

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет им.Г.И. Носова»

М.В. Рыльникова

О.В. Петрова

С.А. Корнеев

**ТИПОВЫЕ ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ
СИСТЕМЫ КОМБИНИРОВАННОЙ
ГЕОТЕХНОЛОГИИ
И МЕТОДИКА ИХ ВЫБОРА
С УЧЕТОМ РИСКА**

Утверждено Редакционно-издательским советом университета в
качестве учебного пособия

Магнитогорск
2010

УДК 622.34 (075.8)

Рецензенты:

*Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой разработки рудных месторождений
ГОУ ВПО «Уральский государственный горный университет»
В. А. Осинцев*

*Доктор технических наук, профессор,
заведующий лабораторией геоинформационных систем геотехнологий
Учреждения Российской академии наук Института проблем
комплексного освоения недр РАН
В. Н. Захаров*

Рыльникова М.В., Петрова О.В., Корнеев С.А.

Типовые горнотехнические системы комбинированной геотехнологии и методика их выбора с учетом риска: учеб. пособие. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. 67 с.

Пособие знакомит с типовыми горнотехническими системами комбинированной геотехнологии и методикой их выбора с учетом риска.

Предназначено для магистров по направлению 130400.68 «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых», изучающих дисциплину «Современные технологии проектирования горных предприятий». Пособие полезно для молодых ученых, инженеров и людей, решающих творческие задачи.

УДК 622.34 (075.8)

© ГОУ ВПО «МГТУ», 2010

© Рыльникова М.В.,

Петрова О.В.,

Корнеев С.А., 2010

Î ÃËÀÂËÄ Í ËÄ

Введение	4
1. Характеристика типовых горнотехнических систем комбинированной геотехнологии.....	6
1.1. Систематизация горнотехнических систем при комбинированной геотехнологии	6
1.2. Трехъярусные горнотехнические системы	14
1.3. Двухъярусные горнотехнические системы.....	26
Контрольные вопросы и задания	30
2. Методика экономического сравнения и выбора горнотехнической системы.....	31
2.1. Общие принципы выбора горнотехнической системы.....	31
2.2. Факторы, влияющие на область эффективного применения открыто-подземных технологий.....	36
2.3. Экономико-математическая модель области применения и горно-технологические модули комбинированной геотехнологии.....	41
2.4. Область эффективного применения типовых горнотехнических систем	45
Контрольные вопросы и задания	48
3. Требования к проектированию комбинированной геотехнологии и оценка риска принятия проектных решений.....	49
3.1. Основные принципы проектирования комбинированной геотехнологии.....	49
3.2. Методика оценки риска комбинированной геотехнологии	52
3.3. Методы управления геотехнологическим риском.....	59
Контрольные вопросы и задания	63
Заключение.....	65
Библиографический список.....	66

АААА Í ÈА

Дисциплина «Современные технологии проектирования горных предприятий» играет важную роль в процессе подготовки магистров техники и технологии, так как её изучение помогает овладеть вопросами реализации комплексного и качественного освоения месторождений на основе системного подхода к проектированию.

Одними из результатов изучения дисциплины «Современные технологии проектирования горных предприятий» являются:

- ✓ знание основных требований к проектированию разработки месторождений полезных ископаемых и принципов функционирования горного объекта с целью управления им;
- ✓ умение правильно формировать технологическую схему отработки запасов месторождений с учетом различных особенностей условий разработки;
- ✓ определение альтернативных вариантов технологии отработки запасов и производство достаточно обоснованного выбора с учетом современных требований развития общества и экономики.

Проектирование горных предприятий является сложнейшей задачей, требующей изучения и анализа широкого круга вопросов. В учебном пособии в отличие от традиционной методологии, предусматривающей последовательное и в значительной степени обособленное решение основных проектных задач, методы проектирования предусматривают системное обоснование поэтапной технологической схемы отработки месторождений на основе результатов исследования взаимосвязи проектных задач и их совместного участия в формировании уровня количественных, качественных и экономических показателей.

Целью учебного пособия является систематическое изложение материала по типовым горнотехническим системам и методике их выбора при комбинированной геотехнологии с учетом специализации магистров «Горное дело» 550600.

Учебное пособие состоит из 3 глав, введения, заключения и списка литературы. В целях закрепления представленного материала по окончании каждой главы учебное пособие содержит контрольные вопросы и задания теоретического и практического характера.

В *первой главе* дана характеристика горнотехнических систем комбинированной геотехнологии. Проведена систематизация и определены условия применения типовых горнотехнических систем. Особое внимание уделено рассмотрению основных технологических решений при комбинированной разработке двухъярусными и трехъярусными горнотехническими системами.

Во *второй главе* определен принципиальный подход к выбору горнотехнической системы при разработке запасов месторождений ком-

бинированным способом. Показано, что на положение границ применения открыто-подземных геотехнологий влияют в совокупности многочисленные факторы, и оптимизация возможна на основе расчетов типовых альтернативных вариантов и этапов развития горных работ во времени и пространстве в единой технологической схеме освоения недр на отдельных участках и в границах месторождений в целом. Для определения рациональной области и параметров комбинированной технологии приведена экономико-математическая модель и горно-технологические модули комбинированной геотехнологии. Выявлены и обобщены области эффективного применения горнотехнических систем комбинированной геотехнологии.

В третьей главе представлены основные требования к проектированию комбинированной геотехнологии и выбора варианта горнотехнической системы с учетом оценки риска. Подробно рассмотрены основные направления управления риском при разработке месторождений комбинированным способом.

1.1. Ñèñòàì àèèçàöëÿ âïðï íòàõ íè-ãñêè ñèñòàì
ïðè èîì àéíèèðïâàííé äãîòàõ íèèâèè

Расширение области эффективного применения комбинированной геотехнологии основано на снижении капитальных и эксплуатационных затрат на разработку месторождений и повышении полноты и качества извлечения их запасов и базируется на создании и внедрении основных типовых горнотехнических систем, обоснование параметров и выбор которых должен производиться на ранней стадии проектирования и, тем самым, предопределять основную стратегию освоения месторождения в

целом. Реализация требований комплексного и качественного освоения месторождений возможна на основе системного подхода к проектированию, при котором каждая из проектных задач рассматривается как элемент единой технологической схемы освоения месторождения.

Горнотехнические системы при комбинированном способе разработки рассматриваются как совокупность конструктивных элементов и процессов открытых, открыто-подземных и подземных технологий при их различном сочетании во времени и в пространстве, то есть как совокупность трех относительно самостоятельных взаимозависимых и взаимовлияющих друг на друга систем более низкого порядка – карьер, переходная зона и подземный рудник с формированием на каждом этапе разработки самостоятельных рудопотоков, совокупность которых должна обеспечить качество поступающей на обогатительный передел рудной массы, а также эффективность и полноту освоения недр.

В табл. 1.1 приведена характеристика типовых горнотехнических систем комбинированной геотехнологии. В качестве классификационных признаков при систематизации горнотехнических систем приняты способы образования, использования и состояние технологического пространства горнотехнических систем. По этим признакам горнотехнические системы разделены на 12 типов. Способ образования технологического пространства приведен во второй графе.

Все горнотехнические системы разделены на **трехъярусные** – предполагающие трехстадийную отработку месторождения: карьером, открыто-подземной зоной и подземным рудником в последовательном, последовательно-параллельном и параллельном режимах; и **двухъярусные**, когда карьер и подземный рудник изолируются временной рудной, либо искусственной потолочиной из твердеющего массива, либо внутренним отвалом пустых пород, навалом насыпных пород или временно складированной в карьерном пространстве рудной массой. Способ образования (использования) технологического пространства указан в четвертой и в пятой графах систематизации, где даны способы подготовки массива к выемке на всех этапах отработки месторождения, способ погрузки, выпуска и доставки руды при этапном освоении запасов различными технологиями. Способ управления состоянием массива, определяющий состояние технологического пространства, указан в последней графе систематизации. Это либо формирование естественных устойчивых обнажений на карьере и в подземных выработках, либо пригрузка породами вскрыши, анкерное крепление массива тросами, оставление временных рудных или породных целиков, обрушение пород, формирование твердеющей закладки с заданными механическими характеристиками.

Ниже приведены типовые конструкции горнотехнических систем разработки месторождений комбинированным способом (табл. 1.2).

Таблица 1.1

Систематизация горнотехнических систем при комбинированной геотехнологии по способам образования, использования и состояния технологического пространства

Характеристика горнотехнической системы освоения месторождения комбинированной геотехнологией	Характеристика геотехнологических модулей на этапах разработки: карьер переходная зона подземный рудник	Характеристика подсистемы		
		Подготовка массива к выемке	Выпуск и доставка руды	Управление состоянием массива
Трехъярусная с обрушением и площадным выпуском	Внутреннее отвалообразование	Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – ЖД транспорт	Пригрузкой породами вскрыши
	Открытое пространство с последующим заполнением породами вскрыши	Взрыванием вертикальных или наклонных скважин из карьера	Площадной выпуск через воронки или траншеи; скрепером, ПДМ	Естественная устойчивость откоса
	Обрушение руды и вмещающих пород	Этажная, скважинами из буровых штреков	Выпуск руды донный или траншейный; скрепером, ПДМ	Обрушением пород
Двухъярусная с обрушением и торцевым выпуском	Внутреннее отвалообразование	Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – ЖД транспорт	Пригрузкой породами вскрыши
	–	–	–	–
	Обрушение руды и вмещающих пород	Подэтажная, взрыванием скважинами из буровых ортов	Торцевой, ПДМ	Обрушением пород
Двухъярусная система с самообрушением и площадным выпуском	Внутреннее отвалообразование	Взрывание вертикальных или наклонных скважин из карьера	Экскаватор – ЖД транспорт	Пригрузкой породами вскрыши
	–	–	–	–
	Самообрушение	Этажная, скважинами или пограничными подэтажными штреками	Выпуск руды донный или траншейный; доставка скрепером, ПДМ	Обрушением

Продолжение табл. 1.1

6	Трехъярусная с открытым очистным пространством и отработкой переходной зоны с закладкой под рудным целиком, обрабатываемым открытым способом	Внешнее отвалообразование	Взрывание вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
		Камерно-столбовая с закладкой	Панельная взрыванием шпуровая или механизированная	Скрепером или ПДМ	Закладкой
		Камерно-столбовая с открытым очистным пространством	Панельная взрыванием шпуров или механизированная	Скрепером или ПДМ	Устойчивость рудных целиков
	Трехъярусная система с открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва	Внешнее отвалообразование	Взрывание вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
		Камерно-столбовая с взрывной доставкой и заполнением очистного пространства породами вскрыши	Взрыванием наклонных скважин из карьера и бурового восстающего	Доставка силой взрыва и выпуск через траншеи, ПДМ	Естественная устойчивость массива с последующем заполнении камер породами вскрыши
		Камерно-столбовая с открытым очистным пространством и взрывной доставкой	Этажная взрыванием скважин из бурового восстающего	Доставка силой взрыва и выпуск через траншеи, ПДМ	Естественная устойчивость массива с открытым в карьер очистным пространством
	Трехъярусная с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва	Внешнее отвалообразование	Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откос
		Доставка руды силой взрыва на рудоспуск	Взрыванием вертикальных или наклонных скважин из карьера	Доставка руды силой взрыва в рудоспуск, ПДМ	Естественная устойчивость откоса
		Доставка руды силой взрыва на рудоспуск и торцевой выпуск	Этажная, взрыванием скважин из подземных буровых выработок	Доставка руды силой взрыва на рудоспуск и торцевым выпуском ПДМ	Естественная устойчивость массива

Продолжение табл. 1.1

Трехъярусная с открытым очистным пространством в переходной зоне и закладкой на подземном руднике	Внешнее отвалообразование	Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
	Открытое очистное пространство	Взрыванием вертикальных или наклонных скважин из карьера и буровых ортов	Площадной через воронки или траншеи; скрепером или ПДМ	Естественная устойчивость откоса
	Этажно-камерная с закладкой	Этажная, взрыванием скважин из буровых ортов	Площадной, скрепером или ПДМ	Закладкой
Трехъярусная с опережающей отработкой прибортовых запасов с закладкой	Внешнее отвалообразование	Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
	Горизонтальные слои с закладкой	Взрыванием горизонтальных шпуров	ПДМ	Закладкой
	Этажно-камерная с закладкой	Этажная, взрыванием скважин из буровых ортов	Площадной, скрепером или ПДМ	Закладкой
Трехъярусная с закладкой на подземном руднике и последующей отработкой прибортовых запасов взрыванием вееров скважин	Внешнее отвалообразование	Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
	Единое с карьером очистное пространство	Взрыванием вееров скважин из буровых штреков	Торцевой, ПДМ или экскаватор – автосамосвалы	Устойчивость откоса укрепленного тросовыми анкерами
	Этажно-камерная с закладкой	Этажная, взрыванием скважин из буровых ортов	Площадной, скрепером или ПДМ	Закладкой
Трехъярусная горизонтальными слоями с закладкой	Внешнее отвалообразование	Взрывание вертикальных или наклон. скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
	Горизонтальные слои с закладкой	Взрыванием шпуров или механизированная	ПДМ	Закладкой
	Горизонтальные слои с закладкой	Взрыванием шпуров или механизированная	ПДМ	Закладкой

Окончание табл. 1.1

Трехъярусная горизонтальными слоями с закладкой в переходной зоне и камерами с закладкой на подземном руднике	Внешнее отвалообразование	Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
	Горизонтальные слои с закладкой	Взрыванием горизонтальных или вертикальных шпуров	ПДМ	Закладкой
	Этажная или подэтаж. камерная система разработки с закладкой	Взрыванием скважин из буровых ортов	Площадной, скрепером или ПДМ	Закладкой
Двухъярусная с применением физико-химических технологий на поверхности и подземном руднике	Внешнее отвалообразование	Взрыванием вертикальных или наклонных скважин	Экскаватор – автосамосвалы	Естественная устойчивость откоса
	Горизонт. слоями с закладкой	Шпуровая	ПДМ	Закладкой
	Этажно-камерная с закладкой	Этажная отбойка скважинами из буровых ортов	Площадной выпуск, через траншеи сбор продуктивного раствора по обсадным трубам камер II очереди	Закладка камер I очереди, засыпка окатышей в камеры II очереди

Таблица 1.2

Характеристика горнотехнических систем при комбинированной геотехнологии

Горнотехническая система	Системы разработки			Последовательность разработки
	Открытые работы	Переходная зона	Подземные работы	
Трехъярусная с обрушением и сплошным выпуском	Сплошная продольная или поперечная двухбортная с внутренним отвалобразованием	Сплошная поперечная однобортная	Этажное обрушение руды и вмещающих пород	Последовательная
Двухъярусная с обрушением и торцевым выпуском	Углубочная или сплошная продольная или поперечная двухбортная с внутренним отвалобразованием	—	Подэтажное обрушение с торцевым выпуском	Последовательная
Двухъярусная с самообрушением и сплошным выпуском	Сплошная продольная или поперечная двухбортная с внутренним отвалобразованием	—	Этажное самообрушение руды	Последовательная
Трехъярусная с открытым очистным пространством и отработкой переходной зоны с закладкой под рудным целиком, обрабатываемым открытым способом	Сплошная продольная или поперечная двухбортная	Камерно-столбовая с закладкой	Камерно-столбовая	Последовательная
Трехъярусная с открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва	Сплошная продольная однобортная	Камерно-столбовая с взрывной доставкой и заполнением очистного пространства породами вскрыши	Камерно-столбовая с взрывной доставкой	Последовательная
Трехъярусная с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва	Углубочная кольцевая	Открыто-подземная с доставкой руды силой взрыва на рудоспуск	Открыто-подземная с доставкой руды силой взрыва на рудоспуск и торцевым выпуском	Последовательная

Окончание табл. 1.2

Горнотехническая система	Системы разработки			Последовательность разработки
	Открытые работы	Переходная зона	Подземные работы	
Трехъярусная с открытым очистным пространством в переходной зоне и закладкой на подземном руднике	Углубочная продольная или поперечная двухбортовая	Открыто-подземная с выпуском руды через подземные выработки	Этажная или подтажно-камерная с закладкой	Параллельная
Трехъярусная с опережающей отбойкой прибортовых запасов слоями с последующей закладкой	Углубочная поперечная двухбортовая	Горизонтальные слои по простиранию с закладкой	Этажная или подтажно-камерная с закладкой	Параллельная
Трехъярусная с закладкой на подземном руднике и последующей отработкой прибортовых запасов взрыванием вееров скважин	Углубочная поперечная двухбортовая	Взрыванием вееров скважин и открытым пространством	Этажная или подтажно-камерная с закладкой	Параллельная
Трехъярусная горизонтальными слоями с закладкой в переходной зоне и на подземном руднике	Углубочная поперечная однобортовая	Горизонтальные слои с закладкой	Горизонтальные слои с закладкой	Параллельная
Трехъярусная горизонтальными слоями с закладкой в переходной зоне и камерами с закладкой на подземном руднике	Углубочная продольная или поперечная двухбортовая	Горизонтальные слои с закладкой	Этажная или подтажно-камерная с закладкой	Параллельная
Двухъярусная с применением физико-химических технологий на поверхности и подземном руднике	Кучное выщелачивание	—	Этажная или подтажно-камерная с закладкой	Параллельная

1.2. Разработка месторождения в неустойчивых вмещающих породах и рудах возможна применением **трехъярусной горнотехнической системы с обрушением и площадным выпуском** (рис. 1.1).

Разработка месторождения в неустойчивых вмещающих породах и рудах возможна применением **трехъярусной горнотехнической системы с обрушением и площадным выпуском** (рис. 1.1).

Данная горнотехническая система предполагает последовательную отработку запасов месторождения в нисходящем порядке. Верхняя часть разрабатывается карьером. В зависимости от мощности и простирания месторождения применяются сплошная продольная или поперечная одно- или двухбортная система на открытых горных работах.

Отработка открыто-подземного яруса (ОПЯ) ведется однобортной поперечной системой разработки с применением высокопроизводительного карьерного оборудования. Для сохранения транспортных съездов карьера и вспомогательных коммуникаций, используемых при отработке ОПЯ, на нижних горизонтах карьера применяется внутреннее отвалообразование. Внутренний отвал пригружает борта карьера и способствует устойчивости массива. Кроме того, внутренний отвал препятствует аэродинамической связи карьера и шахты и проникновению сточных и паводковых вод в подземные горные выработки и за счет снижения затрат на транспортирование вскрышных пород способствует росту эффективности добычи руды на данном этапе разработки. Отбойка руды открыто-подземного яруса производится наклонными или вертикальными скважинами с выпуском руды в подземные выработки. Высота открыто-подземного яруса составляет 30–40 м, а при более устойчивых рудах может достигать 50–60 м.

На подземных горных работах применяется этажная система с обрушением руды и площадным выпуском. При большой протяженности месторождения подземные работы возможно вести параллельно с отработкой открыто-подземного яруса.

Описанная горнотехническая система рекомендуется к применению на месторождениях с невысокой ценностью полезного ископаемого и однородностью его распределения в массиве.

На пологопадающих месторождениях с невысокой ценностью минерального сырья перспективно применение **трехъярусной горнотехнической системы с открытым очистным пространством и отработкой переходной зоны с твердеющей закладкой под рудным целиком**, отработываемым после твердения искусственного массива открытым способом (рис. 1.2).

Разработка месторождения ведется последовательно. Верхняя часть залежи отработывается открытым способом поперечной одно- или двухбортной системой разработки с внешним отвалообразованием.

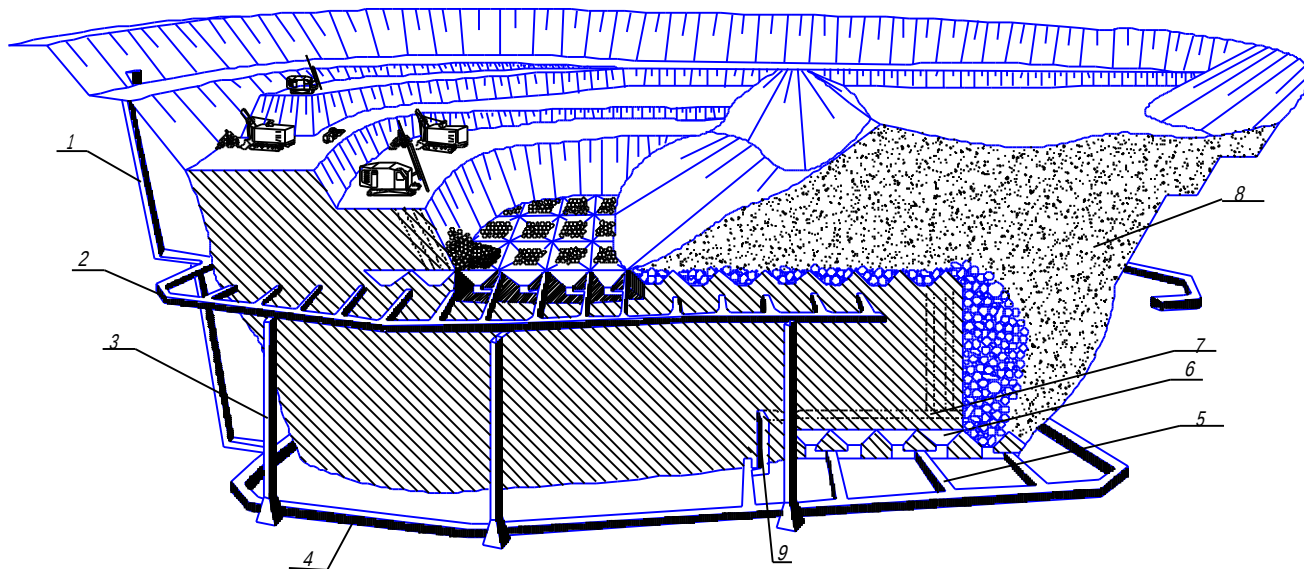


Рис. 1.1. Трехъярусная горнотехническая система с обрушением и площадным выпуском:
 1 – вентиляционно-ходовой восстающий; 2 – кольцевой доставочный штрек ОПЯ; 3 – рудопуск;
 4 – кольцевой откаточный штрек; 5 – заезды; 6 – рудоприемные воронки; 7 – буровой штрек;
 8 – внутренний отвал; 9 – восстающий

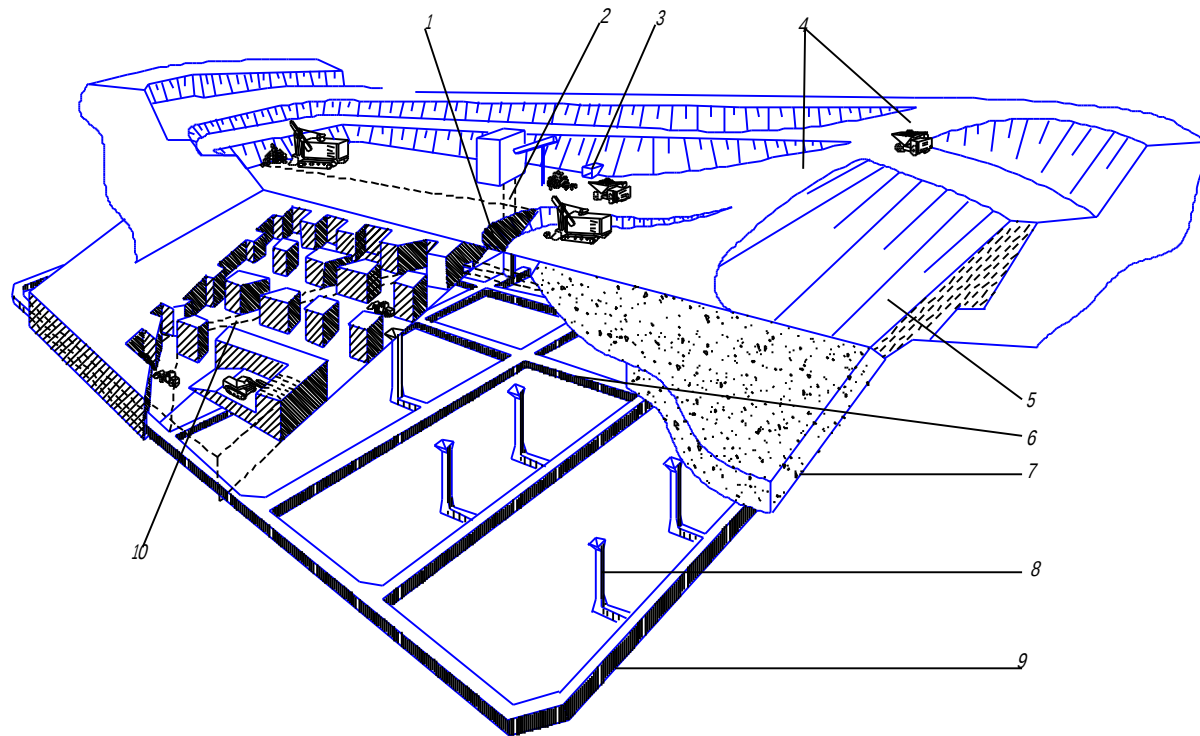


Рис. 1.2. Камерно-столбовая система разработки с закладкой и обработка рудного целлика открытыми горными работами:

1 – рудный целлик; 2 – рудоприёмный ствол; 3 – штольня; 4 – съезд на нижний горизонт карьера; 5 – внутренний отвал; 6 – вентиляционный штрек; 7 – отрабатанная панель; 8 – рудоспуск; 9 – транспортный горизонт; 10 – наклонный съезд

Строительство подземного рудника начинается одновременно с разработкой нижних горизонтов на открытых горных работах. С целью уменьшения капитальных и эксплуатационных затрат капитальные вскрывающие выработки проходятся из карьерного пространства. Через ствол шахты 2 осуществляется подъем полезного ископаемого, а наклонный съезд, пройденный из штольни 3, обеспечивает спуск и подъем в шахту людей, техники, а также подачу свежей струи воздуха.

Отработка шахтного поля ведется камерно-столбовой системой под временным рудным целиком, который предотвращает развитие аэродинамических связей между карьером и шахтой и попадание сточных вод из карьера в подземные выработки. Подготовка месторождения панельная. Ширина панелей определяется горно-геологическими параметрами месторождения и составляет от 80 до 600 м.

По мере отработки панели в зависимости от ценности руды производится полная или частичная отработка междукammerных целиков с заполнением выработанного пространства гидравлической закладкой. На границе с временным рудным целиком 1 формируется искусственный целик. После набора прочности искусственным целиком отработка рудного целика ведется открытыми горными работами параллельно с добычей руды в соседней панели. По мере отработки рудного целика над искусственным массивом открытыми работами в основании карьерной выемки формируется внутренний породный отвал 5.

Разработка наклонных залежей с невысокой ценностью руды в устойчивых вмещающих породах возможна применением **трехъярусной горнотехнической системы с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва** (рис. 1.3). Данная технология обеспечивает высокую производительность труда, низкую себестоимость добычи руды, обладает значительными ресурсосберегающими характеристиками. В целом при системе с взрывной доставкой руды на подземных работах технико-экономические показатели отработки наклонных залежей выше по сравнению с системами других классов.

Горнотехническая система предполагает последовательную отработку запасов месторождения в нисходящем порядке. Верхняя часть разрабатывается карьером. В зависимости от мощности и простираения рудной залежи применяются сплошная продольная одно- или двухбортовая система с внешним отвалообразованием.

По мере достижения карьером проектного контура приступают к отработке открыто-подземного яруса. Подготовительно-нарезные работы ведутся параллельно с доработкой карьера на нижних горизонтах. С целью уменьшения объема капитальных работ и сроков строительства подземного рудника для вскрытия шахтных запасов используется карьерное пространство, элементы технологии открытых горных работ, существующие коммуникации и сооружения.

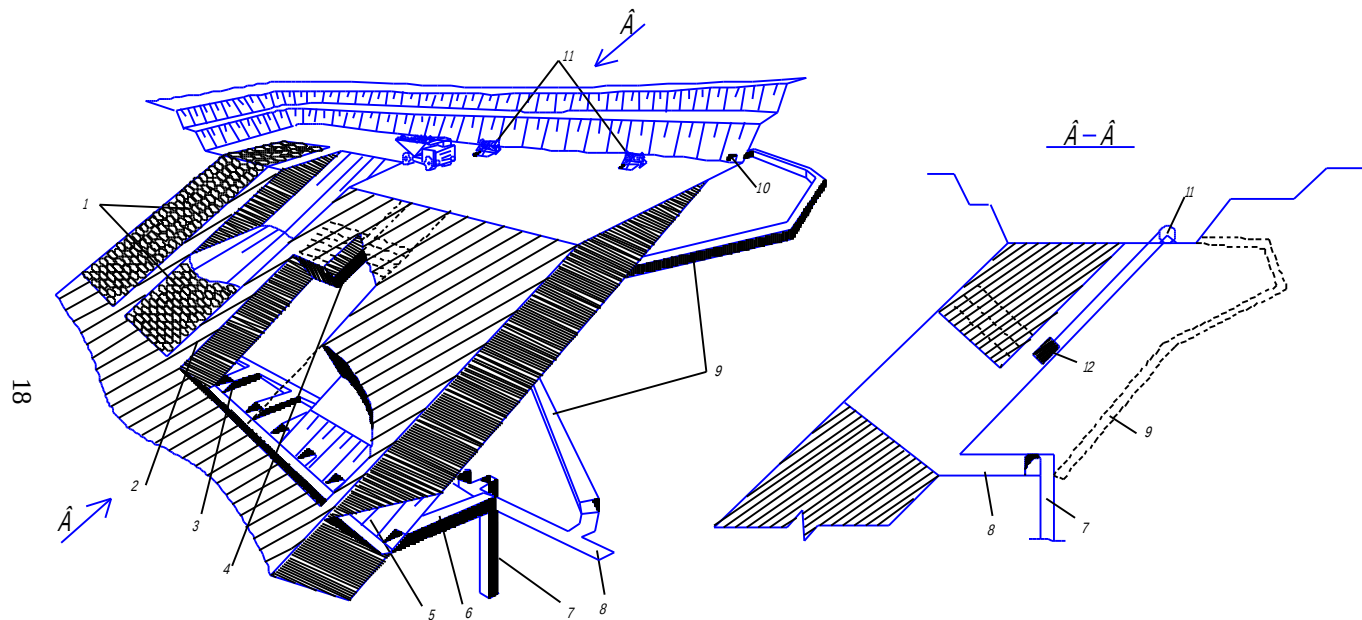


Рис. 1.3. Трехъярусная горнотехническая система с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва:

1 – сыпучая закладка; 2 – междукammerный целик; 4 – наклонный восстающий для отбойки руды;
5 – рудоприемная траншея; 6 – заезд; 7 – рудоспуск; 8 – доставочный штрек; 9 – наклонный съезд;
10 – штольня; 11 – лебедка; 12 – буровой полок

Вскрытие запасов производится со дна карьера наклонным съездом 9, который обеспечивает выдачу руды в карьер в начальный период строительства подземного рудника, а в дальнейшем выполняет вспомогательные функции.

По мере обработки открыто-подземного яруса карьерное пространство заполняется породами вскрыши. Внутренний отвал выполняет также функцию пригрузки бортов карьера со стороны висячего бока залежи и препятствует его обрушению. Применение взрывной доставки на открыто-подземных и подземных работах позволяет обрабатывать сложно-структурные залежи, а также за счет достаточно низкой себестоимости добычи возможно вовлечение в обработку руд с низким содержанием полезного компонента или невысокой его ценностью. Такая горнотехническая система в свое время была эффективно применена на Вишневогорском руднике.

Технология взрыводоставки используется также и в **трехъярусной горнотехнической системе с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва** (рис. 1.4), рекомендуемой для применения на крутопадающих месторождениях с ограниченными размерами залежи в плане при высокой устойчивости рудных и породных обнажений, в частности, обусловленной криогенностью массива. Примерами таких месторождений могут быть малые алмазоносные трубки Якутии.

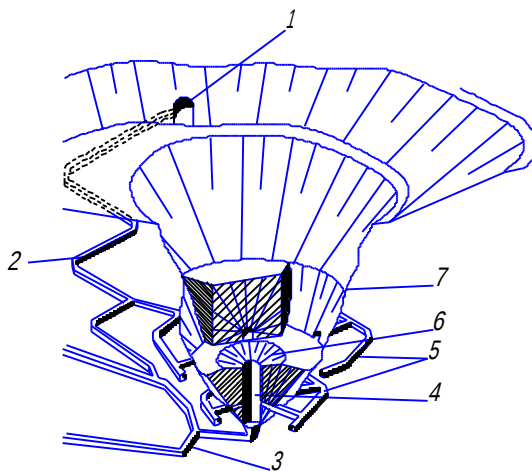


Рис. 1.4. Трехъярусная горнотехническая система с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва:

- 1 – штольня; 2 – наклонный съезд; 3 – откаточный горизонт;
- 4 – рудопуск; 5 – кольцевые штреки; 6 – рудоприемная воронка;
- 7 – контур открыто-подземных работ

Месторождение разрабатывается по последовательной или последовательно-параллельной схеме. Верхняя часть запасов обрабатывается открытым способом углубочной кольцевой системой разработки. При достижении карьером проектных контуров в открыто-подземном ярусе формируется рудоприемная воронка 6 и рудоспуск 4.

Для уменьшения капитальных затрат и сроков строительства подземного рудника используется карьерное пространство. В дне карьера проходится штольня 1 и наклонный съезд 2, который обеспечивает подъем рудной массы на поверхность, а также спуск и подъем в шахту людей и техники.

Обработка открыто-подземного яруса ведется взрыванием скважинных зарядов на рудоспуск. Доставка рудной массы к рудоспуску происходит под действием собственного веса и энергии взрыва. При расположении камер по радиальной схеме и порядке обработки от центра к флангам создается более благоприятная по фактору устойчивости обнажений геомеханическая обстановка. При малом радиусе кривизны поверхности откосов в плане возникают горизонтальные тангенциальные силы бокового зажима, которые поддерживают массивы бортов в устойчивом состоянии.

Выемка запасов небольшими по высоте слоями или вертикальными камерами ограниченных размеров позволяет вести оперативный контроль и обеспечивать регулируемое состояние массива, что особенно важно в сложной геомеханической обстановке, характерной для выемки запасов открыто-подземного яруса.

На подземных работах применяют также систему с взрывной доставкой руды на рудоспуск, формируя единое открытое очистное пространство. На большой глубине возможен переход на системы разработки с твердеющей закладкой выработанного пространства или на системы с обрушением и выпуском руды под гибким перекрытием. Такие горнотехнические системы рекомендуются для обработки кимберлитовых трубчатых пород малого диаметра.

При повышении ценности полезного ископаемого с глубиной месторождения увеличивается эффективность применения **трехъярусной горнотехнической системы с открытым очистным пространством в переходной зоне и закладкой на подземном руднике** (рис. 1.5). Разработка месторождения осуществляется комбинированным способом при параллельной схеме развития горных работ.

На открытых работах в зависимости от мощности месторождения применяются углубочные продольные или поперечные системы с внешним отвалообразованием. Для разделения подземных и открыто-подземных работ на границе между ОПЯ и подземным рудником заблаговременно параллельно с производством открытых горных работ на верхних горизонтах месторождения создается искусственный массив системами с закладкой. При этом возникает благоприятная ситуация для обработки ОПЯ открыто-подземным способом с использованием высоко-

производительного карьерного оборудования. Обработка открыто-подземного яруса ведется вертикальными или наклонными скважинами блоками шириной 15–30 м и высотой 80–120 м.

Блок обуравается со дна карьера и из подземных выработок, пройденных на 50–60 м ниже отметки дна карьера. Отбойка руды ведется в крест простирания залежи на компенсационное пространство, которое создаётся в опережающем порядке для уменьшения сейсмического воздействия на борт карьера. При таком направлении отбойки значительно сокращается дальность разлета кусков и соответственно ширина развала отбитой руды. Кроме того, повышается качество дробления рудной массы за счет дополнительного соударения кусков отбитой руды о нерабочий откос ОПЯ.

Одним из важнейших вопросов перехода к подземным работам является доработка прибортовых запасов в основании карьера, так называе-

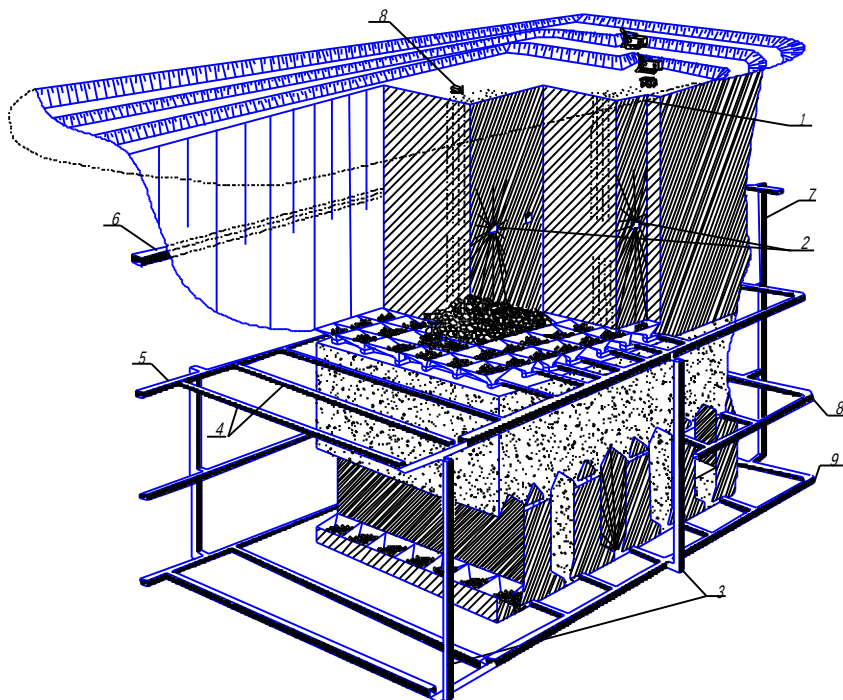


Рис. 1.5. Трехъярусная горнотехническая система с открытым очистным пространством в переходной зоне и закладкой на подземном руднике:
1 – отрезная цель; 2 – буровые орты; 3 – рудоспуски; 4 – доставочный орт;
5 – откаточный горизонт; 6 – подэтажный штрек; 7 – вентиляционно-ходовой восстающий; 8 – буровой станок на дистанционном управлении

мых «рудных треугольников». В условиях разработки месторождений ценных руд с целью снижения потерь и разубоживания руды целесообразна заблаговременная выемка прибортовых запасов с формированием взамен «рудных треугольников» искусственного массива заданной прочности. Такая технология реализуется **трехъярусной горнотехнической системой с опережающей отработкой прибортовых запасов с твердеющей закладкой** (рис. 1.6).

Месторождение разрабатывается комбинированным способом по параллельной или последовательно-параллельной схемам. Для повышения интенсивности отработки залежи и создания возможности относительно независимого развития фронтов открытых и подземных работ заблаговременно возводится искусственный разделительный целик путем отработки запасов первого подземного горизонта камерной системой с за-

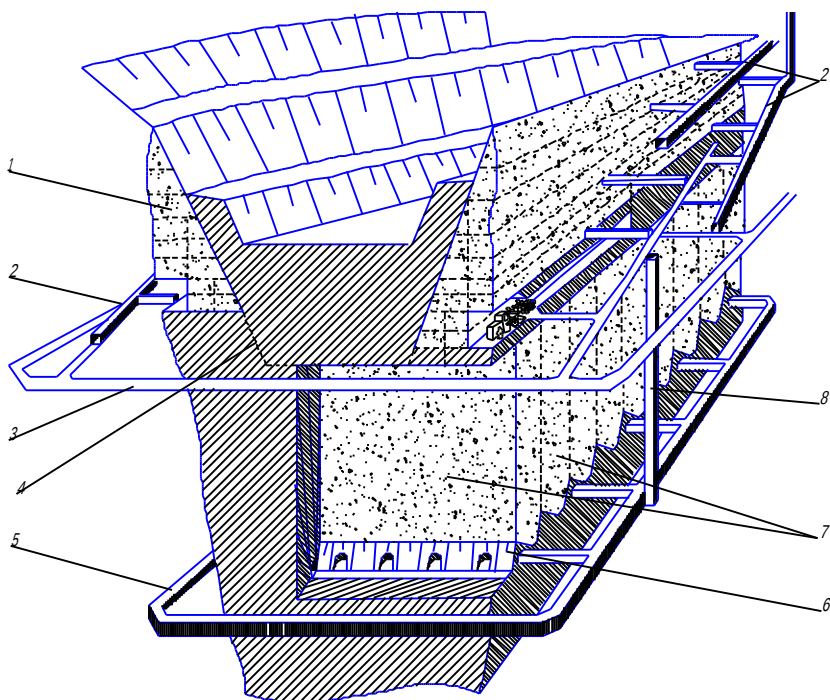


Рис. 1.6. Трехъярусная горнотехническая система с опережающей отработкой прибортовых запасов с закладкой:

- 1 – подпорные стенки; 2 – наклонный съезд; 3 – вентиляционно-закладочный горизонт; 4 – предельный контур карьера; 5 – доставочный горизонт; 6 – рудоприёмная траншея; 7 – камера; 8 – рудоспуск

кладкой с расположением камер в крест простираня рудного тела.

Затем вовлекаются в отработку прибортовые запасы слоевой системой с закладкой в нисходящем порядке с формированием устойчивого контура бортов карьера. Оставшиеся в карьерном поле запасы руды при этом выполняют роль опалубки, в последующем они отрабатываются открытым способом.

Применение данной горнотехнической системы рекомендуется на месторождениях ценных руд в слабых, сильно нарушенных породах. Возможность селективной добычи руды позволяет отрабатывать разнорудные рудные тела со сложным морфологическим строением.

На месторождениях с более устойчивыми рудами отработку прибортовых запасов целесообразно вести применением трехъярусной горнотехнической системой с закладкой на подземном руднике и последующей отработкой прибортовых запасов взрыванием вееров скважин (рис. 1.7).

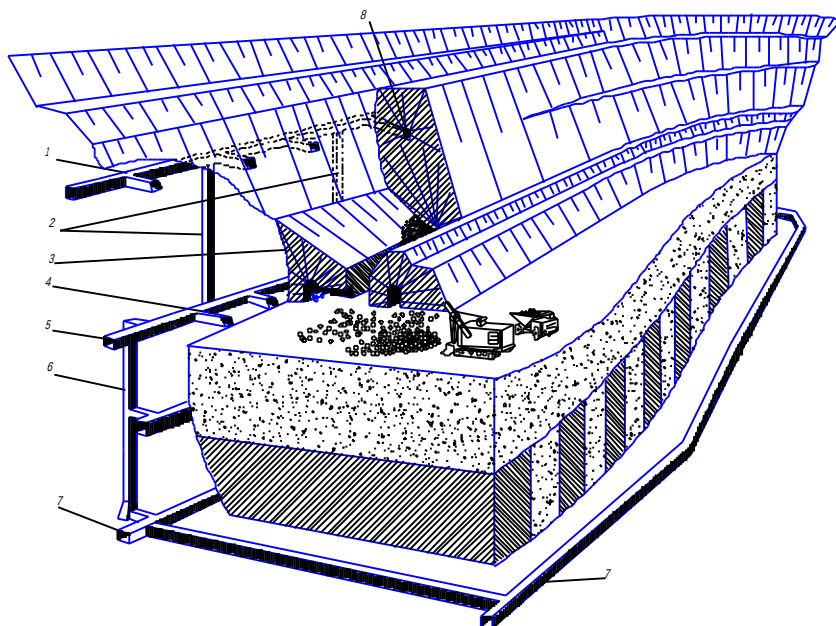


Рис. 1.7. Трехъярусная горнотехническая система с закладкой на подземном руднике и последующей отработкой прибортовых запасов взрыванием вееров скважин:

- 1 – вентиляционный штрек; 2 – вентиляционно-ходовой восстающий;*
- 3 – рудоприемная траншея; 4 – заезды; 5 – доставочный штрек;*
- 6 – рудоспуск; 7 – кольцевой откаточный штрек; 8 – буровые выработки*

Данная горнотехническая система предполагает отработку основных запасов карьером системами разработки с внешним отвалообразованием и оставлением в призме упора прибортовых рудных целиков. Для формирования надежной изоляции подземного рудника и карьера создается искусственный массив из твердеющей закладки. После набора нормативной прочности закладочным массивом осуществляется отработка прибортовых запасов путем обурирования и взрывания массива веерами скважин из подземных выработок, с частичным выпуском руды в подземные выработки и частичной погрузкой экскаваторами в карьерные автосамосвалы.

Применение горнотехнической системы возможно в устойчивых вмещающих породах и рудах со средним содержанием полезного компонента. В зависимости от геологических и горнотехнических факторов данная горнотехническая система может трансформироваться. Доработка нижних горизонтов карьера при большой его протяженности ведется системами с внутренним отвалообразованием. Оработка прибортовых запасов осуществляется под пригрузкой породами вскрыши системами разработки с обрушением руды и торцевым выпуском.

Такой вариант горнотехнической системы реализован на Учалинском руднике при отработке запасов на южном фланге одноименного месторождения.

Одним из путей интенсификации отработки месторождений с обеспечением требуемой безопасности горных работ является приоритетное применение систем с закладкой выработанного пространства, прежде всего при выемке ценных руд и при ведении очистных работ на больших глубинах.

Трехъярусная горнотехническая система с отработкой руды горизонтальными слоями с закладкой в переходной зоне и на подземном руднике (рис. 1.8) предполагает последовательно-параллельную селективную отработку запасов ценных руд. Такая горнотехническая система проектируется к реализации при комбинированной разработке алмазов трубки «Мир» (Якутия). Работы по добыче полезного ископаемого в карьере ведутся параллельно с созданием искусственного изолирующего целика 1 слоевой системой с твердеющей закладкой. Очистная выемка может вестись буровзрывным способом или с использованием комбайнов.

Опережающее создание подземным способом искусственного целика на границе переходной зоны параллельно с развитием открытых работ обеспечивает планомерное вовлечение горных мощностей в эксплуатацию при сохранении объемов добычи руды в переходный период с открытых на подземные работы. Система характеризуется высокой интенсивностью отработки месторождения, относительно независимым развитием фронтов горных работ в карьере и на шахте, благоприятными условиями работы служб вентиляции и водоотлива.

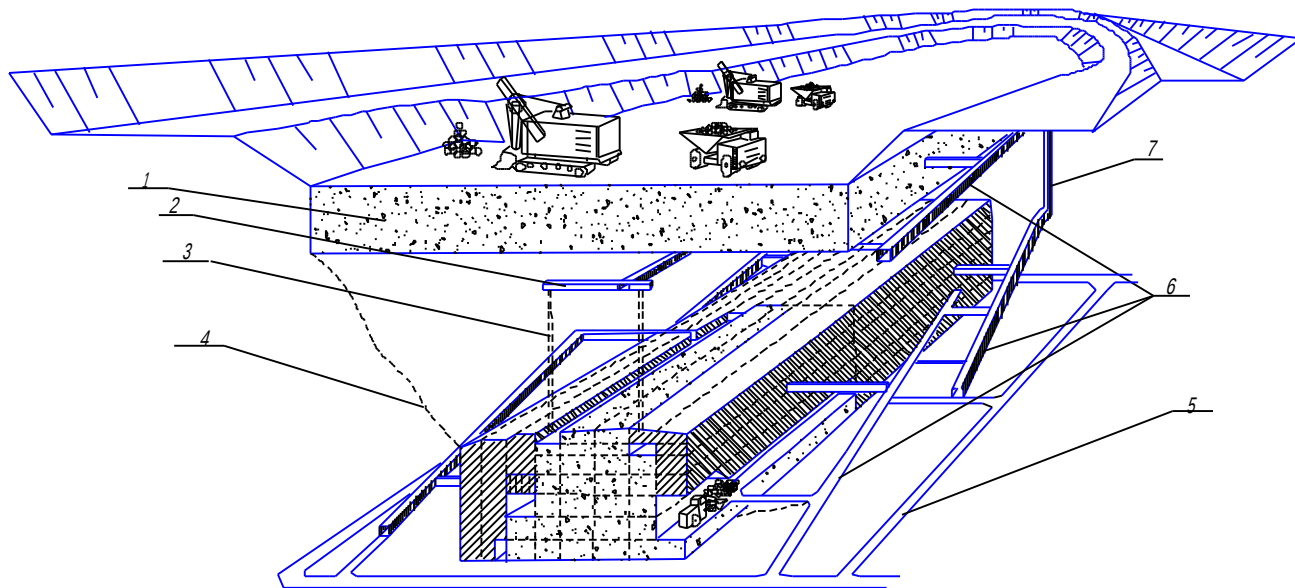


Рис. 1.8. Трехъярусная горнотехническая система с обработкой горизонтальными слоями с закладкой в переходной зоне и на подземном руднике:

*1 – искусственная потолочина; 2 – вентиляционно-закладочный горизонт; 3 – закладочные скважины;
4 – контур рудного тела; 5 – откаточный горизонт; 6 – наклонный съезд*

1.3. $\text{\AA}\hat{\text{a}}\text{\o}\text{\o}\text{\u}\text{\d}\text{\o}\text{\n}\text{\i}\text{\u}\hat{\text{a}}\ \hat{\text{a}}\hat{\text{i}}\hat{\text{o}}\text{\i}\hat{\text{o}}\hat{\text{a}}\text{\i}\hat{\text{e}}\div\hat{\text{a}}\hat{\text{n}}\hat{\text{e}}\hat{\text{e}}\hat{\text{a}}\ \hat{\text{n}}\hat{\text{e}}\hat{\text{n}}\hat{\text{o}}\hat{\text{a}}\ \hat{\text{i}}\ \hat{\text{u}}$

На месторождениях с различными технологическими сортами руд при общей их средней ценности и невысокой крепости возможно применение **двухъярусной горнотехнической системы с обрушением и торцовым выпуском** (рис. 1.9).

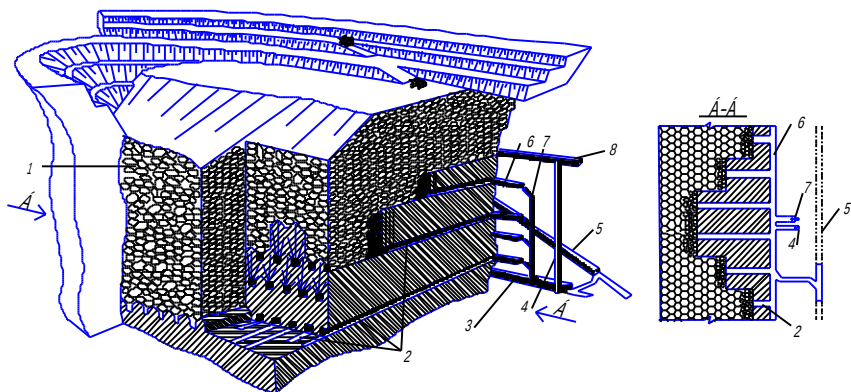


Рис. 1.9. Двухъярусная горнотехническая система с обрушением и торцовым выпуском:

- 1 – порода; 2 – буродавочные орты; 3 – откаточный штрек;
- 4 – блоковый восстающий; 5 – наклонный съезд; 6 – рудные подэтажные штреки; 7 – рудопуск; 8 – вентиляционный штрек

При применении данной горнотехнической системы месторождение разрабатывается последовательно в нисходящем порядке. Верхняя часть залежи отрабатывается открытыми горными работами до проектных контуров углубочной или сплошной двухбортной системы разработки. При большой протяженности месторождения на открытых горных работах применяются системы разработки с внутренним отвалообразованием. При отсутствии условий для внутреннего отвалообразования породная подушка создается путем перемещения вскрышных пород с внешних отвалов. В данном случае внутренний отвал не только обеспечивает надежную изоляцию карьера и подземного рудника, но и создает благоприятную ситуацию для отработки запасов ниже дна карьера системой с обрушением руды и торцовым выпуском.

Данный вариант горнотехнической системы с торцовым выпуском руды был применен на Бакальском рудоуправлении. Как показала практика горных работ, использование систем разработки с обрушением и торцовым выпуском позволяет вести селективную добычу руд с разными качественными характеристиками.

Разработка месторождения в неустойчивых вмещающих породах при склонности руды к самообрушению возможна применением **двухъярусной горнотехнической системы с самообрушением и площадным выпуском** (рис. 1.10). Повышенное горное давление в массиве пород при использовании данной системы является положительным фактором и требует обязательного учета при обосновании параметров конструктивных элементов горнотехнической системы.

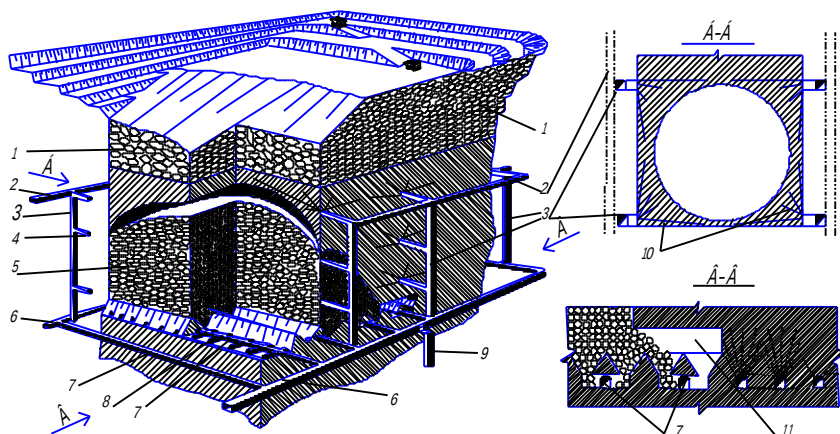


Рис. 1.10. Двухъярусная горнотехническая система с самообрушением и площадным выпуском:

- 1 – внутренний отвал; 2 – вентиляционный горизонт;
3 – смотровой восстающий; 4 – буровой орт; 5 – руда;
6 – транспортный горизонт; 7 – траншейный орт;
8 – заезд в траншею; 9 – рудопуск; 10 – буровые скважины

Разработка месторождения ведется последовательно в нисходящем порядке. Верхняя часть залежи разрабатывается открытым способом сплошной продольной или поперечной двухбортовой системой разработки с созданием в карьерном пространстве внутреннего отвала, который будет обеспечивать дополнительную нагрузку на обрабатываемый рудный массив и уменьшать силу сцепления на контакте руды с окружающими вмещающими породами. В условиях крутопадающих маломощных месторождений внутренний отвал может создаваться путем перемещения пород вскрыши с внешних отвалов.

Внедрение систем с самообрушением на подземных работах позволяет вести отработку месторождений с низкой ценностью руды, при этом достигается высокая производительность и обеспечиваются относительно небольшие затраты на добычу руды.

Месторождения с высокой ценностью, неравномерным распределением ее качества в горном массиве, присутствием нескольких сортов руды различной обогатимости возможно разрабатывать **двухъярусной горнотехнической системой со слоевой закладкой в переходной зоне и закладкой камер на подземном руднике** (рис. 1.11). Горнотехническая система предполагает последовательно-параллельную отработку месторождения. Работы по добыче полезного ископаемого в карьере ведутся параллельно с созданием искусственного изолирующего перекрытия 2-слоевой системой с закладкой буровзрывным способом.

Выемка вскрышных пород и полезного ископаемого на открытых работах ведется продольной одно- или двухбортной системой разработки до проектной глубины с транспортированием всего объема пустых пород на временные внешние отвалы. Строительство подземного рудника ведется параллельно с отработкой карьера.

Для ускорения ввода и возможности стабильного наращивания производственной мощности подземного рудника вскрытие и подготовку обрабатываемого участка целесообразно производить из карьерного пространства. При этом добытая рудная масса из отработанных участков переходной зоны вывозится в карьерное пространство и карьерным транспортом поднимается на поверхность.

Обработка шахтных запасов ведется камерами с закладкой при подэтажной отбойке руды. Применение камерных систем разработки позво-

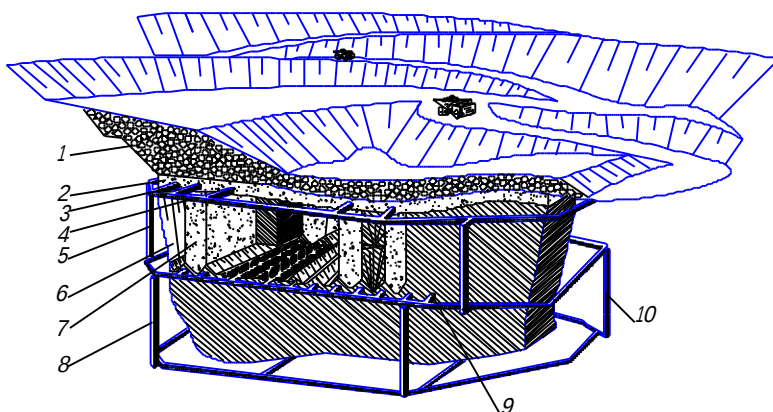


Рис. 1.11. Двухъярусная горнотехническая система со слоевой закладкой в переходной зоне и закладкой камер на подземном руднике:

- 1 – внутренний отвал; 2 – искусственная потолочина; 3 – закладочный орт;
4 – вентиляционно-закладочный штрек; 5 – вентиляционно-ходовой восстающий; 6 – камеры второй очереди; 7 – камеры первой очереди;
8 – рудопуск; 9 – трапезный орт; 10 – откаточный горизонт

ляет увеличить производительность рудника за счет вовлечения нескольких блоков в одновременную эксплуатацию и увеличенных размеров конструктивных элементов системы разработки.

Данный вариант был применен на Учалинском руднике при отработке северного фланга одноименного медно-колчеданного месторождения.

Длительное освоение месторождений традиционными открытым и подземным способами добычи привело к ощутимому истощению балансовых запасов и вовлечению в эксплуатацию более бедных, с увеличением объемов добычи, что неизбежно сопровождается ростом отходов их переработки. В современных условиях новой и принципиальной является идея замены существующего подхода к складированию отходов в хвостохранилищах на их утилизацию в подземном пространстве.

Двухъярусная горнотехническая система с применением комбинированных физико-технической и физико-химической технологий на поверхности и подземном руднике позволяет отработать месторождения практически без потерь полезного компонента (рис. 1.12).

Это обеспечивается за счет сочетания процессов добычи кондиционных запасов традиционными физико-техническими способами добычи (открытым и подземным) и отработкой некондиционных запасов на месте залегания физико-химическими способами. Причем выемочное пространство карьера и подземных камер используется для выщелачивания полезных

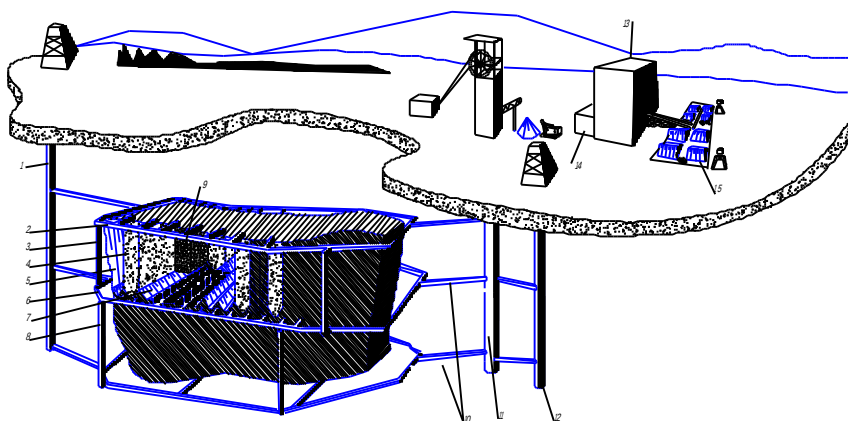


Рис. 1.12. Двухъярусная с применением физико-химических технологий на поверхности и подземном руднике;

- 1 – вентиляционный ствол; 2 – вентиляционно-закладочный горизонт;
- 3 – вентиляционно-ходовой восстающий; 4 – камеры первой очереди;
- 5 – камеры второй очереди; 6 – откаточный штрек; 7 – траншейный орт;
- 8 – рудопуск; 9 – выщелачиваемый массив хвостов обогащения; 10 – квершлаг;
- 11 – скиповой ствол; 12 – клетевой ствол; 13 – обогатительная фабрика;
- 14 – закладочная установка; 15 – площадка кучного выщелачивания

компонентов из хвостов обогащения руды, добытой физико-технической геотехнологией. А уже отходы выпечки используются для приготовления закладочной смеси подземных камер первой очереди.

Следует отметить, что технологических вариантов, основанных на сочетании физико-технических и физико-химических способов добычи, достаточно много, и они изучаются в учебном курсе «Специальные методы добычи». Здесь же хотелось подчеркнуть, что комбинация процессов физико-технической и физико-химической геотехнологии является перспективным направлением развития горных наук за счет возможности существенного повышения эффективности и полноты освоения недр Земли.

Эти задачи решаются с помощью

1. Раскройте сущность комбинированной разработки рудных месторождений.
2. Перечислите основные стадии комбинированной разработки месторождения трехъярусной горнотехнической системой.
3. Перечислите основные стадии комбинированной разработки месторождения двухъярусной горнотехнической системой.
4. Назовите принципы систематизации горнотехнических систем при комбинированной геотехнологии.
5. Охарактеризуйте последовательный и последовательно-параллельный порядок отработки запасов при комбинированной разработке месторождений.
6. Сконструируйте варианты горнотехнических систем отработки мощной крутопадающей залежи ценных руд.
7. Сконструируйте варианты горнотехнических систем селективной выемки наклонной залежи бедных руд.
8. Разработайте свой вариант горнотехнической системы на примере любого медно-колчеданного месторождения с применением физико-химических технологий.
9. Назовите преимущества использования карьерного пространства при комбинированной разработке.
10. Охарактеризуйте варианты технологии отработки переходной зоны при комбинированном способе отработки.
11. Сформулируйте условия применения и преимущества внутреннего отвалообразования при комбинированной геотехнологии.

2. Ì ÅÒÎ ÄÈÈÀ ÝÊÎ Í Î Ì È×ÅÑÊÎ ÄÎ ÑÐÀÄÎÍÎ È ÆÛÁÎÐÀ ÄÎÐÎÎÒÕÎ È×ÅÑÊÎ É ÑÈÑÒÈ Æ

2.1. ÍÁÛÈÀ ÌÐÈÖÈÛ ÄÛÁÎÐÀ ÄÎÎÒÕÎÈ÷ÅÑÊÎ ÑÈÑÒÈ

При комбинированной разработке параметры типовой горнотехнической системы и границы применения различных видов горных работ не могут быть установлены простым сравнением экономических показателей открытого и подземного способов добычи руды. Очевидно, что при освоении месторождений комбинированной геотехнологией необходимо определять границы применения способов, рассматривая совокупные экономические показатели отработки месторождения в целом с учетом взаимного влияния различных технологий.

Определение границ рационального применения открытых, открыто-подземных и подземных технологий при комбинированной разработке месторождения следует осуществлять на основе расчета суммарного дохода от освоения месторождения в целом и в расчете на одну тонну извлекаемого металла.

Для заданных горно-геологических условий с учетом удельных затрат по способам разработки, конъюнктуры рынка, нормативов экологических платежей по каждому намеченному к сравнению варианту освоения рассчитывают капитальные и эксплуатационные затраты, ущерб от потерь и разубоживания руды, экологические платежи и оценивают сравнительный годовой доход, получаемый от освоения месторождения открытым, открыто-подземным и подземным способами, в зависимости от глубины, при которой применяются различные технологии. Суммированием годовых доходов за вычетом ущерба от потерь и разубоживания руды и экологических платежей подсчитывают совокупный доход от освоения месторождения при применяемой горнотехнической системе.

В целом, доход от отработки месторождения

$$D = D_1 + D_2 + D_3, \quad (2.1)$$

где D_1 , D_2 , D_3 – совокупный доход от освоения месторождения соответственно открытой, открыто-подземной и подземной технологиями, руб.

Принятая технология должна обеспечивать отработку балансовых запасов месторождения ($Q_{\text{бал}}$) в течение всего срока освоения месторождения (T).

$$Q_{\text{бал}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_{\text{стр}} + \Pi_{\text{отр}}, \quad (2.2)$$

где Q_1, Q_2, Q_3 – запасы месторождения, обрабатываемые соответственно открытой, открыто-подземной, подземной технологиями, т; $Q_{\text{стр}}$ – запасы месторождения, извлекаемые в период создания мощностей, т; $P_{\text{отр}}$ – проектные и эксплуатационные потери, т.

Общий срок обработки месторождения

$$T = T_{\text{стр}} + T_1 + T_2 + T_3, \quad (2.3)$$

где $T_{\text{стр}}$ – продолжительность строительства карьера, лет; T_1, T_2, T_3 – время обработки месторождения соответственно открытой, открыто-подземной, подземной технологиями, лет.

Сроки обработки месторождения соответствующими технологиями:

$$T_1 = \frac{Q_1 - Q_{\text{стр}}}{A_i^r} + T_{\text{стр}}, \quad T_2 = \frac{Q_2}{A_j^r}, \quad T_3 = \frac{Q_3}{A_k^r}, \quad (2.4)$$

где A_i^r, A_j^r, A_k^r – годовая производительность по руде соответственно при открытых, открыто-подземных и подземных горных работах, т/год.

По глубине распространения месторождения H_m (м) область применения различных технологий связана зависимостью

$$H_m = H_1 + H_2 + H_3, \quad (2.5)$$

где H_1 – глубина открытых горных работ, м; H_2 – высота переходной зоны, м; H_3 – размер зоны подземных горных работ по вертикали, м.

Суммарный доход от разработки месторождения открытым способом

$$D_1 = \sum_i^{N_1} \sum_t^{T_1} D_{it}, \quad (2.6)$$

где D_{it} – ежегодный доход от обработки месторождения открытым способом, руб.; i – порядковый номер уступа карьера считается сверху; N_1 – общее количество уступов карьера глубиной H_{1i} ; $N_1 = H_1/h_y$, h_y – высота уступа, м; t – текущий год освоения месторождения, лет.

Суммарный доход от разработки открыто-подземным способом

$$D_2 = \sum_j^{N_2} \sum_{T_1}^{T_2} D_{jt}, \quad (2.7)$$

где D_{jt} – ежегодный доход от обработки месторождения открыто-подземным способом, руб.; j – номер варианта, определяемого технологической схемой обработки; N_2 – количество конкурирующих вариантов систем открыто-подземной разработки.

Суммарный доход от разработки месторождения подземным способом

$$D_3 = \sum_k^{N_3} \sum_{T_2}^{T_3} D_{kt}, \quad (2.8)$$

где D_{kt} – ежегодный доход от отработки месторождения подземным способом, руб.; k – номер варианта, определяемый конкурирующим вариантом систем подземной разработки; N_3 – количество конкурирующих вариантов систем подземной разработки.

Годовой доход предприятия в текущем году независимо от способа разработки запасов определяется

$$D_{(i,j,k)t} = B_t - K_t + A_t - \Xi_t - H_t, \quad (2.9)$$

где B_t – годовая выручка от реализации продукции в t -м году, руб.; K_t – капитальные затраты в t -м году, руб.; A_t – амортизация в t -м году, руб.; Ξ_t – эксплуатационные затраты без амортизационных отчислений в t -м году, руб.; H_t – налоги с деятельности предприятия в t -м году, руб.

Выручка от реализации продукции B_t , руб.

$$B_t = A_{(i,j,k)t}^r \cdot \left(\frac{1 - \Pi_{(i,j,k)t}}{1 - P_{(i,j,k)t}} \right) \cdot \alpha_{cp} \cdot E_{cp} \cdot \Pi_{cp} \cdot k_{\$}, \quad (2.10)$$

где $A_{(i,j,k)t}^r$ – годовая производительность рудника, т; $\Pi_{(i,j,k)t}$, $P_{(i,j,k)t}$ – соответственно потери и разубоживание, определяемые системой и способом разработки и не зависящие от t , доли ед.; α_{cp} – среднее содержание полезных компонентов, приведенных к условному содержанию основного компонента, зависящее от H_t , доли ед.; E_{cp} – среднее извлечение полезных ископаемых при обогащении, доли ед.; Π_{cp} – средняя цена полезного ископаемого, у.е.; $k_{\$}$ – текущий курс у.е. (доллара), руб.

Капитальные затраты по годам разработки включают

$$K_t = \sum_{t=1}^T K_{(i,j,k)t}^{PP} + K_{(i,j,k)t}^C + K_{(i,j,k)t}^3 + K_{(i,j,k)t}^H, \quad (2.11)$$

где $K_{(i,j,k)t}^{PP}$ – затраты на проектирование, руб.; $K_{(i,j,k)t}^C$ – затраты на строительство, руб.; $K_{(i,j,k)t}^3$ – на покрытие ущерба от изымаемых земель, руб.; $K_{(i,j,k)t}^H$ – единовременный арендный взнос за право пользования недрами, руб.

Эксплуатационные расходы с учетом экологических платежей при различных технологиях по годам разработки в руб.

$$\Xi_{(i,j,k)t} = Z_{(i,j,k)t}^{\text{д}} + Z_{\text{it}}^{\text{в}} + O_{(i,j,k)t} + \Pi_{(i,j,k)t}, \quad (2.12)$$

где $Z_{(i,j,k)t}^{\text{д}}$ – затраты на добычу руды по способам разработки, руб.; $Z_{\text{it}}^{\text{в}}$ – расходы на вскрышу, руб.; $O_{(i,j,k)t}$ – затраты на обогащение, руб.; $\Pi_{(i,j,k)t}$ – экологические отчисления, руб.

Затраты на добычу руды открытым способом по годам, руб.

$$Z_{\text{it}}^{\text{д}} = A_{\text{it}}^{\text{г}} \cdot (C_{\text{it}}^{\text{д}} + C_{\text{it}}^{\text{тп}} \cdot H_{\text{т}} \cdot k_{\text{ук}} / I) \cdot k_{\text{с}}, \quad (2.13)$$

где $C_{\text{it}}^{\text{д}}$ – себестоимость добычи руды без учёта на транспортирование, у.е./т; $C_{\text{it}}^{\text{тп}}$ – себестоимость транспортирования, у.е./т·км; I – руководящий уклон, доли ед.

Затраты на добычу руды открыто-подземными технологиями по годам разработок, руб.

$$Z_{\text{jt}}^{\text{д}} = A_{\text{jt}}^{\text{г}} \cdot C_{\text{jt}}^{\text{д}} \cdot k_{\text{с}}, \quad (2.14)$$

где $C_{\text{jt}}^{\text{д}}$ – себестоимость добычи руды открыто-подземной технологией, у.е./т.

Затраты на добычу руды подземным способом по годам, руб.

$$Z_{\text{kt}}^{\text{д}} = A_{\text{kt}}^{\text{г}} \cdot C_{\text{kt}}^{\text{д}} \cdot k_{\text{с}}, \quad (2.15)$$

где $C_{\text{k}}^{\text{д}}$ – себестоимость добычи руды подземным способом, у.е./т.

Расходы на вскрышу, руб.

$$Z_{\text{it}}^{\text{в}} = V_{\text{it}} \cdot (C_{\text{it}}^{\text{в}} + C_{\text{it}}^{\text{тп.в}} \cdot k_{\text{ук}} \cdot H_{\text{т}} / I) \cdot k_{\text{с}}, \quad (2.16)$$

где V_{it} – объём вскрыши в t -м году, м³; $C_{\text{it}}^{\text{в}}$ – себестоимость вскрыши без учёта на транспортирование, у.е./м³; $C_{\text{it}}^{\text{тп.в}}$ – себестоимость транспортирования, у.е./м³·км.

Затраты на обогащение по годам разработки, руб.

$$O_{(i,j,k)t} = A_{(i,j,k)t}^{\text{г}} \cdot C_{(i,j,k)t}^{\text{об}} \cdot k_{\text{с}}, \quad (2.17)$$

где $C_{(i,j,k)t}^{\text{об}}$ – себестоимость обогащения 1 т добытой руды по способам, у.е./т.

Ежегодные экологические отчисления, руб.

$$\Pi_{(i,j,k)t} = \Pi_{(i,j,k)t}^{\text{д}} + \Pi_{(i,j,k)t}^{\text{вмсб}} + H_{(i,j,k)t}^{\text{з}} + \Pi_{(i,j,k)t}^{\text{отв}} + \Pi_{(i,j,k)t}^{\text{вис}}, \quad (2.18)$$

где $\Pi_{(i,j,k)t}^{\text{д}}$ – платежи за добычу полезного ископаемого, руб.; $\Pi_{(i,j,k)t}^{\text{вмсб}}$ – пла-

тежи на воспроизводство минерально-сырьевой базы, руб.; $H_{(i,j,k)t}^3$ – налог на землю, руб.; $\Pi_{(i,j,k)t}^{отв}$ – ежегодный налог за размещение отходов производства, руб.; $\Pi_{(i,j,k)t}^{вис}$ – ежегодные платежи за сбросы и выбросы в окружающую среду, руб.,

$$\Pi_{(i,j,k)t}^д = A_{(i,j,k)t}^r \cdot \Pi_{cp} \cdot \alpha_{cp} \cdot r_{(i,j,k)t} \cdot k_{(i,j,k)t}^{np} \cdot k_{\$}, \quad (2.19)$$

где $r_{(i,j,k)t}$ – размер ставки платы за право добычи, зависит от вида добываемого сырья, доли ед.; $k_{(i,j,k)t}^{np}$ – коэффициент освоения проектной мощности,

$$\Pi_{(i,j,k)t}^{вмсб} = A_{(i,j,k)t}^r \cdot \Pi_{cp} \cdot \alpha_{cp} \cdot q \cdot k_{(i,j,k)t}^{np} \cdot k_{\$}, \quad (2.20)$$

где q – размер ставки отчислений за воспроизводство минерально-сырьевой базы, зависящий от вида полезного ископаемого, доли ед.

$$\Pi_{(i,j,k)t}^3 = \left[\pi \cdot H_{(1,2,3)}^2 + (2H_{(1,2,3)} + m) \cdot L_{np} \right] \cdot 10^{-4} \cdot \Pi^{нз} \cdot k_{уд}, \quad (2.21)$$

где m – средняя мощность рудного тела, м; L_{np} – средняя длина по простиранию рудного тела, м; $\Pi^{нз}$ – цена руды, руб./т,

$$\Pi_{it}^{отв} = V_{it} \cdot p^{отв} \cdot k_{\$}, \quad (2.22)$$

где $p^{отв}$ – плата за размещение отвалов, у.е./м³,

$$\begin{aligned} \Pi_{it}^{вис} = & A_{it}^r \cdot (M^{вр} \cdot p^{вр} + M^{ср} \cdot p^{ср}) + \\ & + V_{it} \cdot \gamma_{п} \cdot 10^{-3} \cdot (M^{вп} \cdot p^{вп} + M^{сп} \cdot p^{сп}), \end{aligned} \quad (2.23)$$

где $M^{вр}$, $M^{ср}$ – предельно допустимые концентрации ряда вредных веществ соответственно в выбросах и сбросах на 1 т добытой руды, усл.т/т; $M^{вп}$, $M^{сп}$ – предельно допустимые концентрации ряда вредных веществ соответственно в выбросах и сбросах на 1 т вскрышной породы, усл.т/т; $p^{вр}$, $p^{ср}$ – нормативы ежегодной платы за выбросы и сбросы вредных веществ на 1 т добытой руды, руб./т; $p^{вп}$, $p^{сп}$ – нормативы ежегодной платы за выбросы и сбросы вредных веществ на 1 т вскрытой породы, руб./т.

$$\Pi_{(j,k)t}^{вис} = A_{(j,k)t}^r \cdot (M^{вр} \cdot p^{вр} + M^{ср} \cdot p^{ср}). \quad (2.24)$$

Для стратегических технологических решений при неравномерном распределении затрат и доходов во времени, а оценка именно таких решений является наиболее актуальной при разработке ценных крутопадающих месторождений, наиболее приемлемым в условиях рынка явля-

ется экономический критерий сравнительной оценки эффективности – минимум удельных затрат на 1 т извлекаемого металла и максимум сравнительного дохода от освоения запасов месторождения также на 1 т извлекаемого металла. В качестве дополнительных критериев эффективности может рассматриваться внутренняя норма доходности ($E_{внд}$), определяемая из уравнения:

$$\sum_{t=1}^T \frac{R_t - 3_t^+}{(1 + E_{внд})^{t-1}} = \sum_{t=1}^T \frac{K_t}{(1 + E_{внд})^{t-1}}, \quad (2.25)$$

где $E_{внд}$ – внутренняя норма доходности, доли. ед.

А также сравнительный чистый дисконтированный доход (руб.).

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T (R_t - 3_t^+) \cdot \frac{1}{(1 + E)^{t-1}}, \quad (2.26)$$

где E – ставка дисконтирования, доли ед.

И индекс доходности, %

$$\text{ИД} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{t=1}^T (R_t - 3_t^+) \cdot \frac{1}{(1 + E)^{t-1}}. \quad (2.27)$$

Недостатками внутренней нормы доходности (ВНД) являются: сложность решения и нахождения корней уравнения, а также появление иррациональных значений при отрицательном подкоренном выражении в определенных условиях. Решение данных вопросов возможно при помощи пункта “Поиск решения” в электронной таблице типа Exesel. Недостатком критерия чистого дисконтированного дохода при длительном сроке отработки месторождения является сведение к нулю экономических эффектов на отдаленных периодах разработки.

2.2. $\hat{O}\hat{a}\hat{e}\hat{o}\hat{i}\hat{\partial}\hat{u}, \hat{a}\hat{e}\hat{e}\hat{y}\hat{p}\hat{u}\hat{e}\hat{a}\hat{i}\hat{a}\hat{i}\hat{e}\hat{a}\hat{n}\hat{o}\hat{u}$ $\hat{y}\hat{o}\hat{o}\hat{a}\hat{e}\hat{o}\hat{e}\hat{a}\hat{i}\hat{i}\hat{a}\hat{i}\hat{i}\hat{\partial}\hat{e}\hat{i}\hat{a}\hat{i}\hat{e}\hat{y}$ $\hat{i}\hat{o}\hat{e}\hat{\partial}\hat{u}\hat{o}\hat{i} - \hat{i}\hat{i}\hat{a}\hat{a}\hat{i}\hat{i}\hat{u}\hat{o}\hat{a}\hat{o}\hat{i}\hat{i}\hat{e}\hat{i}\hat{a}\hat{e}\hat{e}$

Факторы, влияющие на определение границ применения открыто-подземных технологий, можно разделить на условно-постоянные (геологическое строение и морфология месторождения, содержание полезных компонентов в руде и его изменение по месторождению) и переменные (конъюнктура рынка минерального сырья, технические показатели, характеризующие различные этапы разработки, нормы экологических отчислений, показатели извлечения из недр и затраты на добычу по способам).

Изучение условий, влияющих на эффективность освоения месторождения, показало, что на положение границ применения открыто-подземных геотехнологий влияют в совокупности многочисленные факторы, и оптимизация возможна на основе расчетов типовых альтернативных вариантов и этапов развития горных работ во времени и пространстве в единой технологической схеме освоения недр на отдельных участках и в границах месторождений в целом. Влияние последовательности и интенсивности разработки месторождения на выбор геотехнологической стратегии освоения недр определяется на основе численных экспериментов функционирования открытых, открыто-подземных и подземных геотехнологий на базе компьютерного имитационного моделирования.

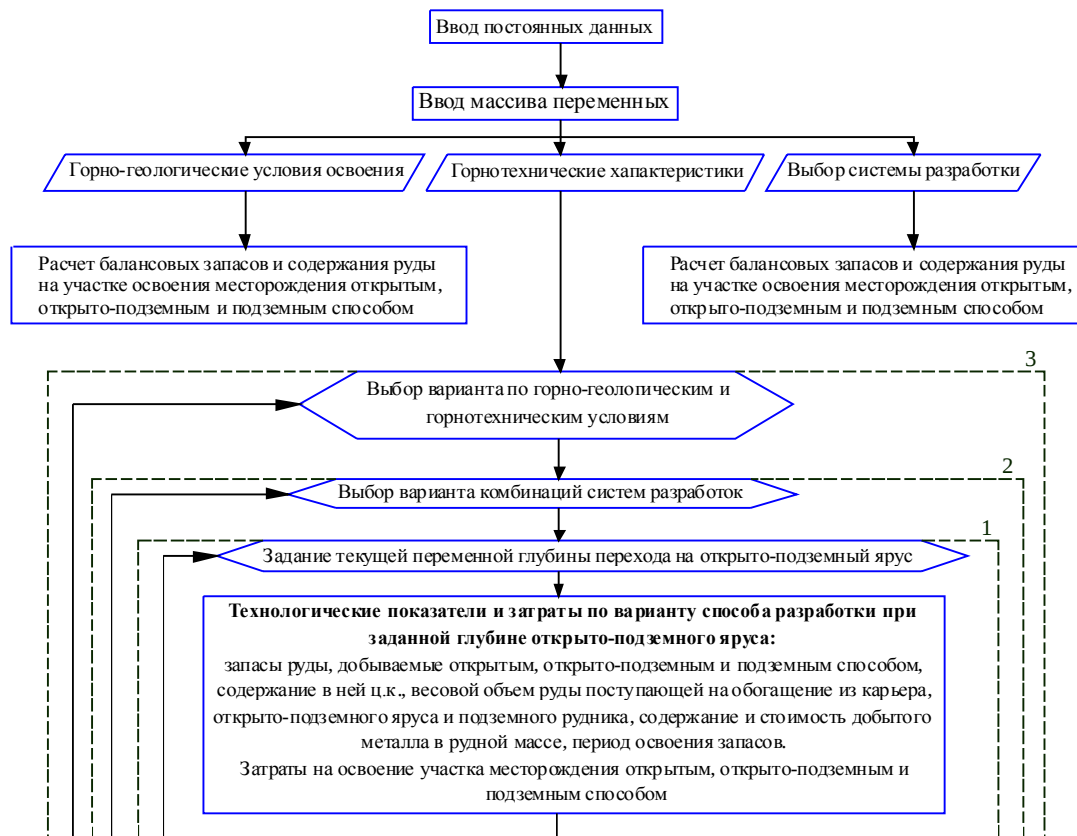
По мере развития открытых горных работ изменяется положение участков месторождения, проектируемых для комбинированной разработки, что характеризуется определенным набором факторов, влияющих как на выбор системы разработки, так и всей технологической схемы добычи.

При отработке карьера возможны варианты с внутренним и внешним отвалообразованием. Различие в способах отвалообразования существенным образом влияет на эксплуатационные затраты рудника и размер экологических платежей. В открыто-подземной зоне изменяются высота и угол наклона уступа, зависящие от глубины карьера, а также способы управления состоянием массива (анкерным креплением, закладкой выработанного пространства, пригрузкой бортов породами вскрыши). На подземных работах рассматриваются варианты с обрушением руды и вмещающих пород, с открытым очистным пространством и с закладкой.

Алгоритм определения параметров комбинированных геотехнологий и изучения влияния постоянных и переменных факторов на границы рационального применения открытых, открыто-подземных и подземных технологий, а также порядок отработки месторождения в целом и его отдельных участков представлен на рис. 2.1.

Значение экономического критерия с учетом экологических последствий является функцией двух основных переменных – высоты открыто-подземного яруса (ОПЯ) и высоты отметки его верхней границы. Интегральный эффект от освоения месторождений зависит как от каждого из вышеперечисленных постоянных и переменных параметров, так и от их совокупного влияния во времени и пространстве. Установлено, что последовательность ввода в эксплуатацию горных объектов, входящих в состав горнотехнических систем, определяет оптимальные сроки их функционирования. При этом в рамках обоснования долгосрочной стратегии увеличение высоты открыто-подземного яруса может происходить за счет запасов как открытых, так и подземных горных работ.

Существенное влияние на экономическую эффективность освоения месторождений оказывают экологические факторы (отвалообразование, размещение отходов и др.) – 26–28%, затраты на выемку и транспортирование вскрыши – соответственно 23–25 и 16–18% и удельные затраты на 1 т руды,



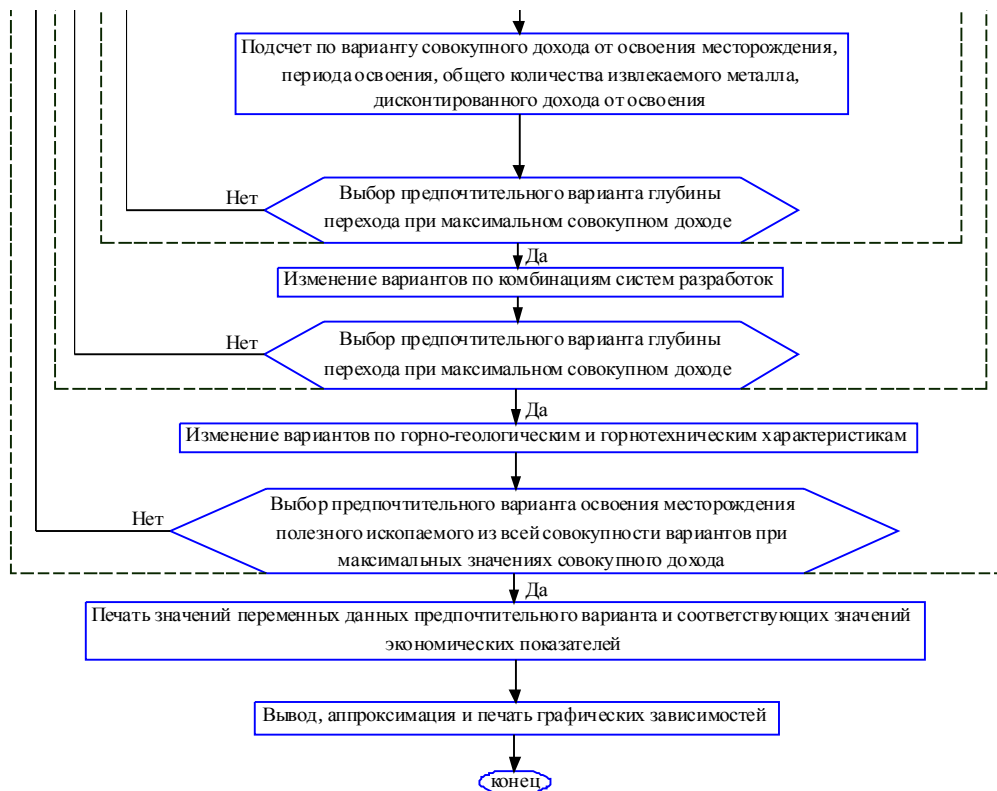


Рис. 2.1. Алгоритм экономико-математической модели определения варианта и параметров горнотехнической системы комбинированной геотехнологии

извлекаемой подземным способом, – 21–22%; в меньшей степени, в сравнении с вышеуказанными факторами, влияют показатели добычи руды открыто-подземной технологией.

В качестве примера на рис. 2.2 показано изменение общих расходов на освоение монометаллического месторождения с заданными типовыми параметрами от глубины перехода на открыто-подземную геотехнологию.

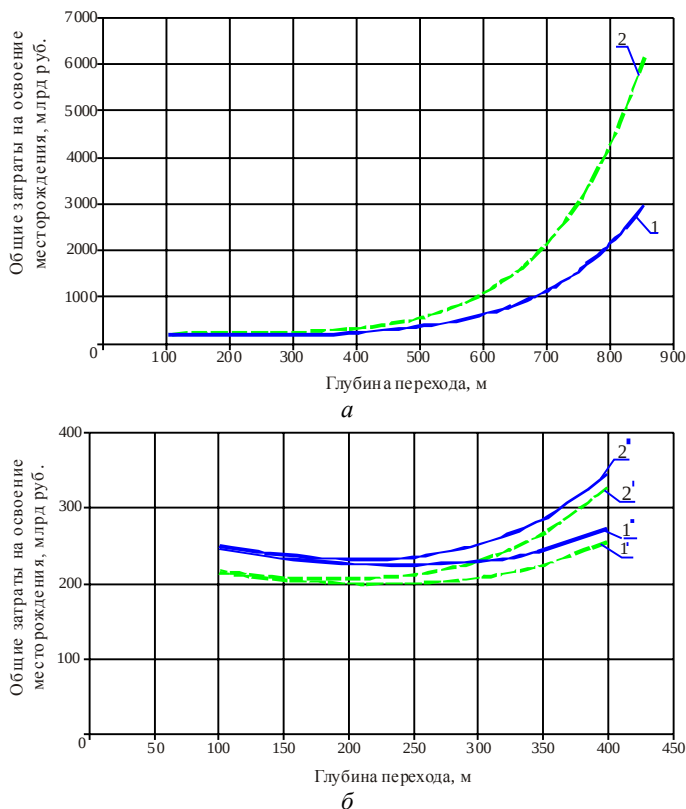


Рис. 2.2. Зависимость общих затрат на освоение всего месторождения от глубины перехода на открыто-подземную геотехнологию (а) и фрагмент этой зависимости, характеризующий оптимальную область перехода (б) при 1, 2 – внутреннем и внешнем отвалообразовании и управлении состоянием массива: 1' – обрушением, 1'' – закладкой, 2' – тросовым креплением в переходной зоне и обрушением на подземных работах, 2'' – закладкой

Приведенные графические зависимости свидетельствуют, что применение вариантов разработки с использованием выработанных пространств для внутреннего отвалообразования позволяет повысить эффективность освое-

ния месторождения на 20–25%, а на параметры рационального формирования горнотехнических систем преимущественное влияние оказывает выбранный способ управления состоянием массива, который и определяет выбор конкретного предпочтительного варианта горнотехнической системы. Так, в вариантах с внутренним отвалообразованием в выработанном пространстве карьера и системами разработки с обрушением на подземных работах глубина эффективного перехода на открыто-подземные технологии составила 300–350 м, в вариантах с внешним отвалообразованием и обрушением на подземных работах 200–250 м, а с закладкой – 250–300 м.

2.3. Ýêîíîèèêî-ìàðàìàðè÷ãèàÿ ìîäåëü îáåàñòå ðåëèåííîé è âèäíîé-ðàðíîé îáëàñòè ðàöèîíàëüíîé òåõíîëîãèè

Для определения рациональной области и параметров комбинированной технологии, в частности границ эффективного применения открыто-подземных технологий, в соответствии с представленным выше (см. рис. 2.1.) алгоритмом рассматривается совокупный доход от освоения месторождения открытым, открыто-подземным и подземным способами при разной глубине карьера.

С учетом параметров рудного тела задают глубину карьера H_k и по принятой устойчивой высоте уступа рассчитывают число возможных вариантов i открытой технологии:

$$H_i^k = H_z + i \cdot H_y, \quad (2.28)$$

$$i = 1, \dots, n = \frac{H_n - H_z}{H_y}. \quad (2.29)$$

По фактору устойчивости и техническим возможностям принятого оборудования определяют высоту переходной зоны. Исходными переменными для расчета устойчивой высоты открыто-подземного яруса являются: пространственные параметры карьера; физико-механические характеристики массивов горных пород; компоненты природного поля напряжений. Для укрупненных расчетов можно воспользоваться следующей эмпирической зависимостью (коэффициент регрессии 0,99) высоты открыто-подземного яруса $H_{опя}$ м:

$$H_{опя} = \frac{550}{K_{з.у}} 1,1C \cdot 0,998 H_k \cdot 0,97 \alpha_k, \quad (2.30)$$

где $K_{з.у}$ – коэффициент запаса устойчивости (1–1,3); C – сцепление руды и пород (0,5–5), МПа; α_k – угол откоса борта карьера (20–90), град; H_k – глубина карьера (50–850), м.

Расчетную высоту переходной зоны проверяют по техническим возможностям применяемого на основных процессах очистной выемки технологического оборудования для открытых горных работ.

Далее устанавливают границы подземных горных работ путем вычитания из общей глубины распространения рудной залежи глубины карьера и высоты открыто-подземного яруса. После этого подсчитывают запасы руды, извлекаемые открытым, открыто-подземным и подземным способами. Запасы руды и объемы вскрыши для открытых горных работ подсчитывают по тригонометрическим формулам с учетом предельных устойчивых углов откоса бортов карьера и открыто-подземного яруса.

Для расчета годовой производительности рудников в соответствии с горнотехническими возможностями выбирают технологические схемы освоения запасов и системы разработки по критерию минимума затрат на добычу полезного ископаемого с учетом ущерба от потерь и разубоживания руды.

При укрупненных расчетах эксплуатационных затрат по способам разработки пользуются удельными затратами как функцией глубины горных работ, высоты ОПЯ, производительности рудника, крепости пород (2.31)–(2.38) либо суммируют затраты по процессам.

Зависимости себестоимости добычи руды открытым способом ($C_{ор}$) от годовой производительности, глубины карьера, крепости руды и пород:

- при внутреннем отвалообразовании:

$$C_{o1} = 37,5 \cdot 1.0024 N_{огр} \cdot 0,95 A_{огр} \cdot 1,0043 f ; \quad (2.31)$$

- при внешнем отвалообразовании:

$$C_{o2} = 93,75 \cdot 1.006 N_{огр} \cdot 0,95 A_{огр} \cdot 1,0043 f , \quad (2.32)$$

где $N_{огр}$ – глубина открытых горных работ (50–850), м; $A_{огр}$ – производительность открытых горных работ (0,1–20), млн т/год; f – коэффициент крепости руды и пород по шкале проф. М.И. Протодяконова (2–20).

Зависимости себестоимости открыто-подземной добычи от производительности рудника в переходной зоне, высоты открыто-подземного яруса и крепости рудной массы:

- при открытом в карьер очистном пространстве и тросовом креплении откосов открыто-подземного яруса

$$C_{опя1} = 112,9 \cdot 0,993 N_{опя} \cdot 0,99 A_{опя} \cdot 1,001 f ; \quad (2.33)$$

- при обрушении руды и вмещающих пород

$$C_{опя2} = 112,9 \cdot 0,993 N_{опя} \cdot 0,9796 A_{опя} \cdot 1,001 f ; \quad (2.34)$$

- при закладке выработанного пространства

$$C_{\text{опя3}} = 146,74 \cdot 0,993 N_{\text{опя}} \cdot 0,99 A_{\text{опя}} \cdot 1,001f, \quad (2.35)$$

где $N_{\text{опя}}$ – высота открыто-подземного яруса (10–160), м; $A_{\text{опя}}$ – производительность рудника в переходной зоне (0,1–16), млн т/год.

Себестоимости добычи 1 т руды подземными работами в зависимости от производительности шахты, глубины горных работ и крепости руды:

- с естественным поддержанием очистного пространства

$$C_{\text{пгр1}} = 112,9 \cdot 0,993 N_{\text{пгр}} \cdot 0,99 A_{\text{пгр}} \cdot 1,001f; \quad (2.36)$$

- с обрушением руды и вмещающих пород

$$C_{\text{пгр2}} = 112,9 \cdot 0,993 N_{\text{пгр}} \cdot 0,9796 A_{\text{пгр}} \cdot 1,001f; \quad (2.37)$$

- с закладкой выработанного пространства

$$C_{\text{пгр3}} = 146,74 \cdot 0,993 N_{\text{пгр}} \cdot 0,99 A_{\text{пгр}} \cdot 1,001f, \quad (2.38)$$

где $N_{\text{пгр}}$ – глубина подземных горных работ (50–850), м; $A_{\text{пгр}}$ – производительность подземного рудника (0,1–16), млн т/год.

После определения технологических схем и подсчета запасов по горизонтам месторождения определяют годовую производственную мощность рудников при различных способах разработки и составляют календарный план освоения месторождения.

Зная производительность по способам разработки и объемы вскрышных работ на карьере, рассчитывают экономические показатели принятого проекта согласно экономико-математической модели. По каждому варианту, имеющему свою предельную глубину перехода на открыто-подземную технологию, рассчитывают совокупные экономические показатели освоения месторождения: чистый доход; чистый дисконтированный доход; индекс доходности; внутреннюю норму доходности. Рациональные значения границ открытых горных работ, переходной зоны и подземных горных работ находят по оптимальным значениям экономических показателей проектов.

Наибольший эффект применения комбинированного способа добычи может быть обеспечен в случае рассмотрения на предпроектной стадии технологических решений по поэтапной разработке рудных запасов различными способами в едином технологическом проекте, в котором определены области эффективного применения каждой технологической схемы и созданы условия благоприятного перехода от одной технологии к другой.

При переходе к рыночной экономике в условиях самофинансирования предприятий наибольшее распространение получили две концепту-

альные модели освоения месторождения – с последовательным или последовательно-параллельным переходом с открытой на подземную разработку с включением в проект отработки переходной зоны вариантов комбинированной технологии (рис. 2.3).

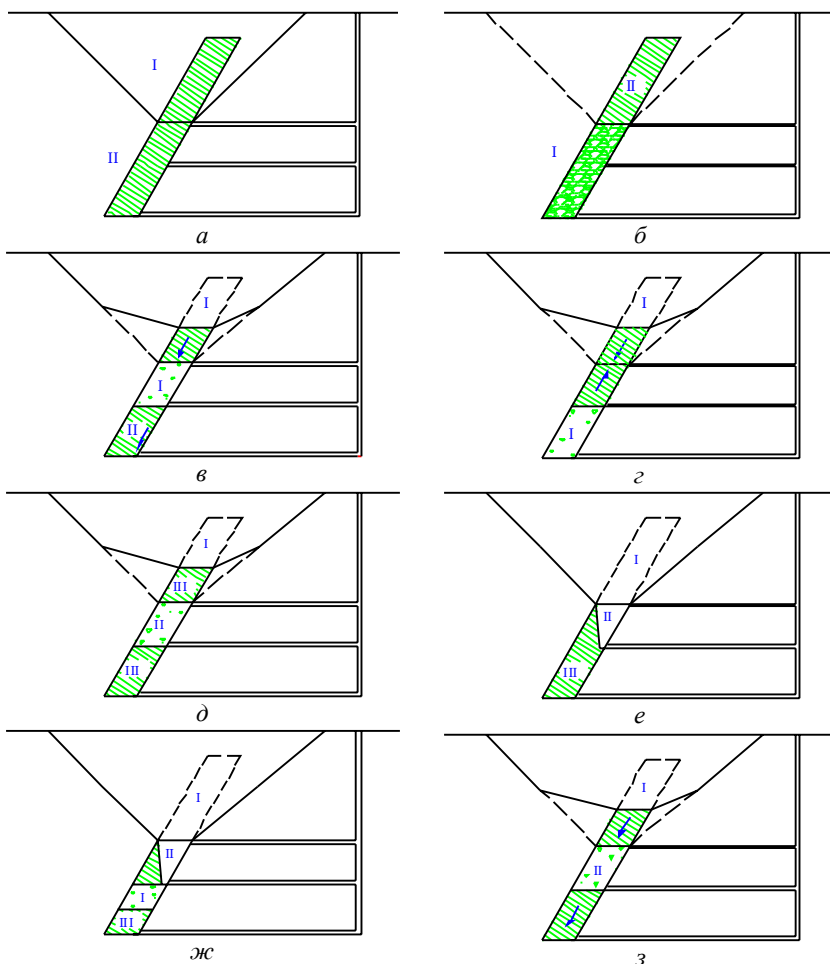


Рис. 2.3. Горнотехнические модели освоения месторождений комбинированным способом:

а – последовательная открыто-подземная; *б* – последовательная подземно-открытая; *в* – совместная; *г* – совместная с восходящим порядком отработки этажей; *д* – последовательно-параллельная открыто-подземная; *е* – последовательная с открыто-подземным ярусом (ОПЯ); *ж* – совместная с ОПЯ; *з* – последовательно-параллельная с ОПЯ

При последовательной открыто-подземной схеме запасы месторождения по глубине разбиваются на три яруса – открытый, переходная зона и подземный. Рассмотренными ранее методами экономического расчета определяются границы эффективного применения соответственно открытой, комбинированной и подземной технологий. Первыми вводятся в эксплуатацию запасы верхней зоны. Глубина карьера на этом этапе определяется сравнением с показателями не подземной, а комбинированной технологии, сформированной на основе рационального сочетания физико-химических и физико-технических технологических процессов различных способов разработки. Благодаря этому обеспечиваются более высокие экономические показатели освоения месторождения в целом. Область применения комбинированной технологии и соответственно глубина переходной зоны определяются по геомеханическим ограничениям.

Последовательно-параллельная схема отработки запасов месторождения предполагает, что ввод подземного рудника календарно должен обеспечивать заблаговременную отработку приконтурных запасов и создание взамен их искусственного разделительного целика, после твердения которого возможно освоение запасов промежуточного открыто-подземного яруса параллельно с развитием подземных работ на нижних горизонтах подземного рудника. Инвестирование строительства капитальных выработок подземного рудника осуществляется за счет прибыли, получаемой на первом этапе открытой разработки, характеризуемом высоким уровнем рентабельности благодаря небольшой глубине и соответственно высокой эффективности открытых горных работ. Для сокращения затрат на строительство подземного рудника активно используется карьерное пространство, из которого ведутся очистные работы по выемке запасов, осваиваемых за пределами контурами в основании и бортах карьера.

2.4. $\hat{I} \hat{a} \hat{e} \hat{a} \hat{n} \hat{o} \hat{u} \hat{y} \hat{o} \hat{o} \hat{a} \hat{e} \hat{o} \hat{e} \hat{a} \hat{i} \hat{i} \hat{a} \hat{i} \hat{i} \hat{\delta} \hat{e} \hat{i} \hat{a} \hat{i} \hat{a} \hat{i} \hat{e} \hat{y}$ $\hat{o} \hat{e} \hat{i} \hat{i} \hat{a} \hat{u} \hat{o} \hat{a} \hat{i} \hat{\delta} \hat{i} \hat{o} \hat{a} \hat{o} \hat{i} \hat{e} \hat{+} \hat{a} \hat{n} \hat{e} \hat{o} \hat{n} \hat{e} \hat{n} \hat{o} \hat{a} \hat{i}$

Возможность существенного повышения эффективности освоения месторождения в целом обеспечивается за счет оптимизации и выбора на стадии проектирования типовой горнотехнической системы, включающей в себя все этапы отработки в конкретных горно-геологических условиях с учетом распределения качества минерального сырья в массиве месторождения, способов подготовки и управления состоянием массива и качества добываемой рудной массы, а также ее выпуска и доставки. Область применения описанных горнотехнических систем комбинированной геотехнологии указана в табл. 2.1.

Для обеспечения комплексности и качества освоения месторождений комбинированным способом необходимо в начальный период проектирования выбрать рациональный вариант горнотехнической системы с заданными параметрами поэтапной добычи, обеспечивающими наиболее полную и эффективную отработку запасов всего месторождения.

Таблица 2.1

Условия применения горнотехнических систем при комбинированной геотехнологии

Горнотехническая система	Глубина карьера H_k , м	Высота переходной зоны H , м	Ценность руд	Мощность месторождения m , м	Длина по простиранию $L_{пр}$, м	Длина по падению $L_{пад}$, м	Крепость руд и пород f	Угол падения рудного тела
Трехъярусная с обрушением и сплошным выпуском	100–200	50–90	Средняя, ниже средней	20–80	600–2000	300–350	Средняя, ниже средней	Любой
Трехъярусная с открытым очистным пространством и отработкой переходной зоны с закладкой под рудным целиком, обрабатываемым открытым способом	100–150	50–90		4–20	500–1000	300	Средняя, выше средней	Горизонтальное пологое
Трехъярусная с открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва	100–200	20–40		4–20	500–1000	300	Средняя, выше средней	Наклонное 25–45°
Трехъярусная с единым открытым очистным пространством и доставкой руды силой взрыва	200–250	30–40	Средняя	20–50	–	300–350	Средняя	Крутопадающее 80–90°
Трехъярусная с открытым очистным пространством в переходной зоне и закладкой на подземном руднике	200–300	100		20–60	500–1000	300–500	Средняя, выше средней	Крутопадающее
Трехъярусная с опережающей отбойкой прибортовых запасов слоями с последующей закладкой	200–300	30–50	Средняя, выше средней	20–60	500–1000	300–500	Средняя, ниже средней	
Трехъярусная с закладкой на подземном руднике и последующей отработкой прибортовых запасов взрыванием вееров скважин	200–300	20–30	Средняя	20–60	500–1000	300–500	Средняя	

Окончание табл. 2.1

Горнотехническая система	Глубина карьера H_k , м	Высота переходной зоны H , м	Ценность руд	Мощность месторождения m , м	Длина по простиранию $L_{пр}$, м	Длина по падению $L_{под}$, м	Крепость руд и пород f	Угол падения рудного тела
Трехъярусная горизонтальными слоями с закладкой в переходной зоне и на подземном руднике	200–350	30–60	Выше средней	10–80	500–	300–600	Средняя, выше средней	Любой
Трехъярусная горизонтальными слоями с закладкой в переходной зоне и камерами с закладкой на подземном руднике	200–300	30–60	Средняя, выше средней	20–60	500–1000	300–500	Средняя	
Двухъярусная с обрушением и торцевым выпуском	100–200	–	Средняя	20–50	500–1000	300–350	Средняя, ниже средней	
Двухъярусная с самообрушением и сплошным выпуском	100–150	–	Средняя, ниже средней	25–100	500–1500	300–350	Ниже средней	
Двухъярусная с применением физико-химических технологий на поверхности и подземном руднике	–	–	Средняя, ниже средней	20–80	500–1000	300–500	Средняя	

Следует отметить, что все месторождения уникальны и требуют индивидуального подхода к проектированию, поэтому описанные типовые горнотехнические системы предусматривают возможность к трансформации каждой из подсистем более низкого порядка (карьер, переходная зона, подземный рудник). Выбор типовой горнотехнической системы следует производить по принципу обеспечения наиболее экономичного и эффективного сочетания технологических элементов подсистем и горных конструкций с получением максимального совокупного дохода от освоения месторождения в целом и максимальных индексов доходности на отдельных, особенно начальных, этапах вовлечения месторождения в эксплуатацию.

Ė î í ò ð î ě ü í û â â î ð î ñ û è ç à à à í è ŷ

1. Охарактеризуйте общие принципы выбора горнотехнической системы разработки месторождения комбинированным способом.
2. Охарактеризуйте влияние последовательности отработки запасов при комбинированной геотехнологии на эффективность её реализации.
3. Осуществите выбор возможных вариантов отработки запасов руд средней ценности комбинированной геотехнологией. Месторождение представлено крутопадающей залежью со следующими условиями залегания: мощность залежи – 10 м, высота наносов – 50 м, длина по падению – 1000 м, длина по простиранию – 500 м. Решение оформить в виде схематичного чертежа.
4. Для условий предыдущего задания обосновать высоту переходной зоны при различных вариантах её отработки.
5. Рассчитать имитационную модель освоения медно-колчеданного месторождения со следующими параметрами: мощность рудного тела $m = 50$ м, длина по падению $L_{\text{пад}} = 500$ м, по простиранию $L_{\text{пр}} = 750$ м, мощность наносов $H_{\text{нан}} = 50$ м, крепость руды и пород $f = 6$, плотность $\rho = 3000 \text{ кг/м}^3$, производительность карьера, открыто-подземного яруса шахты $A_k = A_{\text{опя}} = A_{\text{ш}} = 1$ млн т, высота открыто-подземного яруса $H_{\text{опя}} = 80$ м, потери при открытых горных работах – 3%, подземных – 20%, а разубоживание – 3 и 5% соответственно. Построить кривые затрат на добычу руды открытыми горными работами ($Z_{\text{огр}}$), открыто-подземным ярусом ($Z_{\text{опя}}$), подземными горными работами ($Z_{\text{пр}}$) и общих затрат ($Z_{\text{общ}}$) от глубины перехода на открыто-подземный ярус и определить оптимальную глубину перехода.
6. Для условий задания 5 обосновать порядок отработки запасов с учетом графика инвестиций в процессе отработки месторождения комбинированным способом. Решение представить в виде зависимостей кумулятивного совокупного дохода от освоения запасов от срока освоения запасов при различном порядке разработки. Дополнительные данные для расчета: содержание условной меди в руде – 1,02%, извлечение меди в концентрат – 0,85, срок строительства карьера – 1 год, шахты – 5 лет, подготовки переходной зоны – 0,5 года.

3. ÒÐĀĀ Ĩ ĀÀ Í È ß Ê Ĩ Ð Ĩ ĀÊÒÈ Ð Ĩ ĀÀ Í È ß Ê Ĩ Ĩ ĀÈ Í È Ð Ĩ ĀÀ Í Í Ê ĀĀ Ĩ ÒĀŌ Í Ĩ Ê Ĩ ĀÈ È È Ĩ ŌĀ Í ÊÀ Ð È Ñ ÊÀ Ĩ Ð È Í ßÒÈ ß Ĩ Ð Ĩ ĀÊÒ Í Ū Ō ÐĀ Ø Ā Í È È

3.1. Ĩ ĩ Ĩ â Ĩ ũ Ā ĩ ð è ĩ ò è ĩ Ū ĩ ð Ĩ â è ð è ð Ĩ â à ĩ è ŷ ê ĩ ĩ â è ĩ è ð Ĩ â à ĩ ĩ ê â ĩ ò â ō ĩ ĩ ê ĩ â è è

Анализ геотехнологических и геомеханических особенностей комбинированной разработки крупных рудных отечественных месторождений и проблем, возникающих преимущественно в переходный период с одного способа добычи к другому, свидетельствует о том, что основной причиной негативных явлений (снижение объемов и рентабельности добычи, трудности решения организационных и геомеханических проблем) является, наряду с усложнением горно-геологических условий, отсутствие обоснованной долгосрочной геотехнологической стратегии.

Компенсация усложняющихся условий эксплуатации месторождений при комплексном освоении недр и повышение эффективности и безопасности освоения недр возможны только при принятии уже на ранних стадиях проектирования рациональной геотехнологической стратегии как руководящей идеи и плана разработки всего месторождения в целом.

При комплексном подходе к проектированию комбинированной геотехнологии каждая из проектных задач рассматривается как элемент геотехнологической стратегии с формированием на каждом этапе разработки соответствующих рудопотоков, совокупность которых обеспечивает объем и качество подаваемой на обогатительный передел рудной массы, а также эффективность, полноту и экологическую безопасность освоения недр.

В рамках геотехнологической стратегии должен быть принят ряд важнейших и наиболее «инерционных» проектных решений, включая выбор способа и технологии вскрытия и добычи полезного ископаемого при поэтапном развитии горных работ, определение рационального сочетания открытых и подземных горных работ при плановом воспроизводстве мощностей и своевременном техническом перевооружении производства, обоснование способа управления горным давлением при выемке запасов переходной зоны и нижележащих. Формирование стратегии в начальный период освоения месторождения с определением не столько границ, сколько условий перехода к альтернативной технологии и заложением на весь период разработки единой схемы вскрытия, обеспечивает возможность эффективного функционирования каждого из способов, при этом важная роль принадлежит выбору способа управления качеством

рудопотоков от открытых, открыто-подземных и подземных работ в их временной и пространственной взаимосвязи с обеспечением полноты и комплексности освоения недр. Вместе с этим, максимальное приближение глубины рабочего проектирования к периоду освоения конкретного участка месторождения с определением в рамках общей стратегии рациональной типовой технологической схемы выемки руды позволяет компенсировать усложнение условий эксплуатации месторождений и обеспечить безопасность, эффективность и высокое качество освоения недр. Современная оценка эффективности недропользования требует более полного учета качества георесурсов и управления качеством добываемого сырья по всем технологическим циклам добычи и переработки.

Приоритет достижения необходимого качества добываемого сырья при формировании различных горнотехнических систем предусматривает выбор таких технологий, при которых дифференцирование запасов месторождения по содержанию полезных компонентов и принимаемый порядок их поэтапного освоения должен обеспечить рациональные качественные характеристики рудопотоков.

Таким образом, в отличие от традиционной методологии, предусматривающей последовательное и в значительной степени обособленное решение основных проектных задач, при комплексном освоении месторождения методы проектирования должны предусматривать системное обоснование технологической схемы отработки на каждом этапе на основе результатов исследования взаимосвязи проектных задач и их совместного участия в формировании уровня количественных, качественных и экономических показателей.

Методология комбинированной разработки месторождений должна предусматривать совместную оптимизацию проектных задач на различных этапах освоения месторождения по выбору наиболее эффективной схемы вскрытия, подготовки, очистной выемки и порядка отработки запасов. В связи с этим предусматривается создание комплексной методики решения этих задач.

Требования к проектным решениям по освоению месторождения подземным и открытым способами разработаны достаточно полно. Технологическая схема выемки запасов переходных зон, наряду с общими требованиями комплексности и высокой полноты освоения запасов, достижения проектной производительности, минимальных экономических затрат и максимального эффекта, должна обеспечить:

- решение вопросов комплексного проектирования открытых, комбинированных и подземных геотехнологий;
- выбор наиболее рациональной и эффективной технологии из всех возможных сочетаний технологических процессов различных способов разработки, применимых при выемке запасов переходных зон;

- повышение эффективности освоения всего месторождения как сложной динамической геосистемы за счет оптимизации границы перехода на комбинированную технологию;
- соответствие конструкции систем разработки, параметров технологии и порядка отработки запасов геоморфологическим особенностям запасов и специфике геомеханических процессов переходных зон;
- управляемое состояние сформированной в процессе открытых и подземных работ сложной динамической геоконструкции путем обоснования параметров элементов систем разработки переходных зон, находящихся в сложнапряженном состоянии, обусловленном взаимным влиянием карьерной выемки и подземных выработок;
- надежную изоляцию подземного очистного пространства от аэродинамических связей с атмосферой карьера;
- повышение интенсивности отработки запасов переходных зон и сокращение срока строительства и ввода подземного рудника в эксплуатацию за счет использования карьерного пространства, элементов технологии открытых работ, существующих карьерных коммуникаций и сооружений; согласование и взаимоувязку графиков строительства, подготовки и производства очистных работ в карьере и на подземном руднике.

Выполнение вышеприведенного комплекса специфических требований обуславливает существенные отличия технологических схем отработки переходной зоны от технологической схемы работы рудника в целом. Значительный объем запасов переходных зон и возможность выемки их более эффективными комбинированными технологиями предполагают создание специальных проектов, дифференцированных по отдельным участкам законтурных залежей в связи с геологическими и морфологическими особенностями их залегания, увязанных с технологиями отработки запасов на других участках шахтного и карьерного полей в части порядка отработки, способа проветривания, конструкции горизонтов.

Специфика проектирования горных работ в переходной зоне:

- Технология отработки запасов переходной зоны вблизи границы применения способов, ввиду специфики технологических решений, должна быть выделена в самостоятельный проект.
- Карьер должен рассматриваться при этом в качестве основной вскрывающей выработки для освоения подкарьерных запасов, что предполагает размещение в нем перегрузочных пунктов, вентиляционных установок, поддержание карьерных съездов на длительный период эксплуатации.
- Выработки подземного рудника, в свою очередь, используются для решения вопросов осушения и вентиляции глубокого карьера, укрепления откосов его бортов, обустройства труднодоступных руд-

- Основной задачей открытых работ при постановке основания бортов карьера в предельное положение является создание благоприятных условий для эффективной и безопасной отработки законтурных запасов открыто-подземными и подземными технологиями.

Следует указать еще на одну особенность проектирования работ в переходной зоне. Она состоит в необходимости комплексного подхода при проектной проработке к решению таких проблем, как управление состоянием подрабатываемых бортов карьера, изоляция подземных выработок, организация совмещения открытых и подземных работ. Предотвращение неуправляемого проникновения паводковых и ливневых вод в массовом порядке и исключение аэродинамических связей подземных выработок с атмосферой карьера обеспечивается путем возведения системы шлюзов, перемычек, искусственных барьерных целиков и временного оставления рудных, засыпки дна карьера породами, применения нагнетательной и комбинированной схем проветривания, местного подогрева шахтного воздуха.

Возможные варианты комбинированных технологий отличаются как качественными показателями выемки, так и объемами капитальных и эксплуатационных затрат, производительностью, площадью изъятых из сельскохозяйственного оборота земель, а также необходимостью переноса охраняемых объектов, количеством и сроками вовлечения в отработку запасов месторождения, различным уровнем риска применяемых технологий.

Оценка риска должна учитывать не только экономические потери или выгоду, но и технологическую безопасность и экологичность горных работ.

Все ранее рассмотренные показатели экономической эффективности: чистый дисконтированный доход, индекс доходности, внутренняя норма доходности, срок окупаемости инвестиций, позволяют принять решение об экономической эффективности варианта на детерминированной основе без учета изменчивости факторов, влияющих на условия реализации выбранного варианта.

Варианты комбинированной технологии отличаются друг от друга условиями реализации – технологическими, геологическими, производственными, техническими, геомеханическими, финансовыми, экологическими, а также степенью безопасности. На выбор технологических схем будут оказывать влияние внешние факторы, такие как инфляция, изменения цен и курса доллара на бирже, налогового законодательства, политической ситуации в стране и т. д.

Ввиду того, что горная промышленность во всем мире является одной из самых рискованных отраслей для капиталовложений, для оценки эффективности технологического решения необходимо проводить системный анализ риска. Причинами высокого риска комбинированной геотехнологии являются:

- сложное геомеханическое состояние массива, в ряде случаев уже поставленного открытыми горными работами в предельное по устойчивости состояние;
- нарушенность горного массива под влиянием открытых и подземных горных работ;
- низкая достоверность исходных данных геологической разведки;
- новизна и отсутствие широкомасштабной промышленной апробации комбинированной геотехнологии в различных горно-геологических условиях;
- большой срок окупаемости инвестиций;
- влияние государства в форме изменяющейся инвестиционной, налоговой и законодательной политики;
- длительный период реализации достаточно инерционных технологий в условиях динамично изменяющегося рынка минерального сырья.

Существует мнение, что риск необходимо идентифицировать и исключать. Однако, как показывает практика, полностью исключить риск нельзя, поэтому его необходимо не только выявлять и оценивать, но и управлять им, чтобы выбранная технологическая схема приносила наибольший эффект.

Риск – это мера неопределенности. При оценке риска реализации комбинированной геотехнологии следует рассматривать как возможность возникновения неблагоприятного события, связанного с возникновением соответствующего ущерба, так и благоприятного события, при котором при надежной реализации технологии предприятие может недополучить части возможной прибыли.

Количественной мерой риска является вероятность наступления благоприятного события и связанная с этим экономическая выгода, а также вероятность возникновения неблагоприятного события и связанный с этим неизбежный экономический ущерб.

Критерием принятия проектных решений в условиях неопределенности информации о состоянии объекта служит разность между произведениями экономической выгоды (совокупного дохода) предприятия в случае благоприятного исхода реализации технологии на вероятность этого исхода и ущербом в случае неблагоприятного развития событий на соответствующую вероятность:

$$\begin{cases} O = P_{\text{инт}}^{\text{общ}} \cdot \Pi_i - (1 - P_{\text{инт}}^{\text{общ}}) \cdot Y_i \rightarrow \text{MAX}, \\ P_{\text{инт}}^{\text{общ}} = K_{\text{знач}}^{\text{геол}} \cdot p_{\text{да}}^{\text{геол}} \cdot K_{\text{знач}}^{\text{пол}} \cdot p_{\text{да}}^{\text{пол}} \cdot K_{\text{знач}}^{\text{экон}} \cdot p_{\text{да}}^{\text{экон}}, \\ 0 < K_{\text{знач}}^j < 1, \\ 0 < p_{\text{да}}^j < 1, \end{cases} \quad (3.1)$$

где O – оценка доходности проектных технологических решений с учетом риска, руб.; $P_{\text{инт}}^{\text{общ}}$ – интегральная оценка вероятности благоприятных событий по всем общим факторам; $p_{\text{да}}^j$ – вероятность благоприятного исхода по j -му общему фактору (горно-геологическому, политическому, экономическому); $K_{\text{знач}}^j$ – коэффициент значимости влияния j -го общего фактора риска (горно-геологического, политического, экономического); Π_i , Y_i – доход от благоприятного или ущерб от неблагоприятного исхода реализации i -й технологической схемы комбинированной геотехнологии, руб.

Значения $p_{\text{да}}^j$ и $K_{\text{знач}}^j$ определяются экспертным путем.

Для выбора технологической схемы используется метод «дерева решений», являющийся графическим представлением реализации комбинированной геотехнологии, последствия которой должны обеспечить комплексное освоение месторождения. Иными словами, определяют пути, по которым реализация отдельных технологических решений в совокупности может привести к изменению результата в лучшую или худшую сторону. «Деревья решений» легко поддаются модификации: при необходимости их можно дополнительно развить, а в случаях, когда какие-либо ветви практически лишены значения, – соответственно уменьшить. Для количественной оценки риска «дерево решений» переводится в последовательность матриц.

Метод обеспечивает иерархическое представление логической структуры принятия решений и облегчает тем самым понимание задачи и процесс ее реализации. Преимуществом данного метода является возмож-

ность геотехнологического моделирования процесса освоения месторождения во времени. Метод позволяет разработать сценарии развития технологии в будущем и проследить их не только на прединвестиционном этапе проектирования, но и в процессе эксплуатации месторождения комбинированным способом.

Применение указанного метода обеспечивает возможность своевременного реагирования на изменения внешних и внутренних факторов в течение всего срока эксплуатации месторождения путем корректировки показателей, вплоть до замены технологической схемы освоения месторождений комбинированной технологией, вследствие чего выявление рисков будет происходить быстрее, и предприятию будет легче ими управлять.

Вероятность благоприятного или неблагоприятного исхода каждого геотехнологического процесса определяют методами экспертного, аналогового и имитационного моделирования, которые выбирают в зависимости от целей прогнозирования. На предварительном этапе оценки эффективности технологического решения достаточно простыми и достоверными будут аналоговый и экспертный методы. Для более точной оценки целесообразно применять метод имитационного моделирования.

Суть метода экспертных оценок заключается в определении экспертами влияния различных факторов на степень риска реализации комбинированной геотехнологии. Этот метод обладает большой долей субъективизма. Однако необходимо отметить, что, несмотря на его субъективность и высокую трудоемкость, он является в настоящее время самым доступным и надежным для выбора технологических схем освоения месторождения комбинированной технологией.

При использовании аналогов применяются базы данных о риске аналогичных проектов, результаты исследовательских работ проектно-изыскательских учреждений, углубленных опросов менеджеров проектов.

Оценка риска комбинированной геотехнологии с использованием метода Монте-Карло включает в себя:

- расчет дисконтированных денежных потоков и средних значений критериев эффективности Π_1 и Π_2 в случае благоприятного и неблагоприятного исхода при реализации комбинированной геотехнологии с различным сочетанием процессов и элементов открытых, открыто-подземных, подземных и физико-химических технологий на отдельных этапах освоения месторождения;
- задание с помощью экспертных оценок распределения вероятностей значений исходных параметров геомеханических, производственных, технических, отраслевых, политических факторов, неопределенность которых влияет на критерий эффективности;
- выбор случайным образом из распределения вероятностей значений каждой из переменных, которые используются для расчета

критериев эффективности. Этот процесс осуществляется с использованием компьютерной техники и повторяется много раз с целью нахождения кривой распределения значений критериев эффективности, на основании которой в дальнейшем делаются выводы об уровне риска проекта.

Системный анализ рисков (рис. 3.1) начинают с установления источников риска. На работу горного предприятия оказывают влияние как внутренние, так и внешние факторы. К внешним факторам относятся политический и финансовый, к внутренним – технический, производственный, природный, экологический. Анализ этих факторов проводится на I этапе.

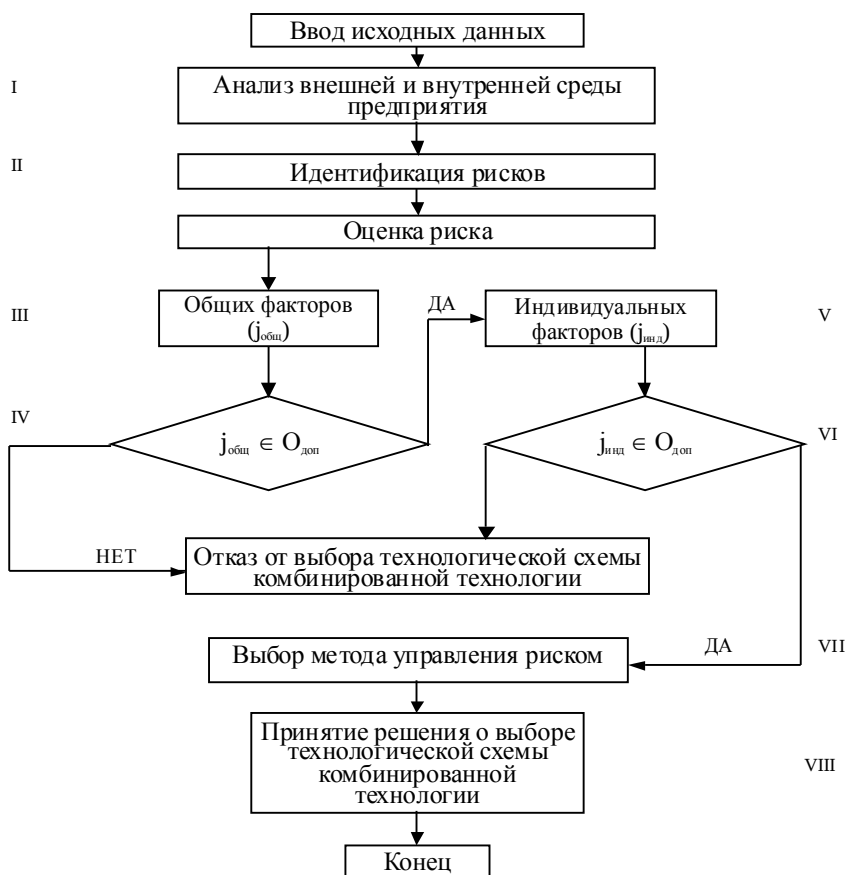


Рис.3.1. Алгоритм системного анализа и выбора проектного решения по освоению запасов месторождения комбинированной геотехнологией

На II этапе осуществляется идентификация рисков. Применительно к выбору варианта комбинированной технологии необходимо идентифицировать следующие виды рисков:

- политический, обусловленный возможностью возникновения убытков или прибыли, являющихся следствием государственной политики;
- финансовый, предполагающий потери или прибыли в результате изменений рынка (инфляция, изменение цен, курса доллара и т. п.);
- технический, связанный с освоением новой техники, технологии, необеспечением проектных параметров и режимов процессов;
- производственный, связанный с организацией производства;
- природный, связанный с возможной неопределенностью геологического строения массива и вероятностным характером распределения его геомеханических характеристик;
- экологический, связанный с состоянием окружающей среды, внутри которого важно выделять риск сохранности недр.

При выборе горнотехнической системы комбинированной геотехнологии следует учитывать все факторы, которые в той или иной степени порождают состояние неопределенности, т.е. являются факторами риска. По этому признаку все риски разделяются на общие и индивидуальные.

К общим рискам относятся:

- риск недостоверности геологической информации;
- рыночный риск, включающий в себя риски изменения курса доллара, цены и инфляции;
- политический риск.

Влияние рисков общеэкономического характера будет одинаковым для всех схем комбинированной технологии, так как их реализация предполагается в одинаковых условиях. Однако данные источники риска также нельзя игнорировать – более того, их необходимо выявлять и оценивать на I этапе, что позволит сделать вывод о дальнейшей возможности рассмотрения проекта.

Количественная оценка производится по каждому идентифицированному фактору риска. Следует отметить, что количественная оценка каждого фактора риска еще не позволяет осуществить выбор проектного решения по комплексному освоению месторождения. Поэтому целесообразно производить интегральную оценку риска (III этап).

Соотнесение на IV этапе величины расчетного риска с допустимым уровнем $O_{доп}$, который определяется индивидуально каждым инвестором исходя из собственных возможностей, позволит выбрать технологическую схему развития технологий. Если величина расчетного риска ниже допустимого уровня, то происходит переход к блоку «Отказ от выбора данного варианта горнотехнической системы», а если выше – рассчитывается интегральная оценка индивидуальных рисков (V этап): геомеханического, ТЕХ-

НОЛОГИЧЕСКОГО, производственного, экологического. Степень риска технологии определяется интегральной оценкой индивидуальных рисков.

После того как произведена оценка общих и индивидуальных рисков ($P_{\text{да}}, P_{\text{нет}}$), которым подвержен проект в динамике развития технологий с оценкой вероятности благоприятного или неблагоприятного исхода, необходимо произвести интегральные оценки общего и индивидуальных рисков.

Интегральная оценка риска – это получение из совокупности главных событий некоторых количественных параметров, которые могут охарактеризовать рассматриваемый риск в целом, не оперируя отдельными ситуациями.

Вероятность возникновения интегрального риска есть произведение частных рисков, определяется по теореме умножения вероятностей независимых событий:

$$P_{\text{ида(нет)}}^{\text{инт}} = P_{\text{ида(нет)}}^{\text{геомех}} \cdot P_{\text{ида(нет)}}^{\text{техн}} \cdot P_{\text{ида(нет)}}^{\text{произв}} \cdot P_{\text{ида(нет)}}^{\text{эколог}}, \quad (3.2)$$

где $P_{\text{ида(нет)}}^{\text{геомех}}$, $P_{\text{ида(нет)}}^{\text{техн}}$, $P_{\text{ида(нет)}}^{\text{произв}}$, $P_{\text{ида(нет)}}^{\text{эколог}}$ – вероятность благоприятной (неблагоприятной) реализации i -й горнотехнической системы ($ТС_i$) соответственно по геомеханическому, техническому, производственному, экологическому факторам.

$$P_{\text{ида(нет)}}^{\text{инт}} = P_{\text{ида(нет)}}^{\text{рын}} \cdot P_{\text{ида(нет)}}^{\text{полит}} \cdot P_{\text{ида(нет)}}^{\text{геол}}, \quad (3.3)$$

где $P_{\text{ида(нет)}}^{\text{рын}}$, $P_{\text{ида(нет)}}^{\text{полит}}$, $P_{\text{ида(нет)}}^{\text{геол}}$ – вероятность благоприятной (неблагоприятной) реализации i -й горнотехнической системы ($ТС_i$) соответственно по рыночному, политическому, геологическому факторам.

Интегральную оценку индивидуального риска, позволяющую осуществить выбор проектируемой горнотехнической системы, также проверяют (VI этап) по критерию допустимости: если интегральная оценка O ниже допустимого уровня, то происходит отказ от выбора данного варианта горнотехнической системы комбинированной технологии.

Допустимые оценки риска сравнивают между собой и выбирают к проектированию предпочтительную горнотехническую систему по максимуму критерия O . Следует отметить, что инвестора интересует не только величина риска, но и то, как этим риском управлять с целью снижения уровня опасности комбинированной технологии и получения максимального дохода от ее применения. Поэтому системный анализ рисков комбинированной технологии дополняется блоком «Выбор метода управления риском» – VII этап.

3.3. Методы управления инвестиционным риском проектных решений по освоению запасов месторождения

В реальных условиях могут быть использованы различные способы снижения интегрального риска. Методы управления рисками предусматривают методы уклонения, локализации, диссипации и компенсации риска (рис. 3.2).

Методы уклонения от риска наиболее распространены – их предпочитают применять «нерискованные» руководители. Эти методы включают в себя: отказ от реализации проекта (в данном случае подразумевается «условный» отказ, т. е. пересмотр условий проекта); страхование хозяйственных рисков; отказ от ненадежных партнеров и поиск гарантов.

Методы локализации инвестиционного риска комбинированной технологии (рис. 3.3) предусматривают выделение рискованного проекта в отдельное подразделение. Например, при совместной разработке месторождения комбинированной технологией выделяются в самостоятельные структурные подразделения карьер, открыто-подземный ярус, шахта. В случае разработки нового рискованного месторождения рекомендуется выделять его в отдельное (венчурное) предприятие.

Методы диссипации (рис. 3.4) предусматривают распределение общего риска путем объединения (с разной степенью интеграции) с другими участниками, заинтересованными в комплексном освоении проекти-



Рис. 3.2. Методы управления инвестиционным риском проектных решений по освоению запасов месторождения

руемого месторождения. К этим же методам относят различные виды диверсификации: разработка нескольких месторождений; вовлечение в переработку экономически эффективных забалансовых руд; внедрение новых технологий (например, выщелачивания); инвестирование эконо-

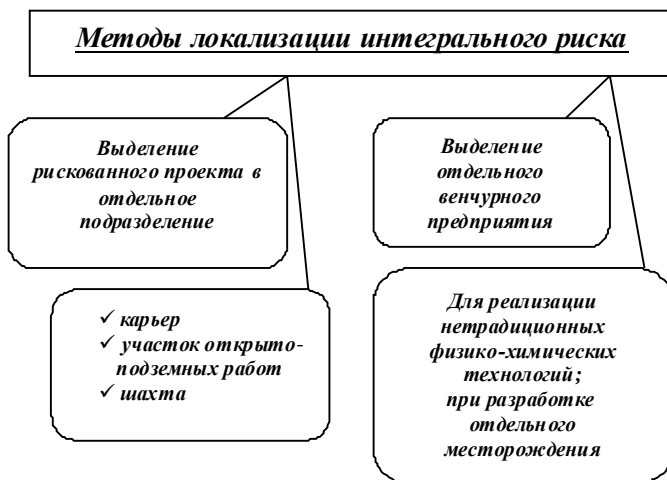


Рис.3.3. Методы локализации интегрального риска



Рис.3.4. Методы диссипации интегрального риска комбинированной геотехнологии

мически эффективных проектов; игра на бирже с целью формирования портфеля ценных бумаг; полезное использование сформированного в процессе горных работ выработанного пространства; освоение и выпуск новых видов продукции (работ, услуг), не связанных с горнодобывающей деятельностью; инвестирование зарубежного и частного капиталов в горное производство стран-поставщиков руды с целью создания совместных предприятий по добыче и переработке руды с последующей поставкой продукции в страну-инвестор.

Методы компенсации (рис. 3.5) – упреждающие методы управления предусматривают создание механизмов предупреждения опасности: стратегическое планирование деятельности с разработкой возможных технологических решений при различном развитии горных процессов; прогнозирование внешней обстановки; мониторинг геомеханического и геохимического состояния массива, социально-экономической и нормативно-правовой среды; создание системы резервов – экономических (согласно существующему законодательству), технологических (подготовка новой технологии разработки месторождения, проведение подготовительно-нарезных выработок), технических (резерв оборудования и т. д.). И только после этого принимается решение о выборе проектируемого варианта комбинированной геотехнологии.

Таким образом, в современных условиях интенсивного развития производства и комплексного освоения недр параметры горнотехнических систем должны устанавливаться на базе прогнозных показателей потенциальных возможностей развития технологии, техники, геомеханических и геохимических процессов добычи, а не только ретроспективной (по аналогии) оценки показателей освоения недр.

Для этого необходим поиск путей повышения эффективности и расширения области применения комбинированных технологий за счет совершенствования и изыскания новых технологических схем комбинированной разработки, оптимизации параметров технологических процессов, рационализации схем совместного вскрытия карьерных и шахтных полей, разработки методов оценки и способов управления напряженно-деформированным состоянием массива, создания эффективных схем проветривания и водоотлива при наличии единого технологического пространства открытого и подземного рудника.

Проектирование комплексного освоения месторождения в рамках единого проекта с оценкой технологического риска и разработкой способов управления им позволяет:

- обеспечить календарную и технологическую увязку всех решений;
- уменьшить затраты на вскрышные работы;
- сократить и рационально распределить по этапам разработки капитальные затраты на освоение месторождения путем использования карьерного пространства и инвестирования строительства за счет капитализации прибыли, получаемой на первом этапе разработки;

МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ ИНТЕГРАЛЬНОГО РИСКА КОМБИНИРОВАННОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ



Рис. 3.5. Методы компенсации интегрального риска

- снизить себестоимость добычных работ за счет оптимального сочетания технологических процессов открытых и подземных работ при выемке запасов переходных зон, а также экономического обоснования эффективной глубины производства горных работ на каждом этапе разработки, уменьшения стоимости управления состоянием массива, сокращения накладных и вспомогательных расходов открытого и подземного рудников ввиду их совмещения;
- обеспечить плавный переход с открытого на подземный способ, не прекращая добычу руды;
- сократить масштабы экологического воздействия на окружающую среду.

Ë î ï ò ð î ë ü í ù â â î î ð î ñ ù è ç à à à í è ü

1. Требования к проектным решениям по освоению месторождения комбинированным способом.
2. Специфика проектирования горных работ в переходной зоне.
3. Охарактеризуйте риски реализации комбинированной разработки месторождений полезных ископаемых.
4. Разработайте карту рисков и обоснуйте, на ваш взгляд, наиболее значимые риски на примере разработки наиболее известного вам месторождения или его участка.
5. Оцените эффективность варианта комбинированной разработки медно-колчеданного месторождения на детерминированной и вероятностной основе. В качестве конкурирующих вариантов доработки оставшихся за контуром карьера запасов рассматриваются: 1 – подземный способ добычи с обрушением руды и вмещающих пород, 2 – способ подземного выщелачивания. Экономические показатели доработки запасов по вариантам: капитальные затраты соответственно 56,59 и 28,29 млн руб., эксплуатационные затраты – 4550 и 860,19 млн руб., извлекаемая ценность – 1746,36 и 1000,6 млн руб. В качестве индивидуальных факторов риска по первому варианту доработки были определены: риск неподтверждаемости запасов ($p = 0,221$); геомеханический риск (устойчивость откоса борта карьера) ($p = 0,5$), соответственно по второму варианту – технологический риск (неподтверждаемость проектных параметров технологии в части протекания процессов фильтрации, риск самовозгораемости руды) ($p = 0,35$). Коэффициенты значимости рискообразующих факторов: горно-геологический – 0,2; геомеханический – 0,16; технологический – 0,49.
6. Охарактеризуйте сущность методов управления геотехнологическим риском – компенсации, диссипации, уклонения, локализации.
7. Для условий задания 4 были разработаны методы управления геотехнологическим риском реализации предлагаемых вариантов доработки

запасов. В целях минимизации возможных рисков при доработке запасов технологиями с обрушением руды предложено создание экономических резервов или страхование ответственности на случай возникновения опасной ситуации. Для варианта доработки с использованием технологии подземного выщелачивания оставшихся запасов в качестве методов минимизации возможных рисков предлагается включение в проектные решения мер по дополнительному сотрясанию выщелачиваемого блока, а также дополнительных мероприятий по противопожарной безопасности. Дополнительные расходы соответственно составят по первому варианту – 100 млн руб. (единоразово), по второму – 50 млн руб. в год. Срок доработки запасов – 3 года. Оцените эффективность вариантов с учетом затрат на реализацию мероприятий по управлению риском.

8. Используя Интернет-ресурсы, охарактеризуйте ценовой риск разработки медно-колчеданных месторождений, месторождений железных руд, месторождений строительных материалов.
9. Перечислите преимущества проектирования комбинированной геотехнологии с учетом оценки риска и методов его управления.

ÇÀÊË Ð × Å Í È Å

Главной задачей проектирования комбинированной геотехнологии и выбора их рациональных параметров является обоснование и расчет технологической схемы рудника как основы комплексного освоения месторождения. В связи с чем, большое значение имеет развитие теоретической базы моделирования геотехнологической стратегии на основе возможных альтернатив в виде сочетаний физико-технических и физико-химических способов разработки с учетом особенностей залегания и дальнейшей эксплуатации проектируемых к освоению запасов месторождений.

Основными направлениями исследований по повышению эффективности и расширению области применения комбинированной геотехнологии является совершенствование и изыскание новых технологических схем, оптимизация параметров технологических процессов.

Вместе с тем, в свете развития значимости экономической составляющей освоения месторождений полезных ископаемых, как в России, так и влияние последствий их разработки на мировую экономику, следует большое внимание уделять развитию и совершенствованию методов экономической оценки комплексного и рационального использования недр.

Выполнение такого комплекса исследований будет являться необходимой базой для совершенствования научно-методических основ проектирования горнотехнических систем комбинированной геотехнологии.

1. Абрамов В.Ф., Денисенко М.А., Толстых С.А. Повторная и комбинированная разработка рудных месторождений: учеб. пособие. – М.: МГИ, 1982.
2. Арнс В.Ж. Физико-химическая геотехнология. – М.: Изд-во МГТУ, 2001.
3. Вовк А.А., Черный Г.И. Разработка месторождений полезных ископаемых комбинированным способом. – Киев: Наук. думка, 1965.
4. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли / РАН, АГН, РАЕН, МИА; под ред. К.Н. Трубецкого. – М.: Изд-во Акад. горн. наук, 1977.
5. Горное дело. Терминологический словарь / Г.Д. Лидин, Л.Д. Воронина, Д.Р. Каплунов и др. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990.
6. Демидов Ю.В. О классификации систем комбинированной разработки рудных месторождений // Горный журнал. – 1995. – № 4. – С. 16–19.
7. Казикаев Д.М. Геомеханические процессы при совместной повторной разработке руд. – М.: Недра, 1981.
8. Казикаев Д.М. Совместная разработка рудных месторождений открытым и подземным способами. – М.: Недра, 1967.
9. Калабин А.И. Добыча полезных ископаемых подземным выщелачиванием и другими геотехнологическими методами. – М.: Атомиздат, 1981.
10. Каплунов Д.Р., Калмыков В.Н., Рыльникова М.В. Комбинированная геотехнология. – М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003.
11. Комплексное освоение рудных месторождений / Д.Р. Каплунов, И.И. Помельников, В.И. Левин и др. – М.: ИПКОН РАН, 1998.
12. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования. – М.: Госстрой, 2002.
13. Мухтаров Т.М. Комбинированный способ разработки месторождений полезных ископаемых. – М.: Наука, 1998.
14. Открыто-подземный способ освоения месторождений крепких руд / М.И. Агошков, Д.Р. Каплунов, В.И. Шубодеров и др. – М.: ИПКОН РАН, 1992.
15. Рыльникова М.В. Технология комплексного освоения месторождений комбинированным способом: монография. – Магнитогорск: МГТУ, 1998.
16. Терентьев В.И., Черных А.Д. Комплексная открыто-подземная разработка прибортовых и подкарьерных запасов рудных месторождений. – М.: ИПКОН РАН, 1988.

17. Трубецкой К.Н., Краснянский Г.П., Хронин В.В. Проектирование карьеров: учебник для вузов: в 2 т. – М.: Изд-во Акад. горн. наук, 2001.
18. Трубецкой К.Н., Пешков А.А., Мацко Н.А. Методы оценки эффективности инвестиций горных предприятий // Горный журнал. – 1993 – № 2. – С. 3–11.
19. Хохряков В.С. Оценка эффективности инвестиционных проектов открытых горных разработок. – Екатеринбург: УГТА, 1996.
20. Щелканов В.А. Комбинированная разработка рудных месторождений. – М.: Недра, 1974.
21. Юдицкий А.П. Опыт подземного выщелачивания горных руд: Горнодобывающая промышленность. – М.: ЦНИИцветметтипография, 1962.