выпуска.

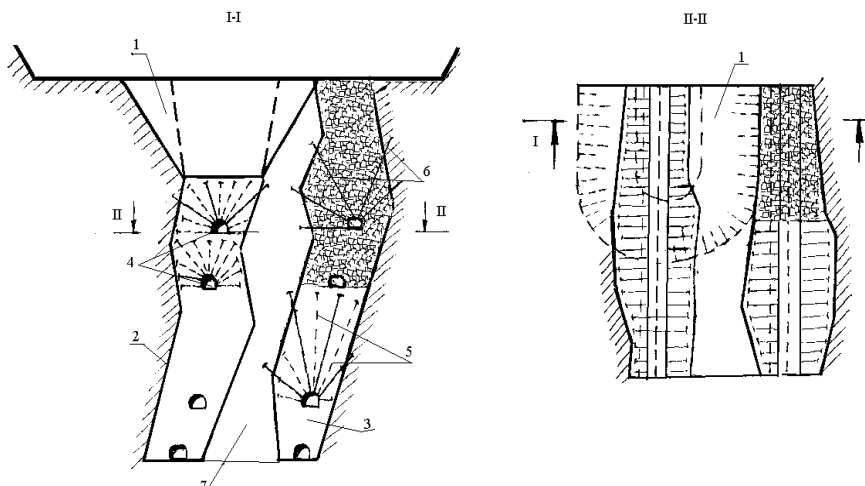


Рис. 2.3. Схема выделения породного прослоя: 1 – контур карьера; 2 – контур промышленного оруденения; 3 – контур очистного пространства; 4 – буровыпускные выработки; 5 – эксплуатационные скважины; 6 – разведочно-эксплуатационные скважины; 7 – породный прослой.

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 выше описанной технологии.

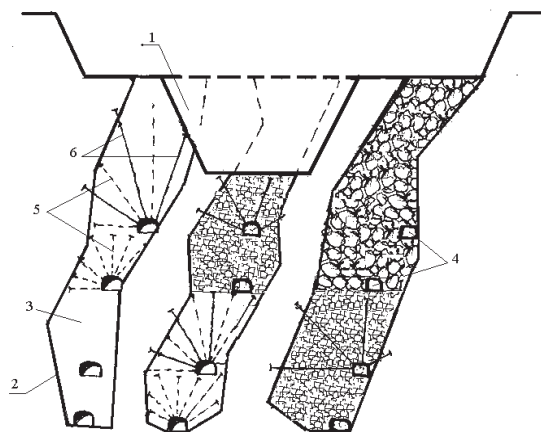


Рис. 2.4. Схема выделения породного прослоя при разработке более двух рудных тел: 1 – контур карьера; 2 – контур промышленного оруденения; 3 – контур очистного пространства; 4 – буровыпускные выработки; 5 – эксплуатационные скважины; 6 – разведочно-эксплуатационные скважины.

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 способ комбинированной отбойки рудных тел, разделенных породными прослоями (рис. 2.5) [23].

После достижения карьером границы открытой разработки бурение и отбойка верхней части рудных тел 1 осуществляются из карьера с использованием мощного карьерного 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.

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. Заполнение выработанного пространства забалансовой рудой на высоту 7–10 м, а затем – пустыми породами крупнокусковой фракции позволяет предохранять запасы от излишнего разубоживания при будущей подземной отработке.

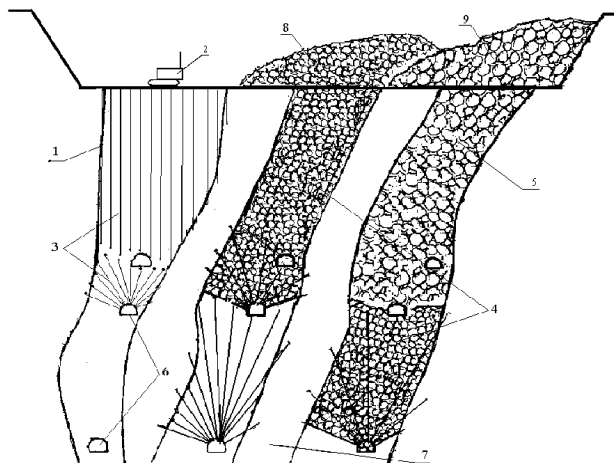


Рис. 2.5. Схема комбинированной разработки рудных тел, разделенных породными прослоями: 1 – контур рудного тела; 2 – буровой станок; 3 – эксплуатационные и эксплуатационно-разведочные скважины; 4 – обрушенная руда; 5 – обрушенные породы; 6 – буро-выпускные выработки; 7 – породный прослой; 8 – забалансовая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

2.3. Способ комбинированной разработки прибортовых запасов

В настоящее время большинство мощных рудных месторождений отрабатывается открыто-подземным комбинированным способом, а выемка 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 теряется 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 [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и др.].

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.

Существующие способы разработки полезных ископаемых в прибортовой зоне карьера [29] включают формиро-

вание 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.

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.

Предлагаемый новый способ при его применении позволяет снизить затраты времени и средств на выемку полезного ископаемого прибортовой зоны, обеспечивает устойчивое состояние борта карьера и повышает безопасность горных работ. В данном случае в качестве идейной основы приняты вышеизложенные способы [29, 30] комбинированной разработки запасов прибортовой зоны.

На рисунке 2.6 показан рекомендуемый способ комбинированной разработки полезного ископаемого в прибортовой зоне карьера, где на фигуре 1 представлена схема разработки полезного ископаемого по простиранию, разрез по Б–Б, на фигуре 2 – разрез по А–А, на фигуре 3 – разрез по В–В [31].

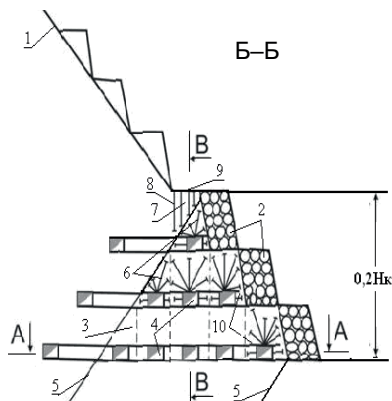
Способ осуществляется следующим образом. После достижения карьером 1 проектных контуров и формирования нерабочего борта осуществляют пригрузку борта ярусами внутреннего отвала 2. В данном случае в качестве материала внутреннего отвала целесообразно использование балансовой руды крупнокусковой фракции. После формирования внутреннего отвала приступают к вскрытию запасов полезного ископаемого 3, находящегося в прибортовой зоне

карьера. Вскрытие осуществляют горизонтальной горной выработкой, пройденной на уровне транспортной бермы верхнего яруса. Из горизонтальной горной выработки по простиранию полезного ископаемого проходят буро-доставочные выработки 4 до границ полезного ископаемого 5. Выемка запасов полезного ископаемого производится системой подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды. Отбойку полезного ископаемого осуществляют с помощью веерообразных скважин 6, пробуренных из буро-доставочной выработки. После отбойки и частичного выпуска руды приступают к принудительному обрушению кровли 7, причем кровля будет обрушена скважинами 8, пробуренными с транспортной бермы 9 по разреженной сетке. В случаях когда мощность полезного ископаемого, позволяет разместить несколько панелей, первой отбивается панель 10, расположенная со стороны борта карьера. По мере отбойки и выпуска руды осуществляют подсыпку пород во внутренний отвал 2. Вскрытие нижней части запасов полезного ископаемого прибортовой зоны производят с помощью горизонтальных горных выработок, пройденных на уровне ниже лежащих витков транспортной бермы.

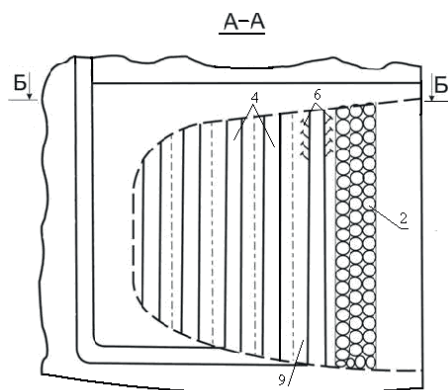
Отбойка и выпуск отбитых запасов полезного ископаемого 11, залегающего в нижней части прибортовой зоны, осуществляются горизонтальными буро-доставочными выработками 12.

При применении данного способа первоочередная отбойка панели, расположенной со стороны пригрузки борта карьера, обеспечивает создание дополнительной обнаженной поверхности, а проведение горизонтальных буро-доставочных выработок по простиранию полезного ископаемого сокращает количество подготовительно-нарезных выработок. В данном случае для принудительного обрушения пород кровли с транспортной бермы используется более разреженная сетка скважин, что позволяет получить крупнокусковую породную массу с высоким коэффициентом разрыхления,

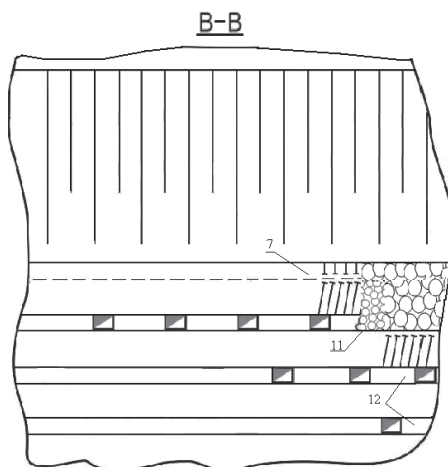
которое снижает затраты на бурение и зарядание скважин и предотвращает фильтрацию породной массы при выпуске запасов полезного ископаемого.



Фигура 1



Фигура 2



Фигура 3

Рис. 2.6. Способ комбинированной разработки полезного ископаемого в прибортовой зоне карьера: 1 – проектный контур карьера; 2 – ярусы внутреннего отвала; 3 – запасы полезного ископаемого; 4 – буро-доставочные выработки; 5 – границы полезного ископаемого; 6 – скважины, пробуренные из буро-доставочной выработки; 7 – породы кровли; 8 – скважины, пробуренные из карьера; 9 – транспортная берма; 10 – панель; 11 – запасы полезного ископаемого, залегающие в нижней части прибортовой зоны; 12 – горизонтальные буро-доставочные выработки нижних подэтажей, H_k – высота карьера [32].

из карьера; 9 – транспортная берма; 10 – панель; 11 – запасы полезного ископаемого, залегающие в нижней части прибортовой зоны; 12 – горизонтальные буро-доставочные выработки нижних подэтажей, H_k – высота карьера [32].

Отработка полезного ископаемого прибортовой зоны осуществляется системой подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды, что позволяет использовать высокопроизводительное самоходное горное оборудование. При применении предлагаемого способа заполнение выработанного пространства забалансовой рудой крупнокусковой фракции и пустыми породами позволяет получить экологический эффект за счет снижения площадей внешних отвалов.

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 отбываемых 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.

В процессе выпуска руды нижняя часть предохранительной подушки формируется отбитыми рудами путем их недовыпуска на подэтажах, расположенных на границе открыто-подземных работ. Оставшаяся часть предохранительной подушки будет формироваться за счет обрушения уступов карьера и доставки в выработанное пространство пустых пород из отвалов с таким расчетом, чтобы крупность кусков пустых пород в 2–3 раза превышала крупность кусков отбитой руды. Это позволит получить при выпуске в приграничных с карьером подэтажах рудную массу, не смешанную с пустой породой. При этом общие затраты на добываемое

полезное ископаемое будут незначительными по сравнению с затратами, связанными с формированием предохранительной подушки из пустых пород.

Необходимо отметить, что при создании внутреннего отвала из забалансовой руды (рудная предохранительная подушка) часть отбитой руды на некоторое время остается невыпущенной, то есть относится к потерям. Однако, затем, при увеличении толщины породной подушки за счет разрушения бортов карьера и доставки в выработанное пространство пустых пород, оставшаяся невыпущенной рудная масса выпускается.

Таким образом, рудная предохранительная подушка не будет потеряна. Эти запасы можно считать временно потерянными. Формирование предохранительной рудной подушки из забалансовой руды при использовании предлагаемого способа является положительным фактором, так как в данном случае процесс разубоживания отбитой руды начнется значительно позже.

2.4. Способ комбинированной отработки подкарьерных запасов

Преимущества комбинированного открыто-подземного способа разработки месторождений обеспечили то, что в последнее время в мировой горнорудной практике этот способ разработки получает все более широкое распространение.

При этом дальнейшее расширение области применения комплексного открыто-подземного комбинированного способа разработки твердых полезных ископаемых должно идти по пути совершенствования и создания новых ресурсосберегающих технологий добычи с рациональным использованием недр и улучшением охраны окружающей среды. В то же время мало работ, направленных на исследование работы единого комплекса: карьер – подземный рудник – обогати-

тельная фабрика, что препятствует решению вышеуказанной проблемы. В этих условиях требуется решить следующие задачи: определение границ и последовательности применения открытого и подземного способов; взаимоувязка работы карьера, подземного рудника и обогатительной фабрики путем создания наилучших условий для металлургического завода; обоснование совместной или раздельной выемки; выбор оптимальной производственной мощности; выбор и создание новых систем разработки, обеспечивающие повышение полноты и комплексности использования запасов; улучшение качества добываемой рудной массы.

Решение этих задач должно быть направлено на значительное повышение эффективности работы горнодобывающих предприятий с учетом улучшения использования недр и охраны окружающей среды [4, 2, 7, 8 и др.]. Добыча полезных ископаемых, залегающих в сложных горно-геологических условиях, характеризуется большими затратами на разведку, добычу и переработку, увеличиваются потери и разубоживание руды, ухудшаются качества добываемой рудной массы из-за примешивания вредных для флотации пород, интенсивность горных работ снижается. Анализ литературных источников и опыта технологии комбинированной разработки месторождений показывает, что в последнее время практически во всех отраслях происходит снижение (на 1,5-2,5% в год) содержания полезных компонентов в добываемых полезных ископаемых, увеличиваются эксплуатационные и капитальные затраты на их добычу и переработку, а цены на металлы при этом снижаются [20].

В то же время увеличение объемов внешних отвалов привело к резкому возрастанию отрицательного воздействия горных работ на окружающую среду. Положение усугубилось в последние годы, когда из-за роста затрат, низких цен на металлы и дефицита инвестиций многие горные предприятия без достаточного научного обоснования стали отказывать-

ся от части запасов, снизили производственные мощности и оказались нерентабельными.

В работе [20] отмечается, что при системном и комплексном научном подходе с учетом требований рынка имеются большие возможности для изменения этого положения, приведения в действие огромных ресурсов (запасов и производственных мощностей горных и перерабатывающих предприятий) и улучшения состояния окружающей природной среды.

До настоящего времени освоение месторождений в большинстве случаев осуществлялась на основе отдельных и не взаимосвязанных между собой проектов на открытую и подземную разработку запасов, и в результате преимущества комплексной комбинированной разработки месторождений оставались не полностью реализованными [4, 2 и др.].

В настоящее время во многих месторождениях Кыргызской Республики предусматривается применение комбинированного способа разработки, что требует решения актуальной задачи, заключающейся в создании новых рациональных и эффективных технологий освоения месторождений твердых полезных ископаемых, расположенных в сложных горно-геологических условиях.

Известен способ разработки крутопадающих рудных тел [33], включающий проходку буровых выпусков, выработку, разделение рудной залежи на выемочные блоки, смещенные относительно друг друга по простиранию, вкрест простирания и высоте в шахматном порядке, отбойку руды блока из подземных буровых выпусков веерами взрывных скважин, торцевой выпуск руды из буровых выпусков одновременно с разных сторон.

Недостатки способа: значительные затраты на бурение вееров взрывных скважин из подземных буровых выпусков, предназначенных для принудительного обрушения запасов верхнего этажа; способ предназначен только для подземной отработки запасов.

Этих недостатков лишен предлагаемый способ комбинированной разработки крутопадающих рудных тел (рис. 2.7) [34].

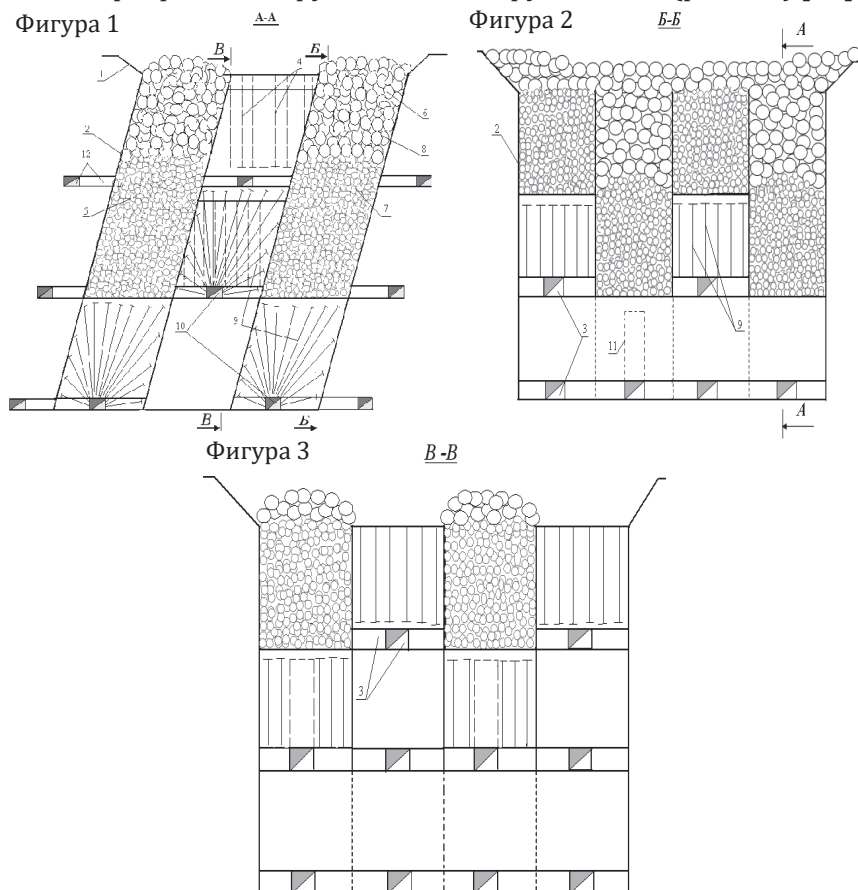


Рис. 2.7. Способ комбинированной разработки крутопадающих рудных тел: на фигуре 1 представлена схема разработки рудного тела по простиранию, разрез по А-А, на фигуре 2 разрез по Б-Б, на фигуре 3 разрез по В-В; 1 – проектный контур карьера; 2 – контур рудного тела; 3 – буровые выработки; 4 – скважины, пробуренные со дна карьера; 5 – обрушенная руда; 6 – породы внутреннего отвала; 7 – нижние подэтажи; 8 – отработанные панели верхнего подэтажа; 9 – скважины, пробуренные из буровых выработок; 10 – буровые выработки нижних подэтажей, 11 – отрезной восстающий, 12 – подготовительно-нарезные выработки.

Получено решение о выдаче патента на изобретение №1572 «Способ комбинированной разработки крутопадающих залежей полезных ископаемых». В качестве идейной основы использован способ разработки крутопадающих залежей, приведенный в работе [33]. Способ осуществляется следующим образом.

После достижения карьером 1 проектных контуров карьера приступают к проходке под его дном по простиранию и вкрест простирания рудного тела 2 подземных подготовительно-нарезных 12 и буровыпускных выработок 3, одновременно со дна карьера производят бурение параллельных взрывных скважин 4. Запасы, подлежащие к выемке, делятся на выемочные блоки. Отработка блоков при этом производится с применением системы подэтажного обрушения руды и вмещающих пород. С целью создания обнаженной поверхности и компенсационного пространства из буровыпускных выработок проходится отрезной восстающий 11, который расширяется до отрезной щели. Для отбойки на отрезную щель из буровыпускных выработок бурятся веера скважин 9. После отбойки и частичного выпуска обрушенной руды 5 верхнего подэтажа производится заполнение выработанного пространства панели забалансовой рудой или породами внутреннего отвала 6. При этом на каждом уровне отбиваются и выпускаются запасы каждой второй панели. При переходе на отработку нижних подэтажей 7 панели нижележащего подэтажа располагаются под отработанной панелью 8 верхнего подэтажа. При этом запасы панелей нижележащего подэтажа отбиваются веерами скважин 9, пробуренными из подземных буровыпускных выработок 10. По мере отбойки и выпуска руды выработанное пространство панелей заполняют породами внутреннего отвала или забалансовой рудой 6.

При применении данного способа бурение параллельных скважин со дна карьера с использованием мощных карьер-

ных станков снижает затраты времени и средств на выемку запасов полезного ископаемого верхнего подэтажа, количественные и качественные потери полезного ископаемого при этом уменьшаются. Отработка подкарьерных запасов полезного ископаемого осуществляется системой подэтажного обрушения с торцевым выпуском руды, что позволяет использовать самоходное горное оборудование. Из-за сравнительно больших объемов одновременно отбиваемой и выпускаемой руды повышается производительность погрузочно-доставочного (особенно скреперного) оборудования. Заполнение выработанного пространства панелей бедными отвальными породами и забалансовой рудой позволяет снизить экологическую нагрузку на окружающую среду за счет снижения площадей внешних отвалов.

2.5. Способ выемки прибортовых запасов с закладкой

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

Отработка таких запасов затруднена в связи с резким ростом количественных и качественных потерь ценной руды. Часть руды безвозвратно теряется в недрах, полученная руда смешивается с пустыми породами, за счет этого снижается качество 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 интенсифи-

фицировать работы по добыче полезных ископаемых. Из-за конструктивных особенностей системы с обрушением значительно снижается и себестоимость добычи руды.

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» [35].

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 обеспечение 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 выработок позволяет обеспечить устойчивость бортов и дна карьера. В этих условиях предпочтение отдается твердеющей закладке, так как твердеющая закладка

наиболее полнозаполняет выработанное пространство, что обеспечивает 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, что обуславливает 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 предъявляют особые требования к способам извлечения законтурных запасов полезного ископаемого, в том числе и в охранных целиках карьеров» [36].

Опыт применения комбинированных способов показывает, что строение и форма 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-экономических показателях и при подземной добыче полезных ископаемых.

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

Анализ рынка развития добычи и разведки золота в мире за последние 30 лет показывает, что тенденции производства золота одинаковы. Как на увеличение, так и на умень-

шение его производства. 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» [36].

Рудник «Пихосальми» в Финляндии осуществляет комбинированную разработку запасов полиметаллических руд. Запасы, залегающие под дном карьера, отрабатываются системой горизонтальных слоев с закладкой [37].

Комбинированный способ разработки применяется и на Гороблагодатском месторождении (Россия). Рудные тела большой мощности имеют наклонное падение [38]. 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 [38].

«Запасы, расположенные под дном карьера на Ново-Бакальском карьере (Россия), отрабатываются с применением слоевой системы с закладкой выработанного пространства» [15, 36]. 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» [39]. 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» [40, 41].

Анализ практики комбинированной отработки месторождений показывает [40, 42, 38, 37], что при применении систем с закладкой повышаются качественные и количественные показатели извлечения полезного ископаемого из недр, улучшается полнота извлечения запасов. Использование закладочных материалов для заполнения выработанного пространства позволяет поддерживать земную поверхность без деформаций и оседаний. В этих условиях отходы горного производства могут быть применены в качестве закладочного материала, что уменьшит 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 полезного ископаемого с закладкой возмещается наиболее полным его извлечением и меньшим уровнем разубоживания ценной руды. При отработке запасов рудных тел с породными включениями появляется 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 [43].

Ниже приводится способ слоевой выемки рудных тел с последующей закладкой (рис. 2.8).

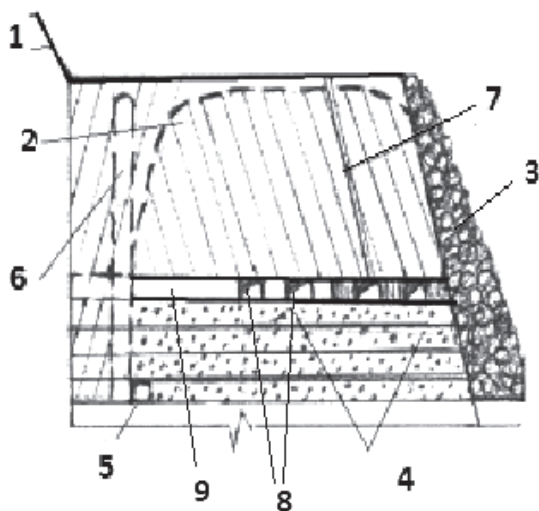


Рис. 2.8. Способ отработки прибортовых запасов с закладкой при комбинированной разработке месторождений: 1 – контур карьера; 2 – рудное тело; 3 – внутрикарьерный отвал; 4 – закладочный массив; 5 – откаточный штрек; 6 – вентиляционно-закладочный восстающий; 7 – скважины для подачи материалов; 8 – очистные 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 горизонтальной откаточной 5 горной выработки 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 заходов 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, повышения безопасности работ.

ГЛАВА 3. ГЕОТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ

3.1. Технология добычи подкарьерных запасов при комбинированной отработке мощных крутопадающих рудных 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 [23].

Система подэтажного обрушения получила широкое распространение 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 системы подэтажного обрушения 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 обеспечивают 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 [23].

Анализ способов отработки подкарьерных запасов показывает, что в последнее время на ряде рудников после полного завершения открытых горных работ применяют систему подэтажного обрушения для отработки залежей полезного ископаемого под дном карьера [18, 20, 22, 44, 45, 46, 47, 48].

«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» [53].

При этом характерной особенностью применения системы подэтажного обрушения под дном карьера является частичное обрушение его бортов. 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 поэтажного обрушения применяется в самых различных горно-геологических условиях и имеет чрезвычайно большое многообразие вариантов и модификаций. Так, 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 поэтажных 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. Достоинствами этой технологии являются также одностадийность выемки, простота конструкции, небольшой объем подготовительно-нарезных работ [44, 49, 50, 51, 52]. 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 м³/чел.-смену (в 3–5 раза), на очистных – до 20–30 м³/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, данная технология принята для отработки подкарьерных запасов.

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

При этом обоснованы 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 [44]. 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 [45] комбинированной разработки мощных рудных тел, включающий применение разделяющего перекрытия на открытых горных работах.

Недостатками данного способа являются, во-первых, относительно большие потери и разубоживание руды и, во-вторых, отсутствие отработки предохранительного целика между проектным контуром карьера и подземными горными работами.

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

Также известен способ [46] комбинированной разработки мощных крутопадающих рудных тел, включающий выемку руды открытыми работами до проектной отметки дна карьера, подготовку буро-доставочного горизонта в направ-

лении 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 являются 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 [52]. Он может быть использован при комбинированной разработке ограниченных по простиранию мощных крутопадающих тел. Сущность способа состоит в следующем (рис. 3.1). В период проектирования

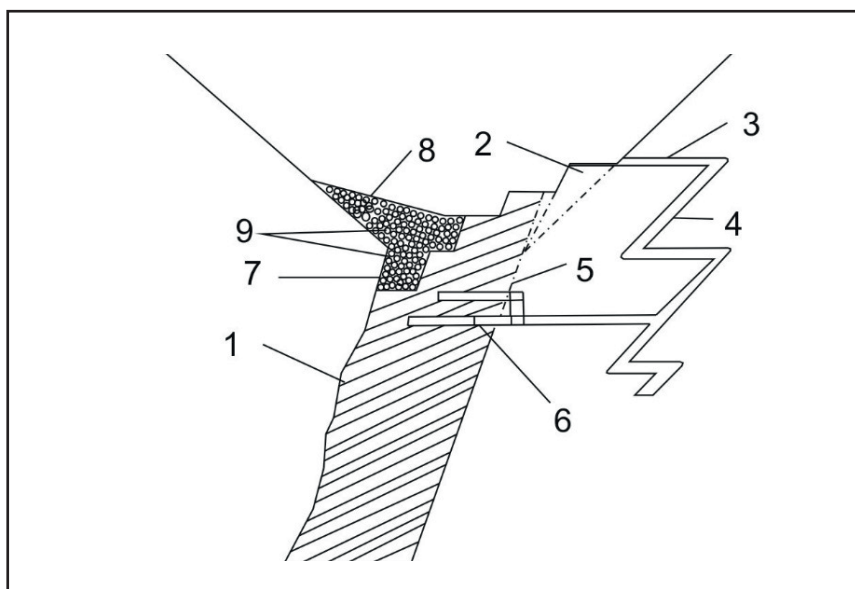


Рис. 3.1. Технология отработки подкарьерных запасов подэтажного обрушения мощных крутопадающих рудных тел: 1 – рудное тело; 2 – породный целик; 3 – штольня; 4 – спиральный съезд; 5 – буровая выработка; 6 – доставочная выработка; 7 – отрезная щель; 8 – внутрикарьерный отвал, 9 – ????????

месторождение делится на три яруса: открытый (Но); открыто-подземный (Но-п); подземный (Нп). Месторождение отрабатывается до нижней границы открытого яруса открытым способом с внешним отвалообразованием. На границе открытого и открыто-подземного ярусов со стороны лежащего 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.

В период подготовки подкарьерных запасов в пределах открыто-подземного яруса проходят буровые 5 и доставочные 6 выработки. От буро-доставочного 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 разному 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 осуществляют из буровой выработки и из карьера.

Запасы, залегающие под дном карьера, отрабатывают 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 складировать во внутрикарьерный отвал.

3.2. Геотехнология 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, требует 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 неустойчивости 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 станет еще актуальнее вследствие перехода на глубокие горизонты [54].

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» [54].

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: 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 являются преимуществами 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 [42, 45, 55–71] нами разработана технология отработки подкарьерных запасов, включающая применение гибкого разделяющего перекрытия с внутрикарьерным отвалообразованием [72].

Сущность технологии заключается в следующем. При комбинированной разработке рудных тел горизонты ниже проектного дна карьера отрабатываются системой подэтажного обрушения с применением гибкого разделяющего пе-

рекрытия и одновременным складированием вскрышных пород из внешних отвалов и пород от проведения вскрывающих и подготовительных подземных выработок внутри карьера (рис. 3.2), 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, 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 его бортов с одновременной закладкой выработанного пространства пустыми породами.

Способ предназначен для отработки пологих и наклонных залежей мощностью свыше 12–15 м. Технология включает элементы систем камерно-столбовой и подэтажного обрушения. Первой создается отрезная щель с отработкой слоя руды мощностью 2,5–3,5 м на контакте с висячим боком залежи, второй отрабатывается оставшаяся часть запасов. При выемке монтажного слоя оставляют временные целики по выбранной сетке.

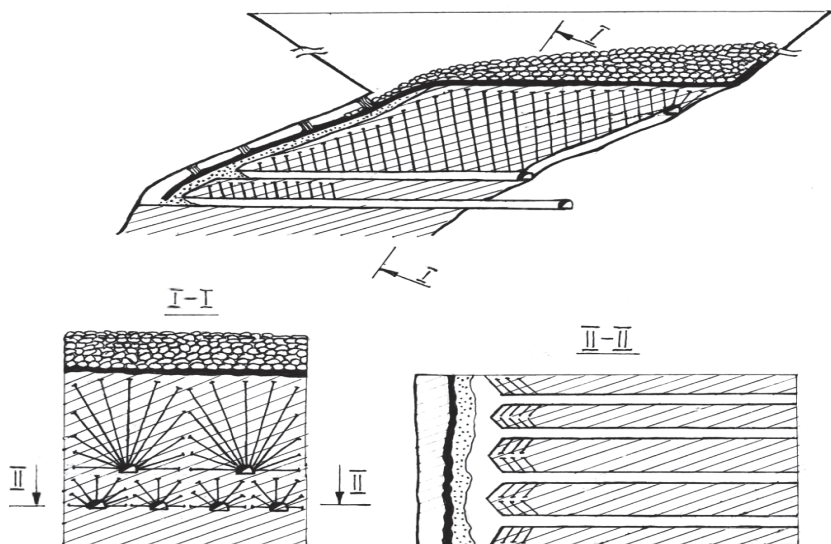


Рис. 3.2. Технология обработки подкарьерных неустойчивых рудных тел: 1 – буровая выработка; 2 – доставочная выработка; 3 – отрезная щель; 4 – отбитая руда монтажного слоя; 5 – разделяющее перекрытие; 6 – карьер; 7 – отвал пустых пород; 8 – подсечка; 9 – скважина; 10 – наклонная выработка; 11 – скважина; 12 – временные целики.

После отработки 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 градусов. 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 при комбинированной разработке 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 одну-две восстающие выработки, 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, необходимой 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 10–15 см. Площадь перекрытия должна превышать не менее чем на 20% площадь 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 8–10 мм. Куски троса и его концы вокруг каждого целика соединяются жимками.

Общие затраты на возведение такого перекрытия, по данным Канского рудника, составляют 0,03–0,12 руб/т добычи, а на Салаирском руднике, где возведение сплошного перекрытия осуществляется при отработке монтажного слоя системой слоевого обрушения – 0,37 руб/т [73].

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 [54].

3.3. Геотехнология отработки подкарьерных сложных рудных тел, разделенных безрудным прослоем

Одними 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 их сложной морфологией, изменчивыми элементами залегания, а также неоднородной структурой оруденения.

Анализ практики отработки сложных месторождений показывает, что [74] 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 ее выпуска из-за снижения содержания полезных компонентов в отбитой руде. Разубоживание от включения породных прослоев зависит от их удельного веса. При существующей технологии выделение породных прослоев и их включение в отработку приводят к значительным потерям и разубоживанию руды. Оработка 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 [33, 75] отработки рудных тел породными прослоями не предусматривают комбинированную отработку залежей.

Поэтому для обеспечения устойчивости оставляемых породных прослоев нами предлагается технология комбини-

рованной отработки рудных залежей с породными включениями [72].

Сущность ее заключается в том, что при достижении последних одного-двух уступов рудное тело висячего бока продолжают обрабатывать открытым способом, а рудную залежь со стороны лежачего бока подготавливают к отработке подземным способом (рис. 3.3). При этом верхняя часть породного слоя, расположенная в контуре карьера, вынимается открытым способом.

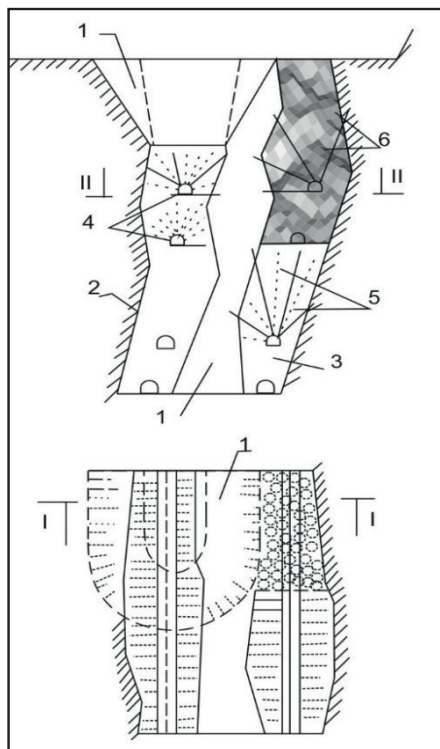


Рис. 3.3. Технология отработки подкарьерных сложных рудных тел с породными включениями: 1 – контур карьера; 2 – контур промышленного оруденения; 3 – контур очистного пространства; 4 – буровыпускные выработки; 5 – эксплуатационные скважины; 6 – разведочно-эксплуатационные скважины; 7 – породный прослой.???????

После достижения граничных контуров карьера отработку рудного тела висячего бока прекращают и приступают к отбойке и выпуску руды лежачего бока. Одновременно подготавливают к подземной отработке 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. 3.4). 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 горно-технической литературе изложены принципы проектирования комбинированных геотехнологий. Одним из них является применение при очистной выемке комбинированных технологий на базе карьерного и подземного бурового, погрузочного и транспортного оборудования.

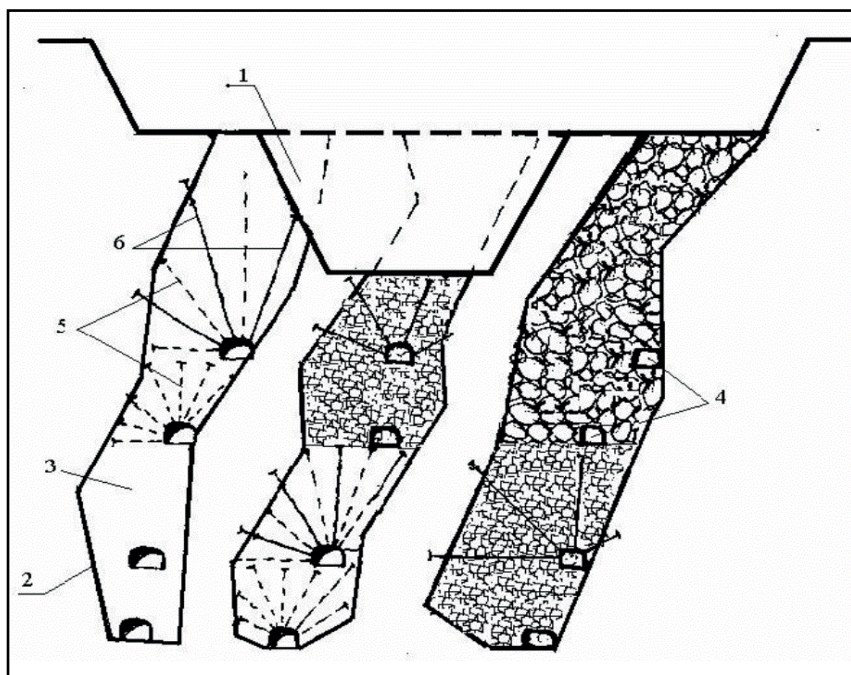


Рис. 3.4. Технология отработки подкарьерных сложных двухрудных тел: 1 – контур карьера; 2 – контур промышленного оруденения; 3 – контур очистного пространства; 4 – буровыпускные выработки; 5 – эксплуатационные скважины; 6 – разведочно-эксплуатационные скважины.

При применении вышеизложенного способа возможно и бурение скважин из карьерного пространства с использованием карьерного бурового оборудования, что позволяет значительно повысить эффективность буровых работ [76 и др.].

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. 3.5).

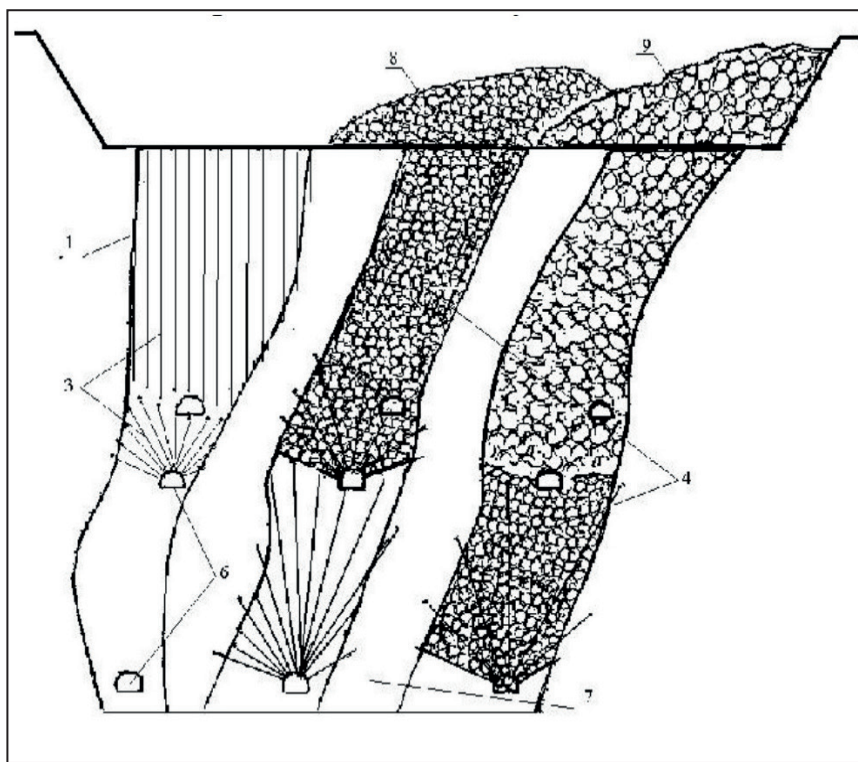


Рис. 3.5. Схема комбинированной отбойки рудных тел, разделенных породными прослоями: 1 – контур рудного тела; 2 – буровой станок; 3 – эксплуатационные и эксплуатационно-разведочные скважины; 4 – обрушенная руда; 5 – обрушенные породы; 6 – буровыпускные выработки; 7 – породный прослой; 8 – забалансовая руда; 9 – отвал пустых пород.

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 лежащего бока. Бурение и взрывание скважин нижнего яруса и выпуск обрушенной руды 4 под налегающими породами 5 производятся из буровыпускных 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 7–10 м засыпать забалансовой рудой 8, а затем – пустыми породами крупнокусковой фракции 9. Заполнение выработанного пространства позволит не только сократить затраты на транспортировку вскрышных пород, но и обеспечить устойчивость бортов карьера.

3.4. Технология выемки подкарьерных запасов системой подэтажных штреков

Система разработки, принятая для выемки запасов при бортовой зоны, как правило, 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.

«По горно-геологическим условиям месторождения Тереккан, находящегося в Джалал-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» [77, 78, 79].

На месторождении системой разработки с магазинированием руды отрабатываются рудные тела мощностью от 1 до 4 м, а системой разработки подэтажных штреков – более 4 м. Блокировка запасов рудного тела №1 проведена в проекции на вертикальную плоскость, субпараллельную простиранию рудного тела до горизонта +1545 м. Карьером отрабатана часть рудного тела №1 до отметки 1610 м. Верхняя неотработанная часть рудного тела выходит в борт карьера на высоте 50 м от его дна.

После изучения горно-геологических условий залегания рудного тела №1 месторождения «Тереккан» нами предлагается новая комбинированная система подземной разработки, включающая элементы системы подэтажных штреков и системы с магазинированием руды (рис. 3.6). Для данной системы разработки принята полевая подготовка. Основные технологические параметры выемочного блока по принятой системе разработки месторождения Тереккан показаны в таблице 3.1.

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 забой придается потолкоуступная форма [80].

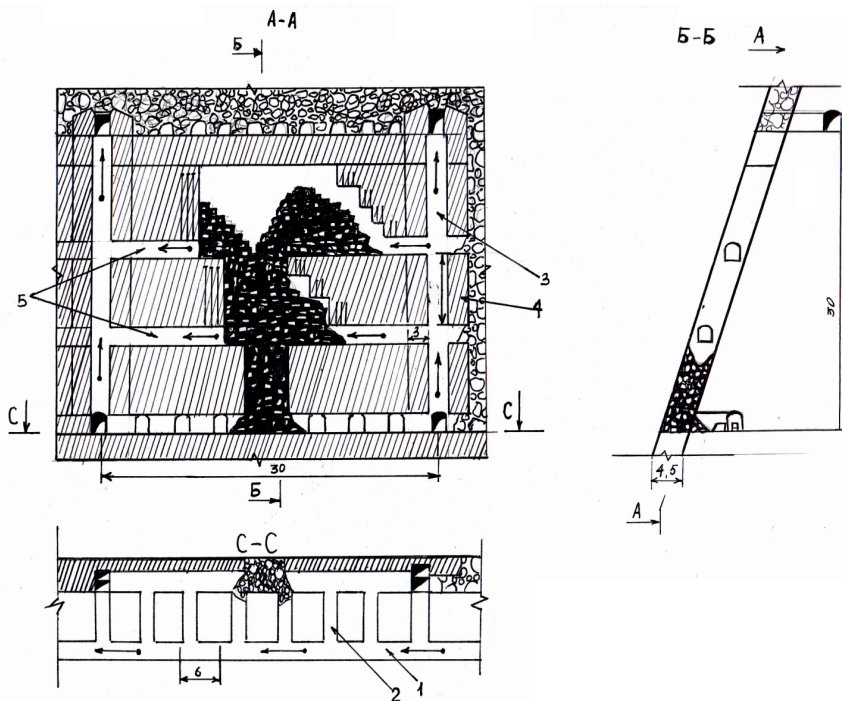


Рис. 3.6. Рекомендуемая комбинированная система разработки: 1 – откаточный штрек; 2 – орты-звезды; 3 – блоковые восстающие; 4 – междукammerные целики; 5 – подэтажные штреки.

По простирацию рудного тела пройдены блоковые восстающие, которые делят его 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 10 м. Проходка подэтажных штреков осуществляется буровзрывным способом, границами подэтажных штреков являются восстающие (блоковые). Высота подэтажных штреков с учетом габарита применяемого обо-

рудования и материалов принимается равной 2,5 м, а ширина равняется ширине выемочной мощности отрабатываемой рудной залежи.

При отработке участков с породными прослойками или с неравномерными контурами рудного тела и его малой мощностью, для выемки запасов подэтажа производится мелкошпуровая отбойка руды с потолкоуступной формой забоя, т.к. при использовании скважинной отбойки увеличиваются потери и разубоживание руды. При этом каждый подэтаж делится на необходимое количество уступов, которые обуриваются с поверхности отбитой магазинированной руды. При такой схеме очистной выемки верхние уступы отбиваются с некоторым отставанием 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 междукammerные целики обрушаются в последнюю очередь глубокими скважинами от флангов рудных тел к вскрывающей выработке. Предлагается одностадийная выемка одного или двух междукammerных 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

обрушаются одновременно потолочину и днище вышележащего этажа на незаполненные камеры и выпускают руду, затем отрабатывают междукamerный целик подэтажным или этажным обрушением.

В данном случае проведение окна (выработок) в магазин и выемка горной массы объемом 168 м^3 не требуются (таблица 3.2). Для доставки замагазинированной руды необходимо проведение блоковых рудоспусков длиной 17 метров. Это требует выемку $17 \times 5,4 \text{ м}^2 = 91,8 \text{ м}^3$ горной массы.

При применении предлагаемой технологии исключаются недостатки систем подэтажных штреков и систем с магазином отбитой руды. При этом предлагаемый комбинированный вариант позволяет сохранить все преимущества этих систем [80].

Таким образом, разработанная технология выемки запасов прибортовой зоны позволяет получить определенный технико-экономический эффект. Одновременное ведение горных работ в двух направлениях повышает интенсивность отработки запасов подэтажа почти в 1,5–2 раза, потери отбиваемой руды на очистных работах снижаются до 5–6%. Качество добываемой руды улучшается путем снижения разубоживания до 3–4% (таблица 3.3).

Таблица 3.1

**Основные технологические параметры выемочного
блока по принятой системе разработки месторождения Тереккан**

| № | Наименование параметров системы | ед. изм. | Комбин. система разработки |
|---|--|---|--|
| 1 | Удельный вес условий | % | 45 |
| 2 | Параметры блока длина высота средняя мощность рудного тела ширина очистного пространства | м м м м | 50 30 4.5 4.5 |
| 3 | Балансовые запасы блока | т | 18225 |
| 4 | Очистные работы Удельный вес работ Удельный объем добычи очист.работами Потери Разубоживание Добыто рудной массы | % % % % м | 79.27 82.78 8.3 10.7 15408.8 |
| 5 | Подготовительные работы Удельный вес работ Удельный объем добычи из ПВ Потери Разубоживание Всего подготовительных выработок | % % % % м/1000 т м ³ /1000 т | 4.25 - - - 3.11 16.8 |
| 6 | Нарезные работы Удельный вес работ Удельный объем добычи из НВ Потери Разубоживание Всего нарезных выработок Попутно добыто руды | % % % % м/1000 т м ³ /1000 т т м ³ | 16.48 17.22 - - 17.58 65.12 3204.5 1186.9 |
| 7 | Подготовительно-нарезные работы Удельный объем добычи из ПНВ Всего подготовительно-нарезных выработок Попутно добыто руды | % м/1000 т м ³ /1000 т т м ³ | 17.22 20.69 81.92 3204.5 1186.9 |
| 8 | Всего по системам разработки Потери Разубоживание | % % | 6.9 8.8 |

Таблица 3.2

**Конструктивные параметры по системе
разработки месторождения Тереккан**

| № п/п | Наименование параметров системы | Ед. изм. | Наименование систем разработки | |
|----------|---|---|---|---|
| | | | Магазинирование | Комбинированная |
| | | | Подготовка рудных тел полевая | |
| 1 | Удельный вес условий | % | 55 | 45-55 |
| 2 | Средняя мощность рудных тел | м | 2.5 | 2.5-4.5 |
| 3 | Параметры системы разработки Высота этажа (блока) Длина блока Средний угол падения рудных тел Наклонная высота этажа (блока) Ширина очистного пространства Объем блока Объемный вес руды Балансовые запасы блока | м м град м м м ³ т/м ³ т | 30 50 70 31.88 2.5 3750 2.7 10125 | 30 50 70 31.88 2.5-4.5 5250 2.7 14175 |
| 4 | Целики Потолочина (надштрековый целик) длина ширина высота объем Междукамерный целик длина ширина высота объем | м м м м ³ м м м м ³ | 47 2.5 3.5 411.25 6 2.5 17.5 262.5 | 47 2.5-4.5 3.5 575.75 6 2.5-4.5 17.5-19 387.75 |

| | | | | |
|---|---|----------------|--------|------------|
| 5 | Подготовительно-нарезные работы | | | |
| | Подэтажный штрек (подсечный штрек) | | | |
| | количество | шт. | 1 | 1-3 |
| | сечение по руде | м ² | 5 | 5-6.1 |
| | сечение в проходке | м ² | 5 | 5 |
| | длина | м | 44.2 | 44.2-132.6 |
| | объем | м ³ | 221 | 514.93 |
| | Орты-заезды | | | |
| | количество | шт. | 7 | 7 |
| | сечение в проходке | м ² | 5.4 | 5.4 |
| | длина | м | 44.1 | 44.1 |
| | объем | м ³ | 238.14 | 238.14 |
| | Блоковый восстающий | | | |
| | количество | шт. | 2 | 2 |
| | сечение в проходке | м ² | 4.2 | 4.2 |
| | длина | м | 64 | 64 |
| | объем | м ³ | 268.8 | 268.8 |
| | Заезды к блоковым восстающим | | | |
| | количество | шт. | 2 | 2 |
| | сечение в проходке | м ² | 5.4 | 5.4 |
| | длина | м | 12.6 | 12.6 |
| | объем | м ³ | 68.04 | 68.04 |
| | Окна в магазин | | | |
| | количество | шт. | 8 | - |
| | сечение в проходке | м ² | 7 | - |
| | длина | м | 24 | - |
| | объем | м ³ | 168 | - |
| | Отрезной восстающий | | | |
| | количество | шт. | - | 1 |
| | сечение в проходке | м ² | - | 4.2 |
| | длина | м | - | 26 |
| | объем | м ³ | - | 109.2 |

Таблица 3.3

**Потери и разубоживание руды по источникам их возникновения
и формирования месторождения Тереккан**

| № п/п | Наименование параметров системы | Ед. изм. | Системы разработки | |
|----------|------------------------------------|----------------|----------------------|----------------------|
| | | | магазини- рование | комбиниро- ванная |
| 1 | Запасы блока | м ³ | 3750 | 5250 |
| 2 | Высота блока | м | 30 | 30 |
| | Угол падения рудного тела | град | 70 | 70 |
| 3 | Мощность рудного тела | м | 2.5 | 2.5-4.5 |
| 4 | Выемочная мощность | м | 2.5 | 2.5-4.5 |
| 5 | Ширина очистного пространства | м | 2.5 | 2.5-4.5 |
| 6 | Длина блока | м | 50 | 50 |
| 7 | Высота отбиваемой ленты | м | 2.00 | 2-11.5 |
| 8 | Объем слоя | м ³ | 205 | 205-2121.75 |
| 9 | Отбойка на контуре | | | |
| | Потери на контуре | м | 0.2 | 0.2-0.3 |
| | Потери | % | 8.00 | 7.3 |
| | Прихват породы | м | 0.2 | 0.2-0.3 |
| 10 | Разубоживание | % | 8.00 | 7.3 |
| | Погашение потолочины | | | |
| | Длина | м | 47 | 47 |
| | Высота | м | 3.5 | 3.5 |
| | Мощность | м | 2.5 | 2,5-4,5 |
| | Объем | м ³ | 411.25 | 575.75 |
| | Удельный вес | % | 10.97 | 9.85 |
| | Потери при извлечении | % | 20 | 20 |
| | Разубоживание при извлечении | % | 30 | 30 |
| | Потери | % | 2.19 | 1.97 |
| | Разубоживание | % | 3.29 | 2.95 |

| | | | | |
|----|-------------------------------------|----|--------|------------|
| 11 | Погашение междукламерных целиков | м | 6 | 6 |
| | Длина | м | 17.5 | от 17.5 до |
| | Высота | м | 2.5 | 19 |
| | Мощность | м³ | 262.5 | 2.5-4.5 |
| | Объем | % | 7.00 | 387.75 |
| | Удельный вес | % | 30 | 7.30 |
| | Потери при извлечении | % | 40 | 30 |
| | Разубоживание при извлечении | % | 2.10 | 40 |
| 12 | Потери | % | 2.80 | 2.19-2.92 |
| | Разубоживание | | | |
| | Итого на очистных | | | |
| | Объем | м³ | 3092.2 | 4327.67 |
| 13 | Удельный вес | % | 82.46 | 82.44 |
| | Потери | % | 9.28 | 8.81 |
| | Разубоживание | % | 11.51 | 11.18 |
| | Всего по системе | | | |
| 13 | Потери | % | 7.66 | 7.27 |
| | Разубоживание | % | 9.53 | 9.17 |

ГЛАВА 4. ГЕОТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ ПРИБОРТОВЫХ ЗАПАСОВ СЛОЖНЫХ РУДНЫХ ТЕЛ С ЗАКЛАДКОЙ

4.1. 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 подземной или открыто-подземной 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 использования рационального сочетания элементов технологии открытых и подземным горных работ, являются одной из важных горнотехнических задач» [81].

В современных условиях выемки запасов полезных ископаемых открытыми и подземными горными работами осуществляются по отдельным и независимым друг от друга схемам. В результате отсутствия заблаговременных решений по своевременному переходу от открытых к подземным горным работам, на предприятиях происходят временные разрывы в добыче руды, или безвозвратно теряется 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 [36, 45, 82, 83, 84].

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% от всех запасов, находящихся в прикарьерной 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 важно найти необходимые технологические решения рациональной отработки этих запасов и технико-экономической оценки целесообразности выемки для различных участков залежи.

Эффективные технологические решения доработки контурных запасов должны учитывать ряд условий:

- безопасность отработки рудных запасов;
- сохранность бортов карьеров в устойчивом состоянии;
- минимальные показатели потерь и разубоживания руды» [53, 85, 86–89].

При этом «анализом достаточно большого опыта отработки прибортовых запасов установлено, что на технологию выемки запасов, конструкции систем разработки и их параметры оказывает 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, образование аэродинамических, гидравлических, климатических связей подземных выработок с атмосферой.

Прибортовые запасы, расположенные за предельным контуром карьера, характеризуются сложным геологическим строением, наличием изолированных участков, растянутостью 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» [81].

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 [23].

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» [90, 91].

Существующие способы разработки полезных ископаемых в прибортовой зоне карьера [27, 32, 51, 80, 83, 93] 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. Причем 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 упомянутых геотехнологий компенсируются следующими достоинствами этих систем перед другими системами разработки:

1. Создание безопасных условий труда. Технологии разработки с применением закладочных материалов эффек-

тивно 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 заложенных слоев.
4. Экономические показатели и темпы добычи при данном методе соответствуют производственным требованиям. Внедрение современной самоходной техники и использование технологии гидротранспорта закладочных смесей значительно улучшили производственную эффективность и рентабельность этого вида систем разработки.
5. Обеспечение устойчивости откосов карьера и сохранение целостности поверхности без видимых нарушений гарантируют 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.

4.2. Технология слоевой выемки прибортовых запасов с последующей закладкой выработанного пространства

При открытой разработке рудных месторождений в прибортовой части карьера часть запасов остается не отработанной. Как показывает практика отработки рудных месторождений комбинированным способом, эти запасы вынимаются системами с обрушением, иногда добыча таких запасов осуществляется системами с закладкой выработанного пространства. Отработка части запасов, расположенных под дном карьера и в прибортовой зоне, традиционным открытым способом не всегда рентабельна. Обычно такие запасы отрабатываются 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 пределами контурами карьера, должен быть учтен 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 их выемки, конструкция систем разработки и их параметры зависят от большого числа 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» [81].

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 из-за сложных горно-геологических условий рудных месторождений и высокой ценности руд. При отработке законтурных запасов еще одной немаловажной задачей является проблема наиболее полного использования недр.

«Практика применения систем разработки с закладкой при комбинированной отработке показывает, что существующие технологии отличаются высокими материально-трудовыми затратами, низким уровнем количественных и качественных

потерь руды» [54]. 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. 4.1).

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

Выемку запасов слоя осуществляют заходками, располагаемыми под углом к простиранию, отработку заходов осуществляют через одну. Отработка запасов слоя будет 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 заходов 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 выпущена в горизонтальные горные выработки через рудоспуски.

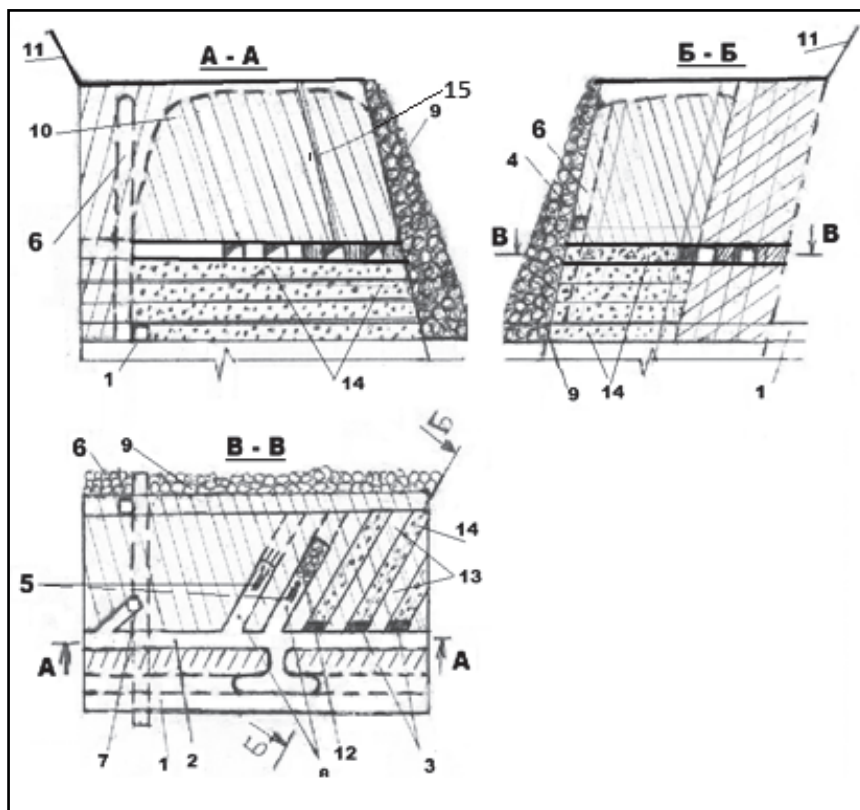


Рис. 4.1. Технология отработки прибортовых запасов с закладкой при комбинированной разработке месторождений: 1 – откаточный штрек; 2 – слоевой штрек; 3 – бетонные перемычки; 4 – закладочно-вентиляционный штрек; 5 – буровое и погрузочно-доставочное оборудование; 6 – вентиляционно-закладочный восстающий; 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.

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 мощного карьерного оборудования. Иногда скважины бурятся и заполняются из закладочно-вентиляционных штреков, расположенных на верхних слоях участка. Использование таких скважин позволяет 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» [92] во внешние отвалы.

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

Обеспечение безопасных условий ведения горных работ при выемке запасов верхних и нижних слоев путем применения безопасной конструкции системы с закладкой.

1. Наиболее полное использование недр путем обеспечения полноты выемки запасов слоев.

2. Мелкошпуровая отбойка позволяет уменьшить отрицательное воздействие взрывных работ на породы кровли и бортов выработок (камер).
3. Использование закладочных скважин позволяет обеспечить полноту заполнения выработанного пространства нижележащего слоя.
4. Обеспечение интенсивности выемки запасов слоев за счет применения высокопроизводительного бурового и погрузочного оборудования на основных технологических процессах.
5. «Эффективная организация добычных работ обеспечивается несложным конструктивным исполнением горизонтальных выемочных слоев и рациональным выполнением основных и вспомогательных производственных процессов.
6. Экономическая эффективность отработки запасов смежных этажей.

При восходящей выемке на начальном этапе отработки увеличение высоты подъема руды и водоотлива считаются факторами, приводящими к удорожанию себестоимости добычи» [92], что связано с прохождением вертикальных выработок сразу на всю глубину. Как уже было «отмечено, в случае оставления пустых пород от проходки выработок в выработанном пространстве значительно сокращаются 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» [92] за счет резкого снижения уровня качественных потерь ценной руды.

На выбор порядка отработки слоев влияют и природные факторы, такие как «горно-геологические условия место-

рождения, 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» [92] и наличии различных породных включений, прослоев. Восходящий порядок выемки можно использовать при применении системы 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 появится возможность избирательной выемки ценной руды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка рудных месторождений является одной из приоритетных задач горной промышленности, особенно в условиях сложных горно-геологических структур, характерных для рудных месторождений республики. Месторождения, расположенные в горных районах с крутыми падениями рудных тел, создают особые трудности, которые требуют внедрения современных и эффективных технологий добычи полезных ископаемых.

В последнее время комбинированные методы разработки, сочетающие открытые и подземные способы, приобретают все большую значимость, так как позволяют максимально эффективно использовать запасы и снижать потери сырья. Такой подход предполагает сначала добычу верхних слоев руды открытым способом, а затем подземную разработку нижних горизонтов. Переход к подземным работам требует применения разнообразных технических решений, что существенно влияет на производительность и безопасность горных работ.

Внедрение разработанных способов позволяет осуществлять отработку подкарьерных запасов полезных ископаемых с использованием системы поэтажного обрушения, которая включает торцевой выпуск руды. Это создает возможность для применения самоходного горного оборудования. Заполнение выработанных пространств в очистных блоках бедными отвальными породами и забалансовой рудой способствует уменьшению экологической нагрузки на окружающую среду, так как сокращает площади внешних отвалов.

Исследования современных технологий показывают, что использование закладки выработанного пространства способствует поддержанию устойчивости горных пород, сни-

жению деформаций и повышению уровня безопасности. Закладка также помогает уменьшить негативное воздействие на окружающую среду, что особенно важно в сложных горно-геологических условиях.

За последние годы наблюдается тенденция увеличения числа месторождений, разрабатываемых комбинированным способом, что связано с углублением добычи и усложнением горно-геологических условий. Разработка технологий для эффективной отработки запасов, расположенных ниже уровня дна карьера и в прибортовых зонах, остается важной задачей, требующей дальнейших научных исследований и внедрения инноваций.

Данное издание предназначено для специалистов горной отрасли, научных работников, студентов профильных учебных заведений, а также всех, кто заинтересован в совершенствовании эффективных и устойчивых методов добычи полезных ископаемых в непростых горно-геологических условиях.

Надеемся, что представленные материалы окажутся полезными как для практического применения, так и для дальнейшего развития научных исследований в данной сфере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каплунов Д.Р. Комбинированная разработка рудных месторождений [Текст] / Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова. – М., Горная книга, 2012. – 344 с.
2. Агошков М.И. Комплексный открыто-подземный способ разработки мощных крутопадающих рудных месторождений [Текст] / М.И. Агошков, В.И. Терентьев, Д.М. Казикаев и др. // Основные направления развития открыто-подземного способа разработки месторождений. – М.: ИПКОН АН СССР, 1987.
3. Будько А.В. Отработка прибортовых запасов в условиях открыто-подземного способа разработки [Текст] / А.В. Будько // Основные направления развития открыто-подземного способа разработки месторождений. – М., 1987. – С. 112–116.
4. Каплунов Д.Р. Принципы проектирования комбинированных технологий при освоении крупных месторождений твердых полезных ископаемых [Текст] / Д.Р. Каплунов, Н.Н. Чаплыгин, М.В. Рыльникова. – М.: Горный журнал. – 2003. – № 12.
5. Шнайдер М.Ф. Особенности систем подземной разработки при совмещении подземных и открытых работ [Текст] / М.Ф. Шнайдер, В.К. Вороненко // Подземная разработка мощных рудных месторождений. – Свердловск, 1987. – С.29–35.
6. Шнайдер М.Ф. Отработка рудных тел в бортах карьера при совмещении подземных и открытых работ [Текст] / М.Ф. Шнайдер, В.К. Вороненко // Совершенствование подземной разработки месторождений руд черных и цветных металлов. – Алма-Ата, 1986. – С. 157–158.
7. Шнайдер М.Ф. Совмещение подземных и открытых разработок рудных месторождений [Текст] / М.Ф. Шнайдер, В.К. Вороненко. – М.: Недра, 1985. – 132 с.

8. *Щелканов В.А.* Комбинированная разработка рудных месторождений [Текст] / В.А. Щелканов. – М.: Недра, 1974. – 232 с.
9. *Щелканов В.А.* Состояние и задачи комбинированных способов разработки месторождений [Текст] / В.А. Щелканов // Совершенствование комплексной открыто-подземной разработки рудных месторождений: Тез. докл. науч.-техн. семинара, Кривой Рог, 1990. – С. 15–20.
10. *Волохов А.В.* Обоснование способов выемки законтурных запасов, залегающих выше дна карьера, при разработке сложноструктурных месторождений: на примере месторождения Забайкалья [Текст]: Дисс. канд. техн. наук: 25.00.22 / А.В. Волохов. – Иркутск, 2006. – 209 с.
11. *Романько Е.А.* Обоснование параметров технологии выемки приконтурных запасов карьеров системами разработки с обрушением руды и вмещающих пород [Текст]: Дисс. канд. техн. наук: 25.00.22 / Е.А. Романько. – Магнитогорск, 2007. – 131 с.
12. *Юматов Б.П.* Основные вопросы комбинированной разработки рудных месторождений [Текст]: Автореф. дис. ...д-ра техн. наук / Б.П. Юматов. – М., 1962. – С. 14–28.
13. Разработка месторождений полезных ископаемых Урала [Текст] / В.С. Хохряков, В.А. Щелканов, И.С. Куклини др. – М.: Недра, 1967. – 324 с.
14. *Полищук А.К.* Совмещение открытых и подземных работ в одной вертикальной плоскости [Текст] / Полищук А.К. // Колыма, 1965. – № 5. – С. 30–32.
15. Подземная отработка приконтурных запасов сидеритов Бакальского рудоуправления [Текст] / Г.А. Пермьяков, Ю.П. Озеров, Х.И. Аглюков и др. // Горный журнал. – 1987. – № 3.
16. *Агошков М.И.* Подземная разработка рудных месторождений [Текст] / М.И. Агошков, Г.М. Малахов. – М.: Недра, 1966. – С. 636–653.
17. *Боголюбов В.П.* Проблемы комбинированной разработки полезных ископаемых [Текст] / В.П. Боголюбов, Б.П. Юматов

- // Геология и горное дело, КИИЦМ. – М.: Гостехиздат, 1952. – № 34.
18. *Вовк А.Д.* Разработка месторождений полезных ископаемых комбинированным способом [Текст] / А.Д. Вовк, Г.И. Черный. – Киев: Наукова думка, 1965. – 192 с.
 19. *Зурков П.Э.* Классификация открыто-подземных методов разработки переходных этажей [Текст] / П.Э. Зурков // Действие промышленных взрывов на массив горных пород и сооружений. – 1965. – Вып. 51.
 20. *Казикаев Д.М.* Комбинированная разработка рудных месторождений [Текст] / Д.М. Казикаев. – М.: Горная книга, 2008. – 360 с.
 21. *Казикаев Д.М.* Практический курс комбинированной разработки рудных месторождений [Текст] / Д.М. Казикаев. – М.: Горная книга, 2010. – 186 с.
 22. *Казикаев Д.М.* Совместная разработка рудных месторождений открытым и подземным способами [Текст] / Д.М. Казикаев. – М.: Недра, 1967. – 156 с.
 23. *Алибаев А.П.* Геомеханика и технология при комбинированной разработке рудных месторождений [Текст] / А.П. Алибаев. Бишкек: Инсанат, 2008. – 192 с.
 24. *Каплунов Д.Р.* Комбинированная геотехнология [Текст] / Д.Р. Каплунов, В.Н. Калмыков, М.В. Рыльникова. – М.: Руда и металлы. – 2003. – 560 с.
 25. *Новожилов М.Г.* Открытые горные работы. [Текст] / М.Г. Новожилов. – М.: Недра, 1965. – 248 с.
 26. *Турчанинов И.А.* Основы механики горных пород [Текст] / И.А. Турчанинов, М.А. Иофис, Э.В. Каспарьян. – Л.: Недра, 1977. – 496 с.
 27. *Алибаев А.П.* Оработка 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.

28. *Шерман Д.И.* К вопросу о напряженном состоянии междукammerных целиков. Упругая весомая среда, ослабленная двумя отверстиями эллиптической формы [Текст] / Д.И. Шерман // Изв. АН СССР, ОТН, №7. 1952. – С.992–1010.
29. Авторское свидетельство СССР № 1559152 «Способ комбинированной разработки полезных ископаемых в прибортовой зоне карьера», МПК E21C41/00, публ. 1990, бюлл. № 15.
30. Патент на изобретение РФ, №2239061 «Способ комбинированной разработки полезных ископаемых в прибортовой зоне карьера», МПК E21C41/00, 2003.04.08.
31. *Алибаев А.П.* Способ комбинированной разработки полезного ископаемого в прибортовой зоне карьера [Текст] / А.П. Алибаев, Г.Т. Маматова, К.Ж. Усенов // Изденис – Поиск. – Алматы, 2012. – № 4. – С. 97–100.
32. Патент №1432. Кыргызская Республика. Способ комбинированной отработки рудных тел с породными прослоями [Текст] / А.М. Паизов, Ж.Б. Шамиев, К.Ч. Кожогулов, А.П. Алибаев и др. – Гос. патентная служба, Бишкек, 2012.
33. *Яковлев М.А., Ярков А.А.* Авторское свидетельство СССР №840366 «Способ разработки крутопадающих рудных тел», МПК E21C 41/08, публ. 1981, бюлл. № 23.
34. *Осмонова Н.Т.* Способ комбинированной разработки крутопадающих залежей полезных ископаемых [Текст] / Н.Т. Осмонова, А.П. Алибаев, К.Ж. Усенов // Изденис. – Алмата, 2012. – № 4. – С. 101–104.
35. Способ отработки прибортовых запасов с закладкой при комбинированной разработке месторождений / К.Ч. Кожогулов, А.Р. Такеева, К.Ж. Усенов, А.П. Алибаев // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2023. – № 3(67). – С. 1397–1401.
36. *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.
37. *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.
 38. *Романько А.Д.* Уменьшение потерь и засорения руды при отработке прибортовых запасов подземным способом с засыпкой карьера [Текст] / А.Д. Романько, Е. А. Романько // Комбинированная геотехнология: развитие способов добычи и безопасность горных работ. – Магнитогорск, 2003. – С. 80–81.
 39. *Красавин А.В.* Разработка методики математического моделирования технологических схем перехода к комбинированной геотехнологии при освоении рудных месторождений: специальность 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А.В. Красавин. – Магнитогорск, 2005. – 182 с. – EDN NNGUOX.
 40. *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.
 41. *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.
 42. *Мухтаров Т.М.* Комбинированный способ разработки месторождений полезных ископаемых [Текст] / Т.М. Мухтаров. – М.: Наука, 1988. – 230 с.
 43. Способ отработки прибортовых запасов с закладкой прикомбинированной разработке месторождений / К.Ч. Кожогулов, А.Р. Такеева, К.Ж. Усенов, А.П. Алибаев // Известия Кыргызского государственного технического

го университета им. И. Раззакова. – 2023. – № 3(67). – С.1397–1401.

44. *Кожогулов К.Ч.* Развитие геотехнологий с увеличением глубины разработки нагорных месторождений / К.Ч. Кожогулов // Проблемы недропользования. – 2018. – № 3(18). – С. 160–166. – EDN YAEZCP.
45. *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.
46. Патент №2030581. Российская Федерация. Способ комбинированной разработки рудных месторождений [Текст] / [В.М. Бусырев, Д.С. Подозерский, А.И. Кузнецов и др.].
47. *Сваровский Б.М.* Отработка 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.
48. Открытоподземный способ освоения месторождений крепких руд [Текст] / М.И. Агошков, Д.Р. Каплунов, В.И. Шубодеров и др. – М.: ИПКОН РАН, 1992. – 188 с.
49. *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.
50. 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.
51. *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.
52. *Кожогулов К.Ч.* Технология комбинированной разработки мощных крутопадающих рудных тел [Текст] / К.Ч. Кожогулов, К.Ж. Усенов, А.П. Алибаев, А.Р. Такеева // Наука и новые технологии. – Бишкек, 2008. – № 1–2. – С.8–11.

53. *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.
54. *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.
55. *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.
56. *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.
57. *Кучкин В.А.* Исследование системы подэтажного обрушения с гибким разделяющим перекрытием [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22 / В.А. Кучкин. – Фрунзе, 1969.
58. *Леонтьев А.А.* Особенности комбинированной разработки месторождений в различных горно-геологических и горно-технических условиях [Текст] / А.А. Леонтьев, В.Г. Едигарьев // Горный журнал. – 2010. – № 9. – С. 15–19.
59. *Неверов С.А.* Обоснование технологии подэтажного обрушения с площадно-торцевым выпуском руды в условиях мощных крутопадающих залежей [Текст]: автореф. канд. техн. наук: 25.00.22 / С.А. Неверов. – Новосибирск, 2006. – 23 с.
60. Оработка Учалинского медноколчеданного месторождения комбинированным способом [Текст] / А.К. Самусенко, В.В. Григорьев, Ю.В. Волков и др. // Горный журнал. – 1994. – № 6. – С. 11–14.

61. Патент №2301334С2. Российская Федерация. Способ разработки крутопадающих рудных залежей малой и средней мощности системой подэтажного обрушения с гибкими разделяющими перекрытиями [Текст] / В.А. Шестаков, А.А. Белодедов, В.Н. Шаляпин и др.
62. *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.
63. *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.
64. *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.
65. Технология отработки 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.
66. *Шестаков В.А.* Совершенствование подземной разработки рудных месторождений [Текст] / В.А. Шестаков, М.А. Яковлев, Н.В. Дронов и др. – Фрунзе: Илим, 1973.
67. *Шнайдер М.Ф.* Совмещение подземных и открытых разработок рудных месторождений [Текст] / М.Ф. Шнайдер, В.К. Вороненко. – М.: Недра, 1985. – 132 с.
68. *Щелканов В.А.* Комбинированная разработка рудных месторождений [Текст] / В.А. Щелканов. – М.: Недра, 1974. – 231 с.
69. *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.
70. *Юматов Б.П.* Технология открытых горных работ и основные расчеты при комбинированной разработке рудных месторождений [Текст] / Б.П. Юматов. – М.: Недра, 1966. – 146 с.
 71. *Ярков А.В.* Гибкая технология отработки рудных тел сложного строения [Текст] / А.В. Ярков, Н.В. Дронов, М.А. Яковлев. – Бишкек: Илим, 1992.
 72. *Усенов К.Ж.* Технология комбинированной отработки наклонных рудных тел [Текст] / К.Ж. Усенов, А.П. Алибаев, А.Р. Такеева // Известия вузов. – Бишкек, 2008. – № 1–2. – С.136–137.
 73. *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.
 74. *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.
 75. *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.
 76. *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.
 77. Проект отработки запасов золоторудного месторождения «Тереккан» комбинированным способом. Этап V. Про-

- ект отработки остальных рудных тел. Карьер «Тереккан». Том I. Общая и геологическая части в 2-х книгах. Книга 1. Проектно-исследовательский центр «Кен-Тоо». Открытое акционерное общество «Кыргызалтын». – Бишкек, 2003. – 130 с.
78. Проект отработки запасов золоторудного месторождения «Тереккан» комбинированным способом. Сводный том. Часть I. Проектно-исследовательский центр «Кен-Тоо». Открытое акционерное общество «Кыргызалтын». – Бишкек, 2003. – 246 с.
79. Проект отработки запасов золоторудного месторождения «Тереккан» комбинированным способом. Этап V. Проект отработки остальных рудных тел. Карьер «Тереккан». Том II. Горная часть. Проектно-исследовательский центр «Кен-Тоо». Открытое акционерное общество «Кыргызалтын». – Бишкек, 2003. – 112 с.
80. *Кожогулов К.Ч.* Оработка запасов прибортовой зоны при комбинированной разработке месторождений [Текст] / К.Ч. Кожогулов, Г.Т. Маматова, А.П. Алибаев // Наука и новые технологии: сб. науч. тр. – Бишкек, 2012. – № 8. – С.18-19.
81. *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.
82. *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.
83. *Кожогулов К.Ч., Усенов К.Ж., Алибаев А.П.* Геомеханические основы и технология при комбинированной разработке крутопадающих месторождений. – Бишкек: КГМИ, 1999.

84. *Shamiev B.J., Usenov K.J., Alibaev A.P.* Technology combined processes of undermining stocks (2011) 14th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84867188579&partnerID=40&md5=270342e69dd6939330a856cea75a14b1>.
85. *Немова Н.А.* Оценка вариантов отработки 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 UOBVDU.
86. *Гавришев С.Е.* Методика обоснования параметров бортов карьеров при выемке прибортовых запасов подземным способом [Текст] / С.Е. Гавришев, Т.С. Кузнецова, Т.В. Неке-рова // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова, 2010. – № 1. – С. 14–17.
87. *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.
88. *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.
89. 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.
90. *Алибаев А.П.* Применение комбинированного способа разработки при выемке запасов прибортовой зоны [Текст]

- / А.П. Алибаев, Г.Т. Маматова // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2017. – № 5. – С. 44–46.
91. Каплунов Д.Р. Комбинированная разработка рудных месторождений [Текст] / Д. Р. Каплунов, М.В. Рыльников. – М.: Горная книга, 2012. – 344 с.
 92. 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 QFNUKE.
 93. 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.
 94. Paizov A.M., Usenov K.J., Alibaev A.P. Technology of combined breaking the ore under two-tiered arrangement making (2011), 14th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2s2.084867181903&partnerID=40&md5=846748a5db2a897256f8e82143c572f1>.
 95. Usenov K.Zh., Asilolva Z.A., Takeeva A.R., Kokumbaeva K.A. Peculiarities of soil characteristics in Kyrgyzstan and their influence to landslide processes. // 14th asian regional conference on soil mechanics and geotechnical engineering. Hong Kong, 23–27 мая 2011 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2s2.084867166745&origin=inward&txGid=60098e5bd533d330f82dbf9e692bee53>.
 96. Takeeva A.R., Usenov K.Zh., Kuvakov S.Zh., Alibaev A.P., Kuvakov Zh.M. The change in physical and mechanical properties of rocks in the course of mining in Makmal Mine. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Challenges and Solu-

tions. Cep. «Mining Sciences and Mineral Field Development: Challenges and Solutions» 2022. C. 012016 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85126242233&doi=10.1088%2f17551315%2f991%2f1%2f012016&origin=inward&txGid=63f7482d34183e93c204924e6742cf19>.

97. *Takeeva A.R., Imankulov M.A., Kuvakov S.Zh., Usenov K.Zh., Kozhogulov K.Zh.* Research of the physical–mechanical properties of soils in a landslide–prone area along the Kugart river basin in the Suzak region// //Smart Geotechnics for Smart Societies. Pages 435 – 4381 January 2023 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85171013183&doi=10.1201%2f978100329912749&origin=inward&txGid=d03df63d1c615107fbcfb-5fee7fc4bc9>.
98. *Asilova Z.A., Kokumbaeva K.A., Osmonova N.T., Usenov K.Zh.* Determination of safe parameters of storage overburden dumps on slopes during the development of upland deposits (2024) IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1374 (1), art. no. 012030 DOI: 10.1088/1755-1315/1374/1/012030 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85201529725&doi=10.1088%2f1755-1315%2f1374%2f1%2f012030&partnerID=40&md5=ffb46e65a3c2c25002fba9fd1d99b53f>.

Кожогулов К. Ч., Усенов К. Ж., Алибаев А. П.

**ТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ ЗАКОНТУРНЫХ
ЗАПАСОВ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ
РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Монография

Бишкек, издательство «Турар»

(На русском языке)

Редактор *М. Баева*

Дизайнер *И. Абдыжапаров*

Компьютерная верстка *Ж. Керимбаевой*

Подписано в печать 11.09.2025 г.

Бумага офсетная. Формат бумаги 60 x 84 ¹/₁₆.

Объем 7,5 печ. л. Тираж 300. Заказ 2579.

Издательство «Турар»

1.1. 720031, г. Бишкек, ул. М. Горького 1.