

*Алибаев А.П.*

## **О ПЕРСПЕКТИВАХ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

В настоящее время в мировой горнорудной практике способ комбинированной открыто-подземной разработки применяется все шире, так как он позволяет интенсифицировать горные работы, увеличивать производство дефицитной продукции, а в ряде случаев и улучшать использование недр, включая возможность эффективного вовлечения в эксплуатацию ранее потерянных (в целиках) руд, а также бедных и забалансовых руд. Правильная взаимоувязка технологических процессов открытых и подземных работ дает возможность получить большой выигрыш как на карьере, так и на подземном руднике. И, наоборот, недостаточный учет взаимовлияния и недостаточная взаимоувязка усложняют работу и карьера, и рудника [1].

Анализ опыта освоения месторождений комбинированным способом показывает, что освоение месторождений в настоящее время и в большинстве случаев осуществляется на основе отдельных и не взаимосвязанных между собой проектов на открытую и подземную выемку запасов. При этом открытые и подземные горные работы рассматриваются как альтернативные и конкурирующие, и в результате не полностью реализуются преимущества комплексной комбинированной разработки месторождений [2].

Кроме того, в проектах в основном не решены вопросы спецификации освоения переходных зон, расположенных на границах открытых и подземных горных работ, поэтому переход с одной технологии на другую связан с возникновением целого ряда негативных и труднорешаемых проблем. Большая часть этих проблем связана с тем, что применяемые в пределах одного месторождения открытые и подземные в большинстве случаев рассматриваются как альтернативные и конкурирующие.

Перспективы комбинированной технологии освоения месторождений состоят в создании единого проекта освоения запасов открытыми, подземными, а в ряде случаев физико-химическими способами добычи, технологически взаимосвязанными между собой и оптимизированными по области эффективного применения.

При комбинированной разработке формируются общие схемы вскрытия и подготовки запасов, совместные решения вопросов геомеханики, вентиляции, водоотлива, транспортирования горной массы, охраны окружающей среды.

При этом особое место занимают вопросы оптимизации качества объединенного с открытыми и подземными горных работ рудопотока, повышения полноты и качества освоения недр.

Необходимость комплексного подхода к освоению всех запасов того или иного месторождения возникает и в связи с тем, что вопрос о времени перехода от открытого способа разработки к подземному необходимо увязывать не с периодом достижения карьером предельной глубины его разработки, а с периодом снижения мощностей открытых горных работ. К этому времени уже необходимо осуществить ввод стабилизирующей мощности за счет подземных горных работ, что позволяет повысить экономическую эффективность доработки глубоких горизонтов карьера, а заложенная на весь период комбинированной разработки единая схема вскрытия обеспечивает возможность эффективного функционирования каждого из способов в усложняющихся условиях эксплуатации месторождений.

Активное использование существующих выработок карьера и подземного рудника, вовлечение в отработку бедных отвальных и забалансовых руд позволяет существенно повысить экономические показатели разработки.

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

Такая реальная возможность имеется при проектировании комбинированной технологии в рамках комплексного освоения, в котором предусмотрено на отдельных и достаточно больших участках месторождения (в переходных зонах) использование технологического оборудования и специфических процессов альтернативных способов для качественного улучшения показателей применения базовых (открытых или подземных) технологий.

Наличие в прикарьерном массиве развитой сети подземных горных выработок позволяет использовать технологии анкерного крепления участков массива борта карьера перед постановкой его в предельное положение, создавать отрезные щели с формированием крутых откосов, использовать воронки обрушения в качестве ловушек осыпающихся с крутых откосов кусков породы, формировать на границе открытых и подземных работ искусственные массивы с заданными механическими характеристиками.

Перспективным является также использование подземных технологий с взрывной доставкой рудной

массы к экскаваторным забоям, применение подземных транспортных выработок для перемещения рудной массы с нижних горизонтов карьера.

Подобное использование подземных технологий за счет увеличения угла откосов бортов карьера в предельном положении обеспечивает значительное снижение объемов вскрышных и отвальных работ и, следовательно, способствует решению экологических проблем и повышению интенсивности и эффективности открытых технологий.

Открытые горные работы при целенаправленном проектном решении вопросов создания благоприятных условий для последующего развития подземной добычи формируют рабочие площадки, обеспечивающие эффективное применение открыто-подземных технологий, да и сам карьер, который, по сути, является большой вскрывающей выработкой и может служить для осуществления подготовительно-нарезных и очистных работ за контуром карьерной выемки.

Карьерное пространство может быть использовано для вентиляции и водоотлива подземного рудника, а карьерная вскрыша применяется при производстве закладочных работ в шахте.

Сформированное в карьере породное перекрытие создает благоприятные условия выпуска обрушенной руды при системах разработки с обрушением.

Специфика расположения приконтурных запасов в случае разработки единого комплексного проекта освоения месторождения определяет возможность отработки достаточно большой части открыто-подземными системами разработки, осуществляемыми на выемочном участке безуступной технологией очистных работ, основанной на рациональном сочетании технологических процессов различных способов выемки.

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

Еще одна особенность проектирования работ в приконтурной зоне состоит в необходимости комплексного решения таких проблем, как управление состоянием подрабатываемых бортов карьера, изоляция подземных выработок, организация совмещения горных работ в контурах карьера и за его пределами.

Рациональное использование выработанного пространства для технологических нужд открытого и подземного рудника и в интересах улучшения экологической обстановки является одним из условий эффективного освоения месторождений комбинированным способом.

Различная последовательность сочетаний открытых и подземных работ, внутреннее отвалообразование, применение систем разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими и сыпучими составами, использование для приготовления закладочных смесей пород вскрыши позволяет сократить объемы отвалов и существенно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, а также повысить полноту и качество освоения запасов ценных руд.

Такие меры позволяют существенно сократить капитальные и эксплуатационные затраты, обеспечить плановое возмещение выбывающих мощностей, повысить полноту и комплексность освоения недр. Наличие общей для открытого и подземного рудника инфраструктуры, транспортных коммуникаций также способствует повышению эффективности и интенсивности горных работ.

Опыт комбинированной разработки месторождений показывает, что при определении участков для открытой и подземной разработки следует избегать частичной добычи руды подземным способом из проектных контуров карьера. Во-первых, этим снижаются эффективность и технико-экономические показатели работы карьера. Во-вторых, ведение открытых горных работ на участках, где часть запасов ранее отработана подземным способом, вызывает большие трудности технологического порядка, требует дополнительных материальных затрат и повышает опасность нахождения там людей и механизмов.

В рамках комплексного проекта на отдельных и достаточно больших участках месторождения (в переходных зонах) обеспечивается технологическое взаимодействие карьера и подземного рудника, элементов открытых и подземных технологий с формированием единой горнотехнической системы.

В целях управления качеством разработки при комбинированной разработке нагорных месторождений в работе [3] обоснован состав взаимозависимых горно-экономических параметров, включающий:

- кондиции на запасы и показатели извлечения;
- производственная мощность, границы открытой разработки;
- организационный порядок добычи и переработки разнокачественных запасов;
- технологический комплекс по добыче и переработке.

Известно, что переход на подземные работы может происходить без образования и с образованием единого выработанного пространства в переходной зоне. В первом случае работы ведутся без оставления барьерного целика в основании и в бортах карьера - буровые работы ведутся из карьерного пространства и из подземных выработок, погрузка и транспорт руды осуществляются через шахту. При этом могут применяться системы разработки, как с поддержанием очистного пространства, так и с обрушением.

Достоинством этого варианта является возможность размещения в выработанном пространстве карьера вскрышных пород.

Во втором случае либо оставляется естественный целик-потолочина, обрушаемый после завершения работ в карьере, либо формируется искусственный подкарьерный целик из закладочного материала.

Преимуществом данной схемы является возможность раннего развития работ в переходной зоне параллельно с производством открытых работ на верхних горизонтах, что позволяет обеспечить поддержку, а в ряде случаев и наращивание производственной мощности рудника, а также решить вопросы вентиляции и водоотлива.

Такой подход к проектированию комбинированной разработки предполагает размещение основных вскрывающих выработок с учетом перспективы развития горных работ в карьере и на подземном руднике и последующего функционирования их на всех этапах разработки.

При этом карьерный съезд и сам карьер рассматриваются как вскрывающие выработки для шахтных запасов.

В свою очередь вскрывающие подземные выработки используются не только для освоения запасов подземных горизонтов, но и для вскрытия глубоких горизонтов карьера.

Очевидно, что применение общей схемы вскрытия в едином плане горных работ на весь период освоения запасов месторождения позволит существенно снизить капитальные и эксплуатационные затраты, избежать негативных последствий переходного периода с одного вида горных работ на другой при рассмотрении их в отдельных проектах и расширит область эффективного применения комбинированных технологий.

Разработанные с учетом особенностей комбинированной разработки технологические схемы выемки запасов переходных зон, основанные на синтезе производственных процессов открытых и подземных способов разработки предусматривают различные способы контроля и управления состоянием массива. Такие технологические схемы выемки позволяют обрабатывать запасы практически в любых горно-геологических условиях, обеспечивая высокую полноту освоения недр и использование выемочных пространств действующих рудников. При этом выбор технологической схемы определяется механическими характеристиками и устойчивостью массивов руды и вмещающих пород и геомеханической обстановкой на месторождении [2].

Принятие технологических решений по выемке запасов переходных зон характеризуется высокой степенью риска и должно сопровождаться геомеханическими расчетами с повышенной степенью ответственности, определяемой небольшим резервом коэффициента запаса устойчивости прикарьерного

массива на период завершения открытых горных работ.

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

Эффективность частных проектных решений должна оцениваться с позиций обеспечения максимальной эффективности всей технологической схемы.

Таким образом, традиционная методология проектирования предполагает последовательное и в значительной степени обособленное решение основных проектных задач. В отличие от традиционной методологии при комплексном освоении месторождений методы проектирования предусматривают системное обоснование технологической схемы отработки на каждом этапе на основе исследования взаимосвязи проектных задач и оптимизации комплексной схемы вскрытия, подготовки, технологии, направления и порядка очистной выемки на различных этапах освоения месторождения.

В работе [2] изложены основные принципы конструирования горнотехнических систем при комбинированной разработке:

- наличие на стадии проектирования стратегии комплексного освоения месторождения в целом с определением последовательности воспроизводства выбывающих мощностей и границ рационального применения технологий;
- создание благоприятных условий перехода от одной технологии к другой;
- использование существующих выработок, поверхностных комплексов и транспортных коммуникаций карьера;
- применение в схемах вскрытия шахтных запасов выработанного карьерного пространства;
- использование в общей схеме транспортирования рудного потока вертикальных и наклонных подземных транспортных выработок;
- применение при очистной выемке комбинированных технологий на базе карьерного и подземного бурового, погрузочного и транспортного оборудования;
- рациональное сочетание технологических процессов различных способов разработки;
- использование образующегося единого выработанного пространства и зон обрушения для размещения вскрышных пород и отходов обогащения.

Комплексное освоение запасов месторождения в рамках единого проекта позволяет создать режим экономического и технического благоприятствования различных технологий добычи на всех этапах разработки, сократить и рационально распределить по этапам разработки капитальные затраты на освоение месторождения, снизить себестоимость

добычных работ за счет оптимального сочетания технологических процессов открытых и подземных работ при выемке запасов переходных зон и экономического обоснования эффективной глубины производства горных работ на каждом этапе разработки, обеспечить плавный переход от открытого к подземному способу без разрыва в добыче руды; сократить ареал экологического воздействия на окружающую среду.

Таким образом, при комплексном освоении месторождений комбинированным способом методы проектирования должны предусматривать системное обоснование технологической схемы отработки на каждом этапе комплексного освоения месторождения различными технологиями на основе исследования их взаимосвязи и совместного участия в формировании уровня количественных, качественных и экономических показателей добычи.

#### Литература:

1. Агошков М.И., Терентьев В.И., Казикаев Д.М. и др. Комплексный открыто-подземный способ разработки мощных крутопадающих рудных месторождений//«Основные направления развития открыто-подземного способа разработки месторождений». М.: ИПКОН АН СССР, 1987.
2. Каплунов Д. Р., Чаплыгин Н. Н., Рыльникова М. В. Принципы проектирования комбинированных технологий при освоении крупных месторождений твердых полезных ископаемых. М: Горный журнал, 2003г., №12.
3. Кожугулов К.Ч., Толобекова Б. Повышение полноты извлечения запасов на основе системной оптимизации взаимосвязанных параметров разработки нагорных месторождений. В журн. Известия НАН КР, №4, Бишкек, 2006, -с. 26-32