

Б.Н. АНДРЕЕВ, д-р техн. наук, проф., А.А. СЕРГЕЕВА, аспирантка
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ПАРАМЕТРЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ В КРИБВАССЕ

Обобщены факторы, определяющие параметры и показатели эффективности комбинированной геотехнологии. Выявлены основные факторы, оказывающие существенное влияние на параметры и показатели комбинированной геотехнологии.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Обоснование параметров горнотехнических систем при проектировании комбинированных геотехнологий имеет особое значение в связи с необходимостью совершенствования схем взаимодействия открытых, открыто-подземных и подземных горных работ в существенно изменяющихся горно-геологических, горнотехнических и экологических условиях шахты имени Фрунзе и карьера ЦГОКа. Поэтому, при определении стратегии освоения железорудных месторождений комбинированной геотехнологией и ее основных параметров необходимо учитывать горно-геологические, горнотехнические и горно-технологические факторы.

Анализ исследований и публикаций. Как показывает анализ опыта разработки рудных месторождений комбинированным способом, для реализации идеи комбинированной геотехнологии, заключающейся в рациональном сочетании увязанных в единый комплекс технологических элементов открытых и подземных работ, необходимо заблаговременно устанавливать рациональные параметры комбинированной разработки, что обеспечивает в различных горно-геологических и горнотехнических условиях крупномасштабную экономически безопасную добычу полезного ископаемого с высокими технико-экономическими показателями, как при отработке переходной зоны, так и при совместной добыче открытым и подземным способами [1-10].

Постановка задачи. Горно-геологическая характеристика минерально-сырьевой базы горнодобывающих предприятий, разрабатывающих рудные месторождения, и обеспеченность их запасами, предопределяет требования рационального и комплексного их использования. Поэтому при проектировании освоения месторождения комбинированными геотехнологиями, необходимо учитывать влияние на выбор параметров горнотехнических систем таких горно-геологических характеристик месторождения, как мощность, длина по простиранию, длина по падению рудной залежи, высота слоя налегающих пород, угол падения залежи, содержание полезных компонентов в руде и физико-механические характеристики массива.

Изложение материала и результаты. Мощность залежи является одним из основных факторов, определяющих ширину фронта горных работ и площадь сечения выработанного пространства. На открытых горных работах мощность рудного тела определяет направление развития горных работ, а на подземных работах - является одним из основных факторов, определяющих выбор системы разработки. В качестве постоянных факторов, влияющих на выбор системы подземной разработки выделяет следующие горно-геологические факторы: устойчивость руды и вмещающих пород, мощность и угол падения рудного тела, морфология, а в качестве переменных - склонность руд к слёживанию, самовозгоранию, включения пустых пород, ценность руды, наличие или отсутствие налегающих пород над обрабатываемым подземным способом участком, необходимость сохранения поверхности и другие.

В переходной зоне мощность рудной залежи определяет горизонтальную площадь открыто-подземного яруса и, тем самым, его высоту (рис. 1). При мощности залежи около 1000 м высота яруса определяется технологическими факторами, главным из которых является наибольшая глубина скважин, обеспечиваемая применяемой буровой техникой НКР-100 и СБШ-320 (рис. 2). Таким образом, мощность залежи является важным фактором, влияющим на обоснование рациональных параметров технологии отработки переходной зоны.

Длина рудного тела по падению и высота слоя налегающих пород на открытых горных работах несомненно влияют на выбор эффективной глубины карьера.

По данным проф. А.И. Арсентьева, с увеличением мощности налегающих пород, эксплуатационный коэффициент вскрыши уменьшается при всех возможных вариантах вскрытия карь-

ерного поля, так как при этом резко увеличивается объем горнокапитальных работ и большая часть пород вынимается в период строительства карьера. Неравномерность вскрышных работ растет с увеличением мощности налегающих пород при любых вариантах вскрытия [6].

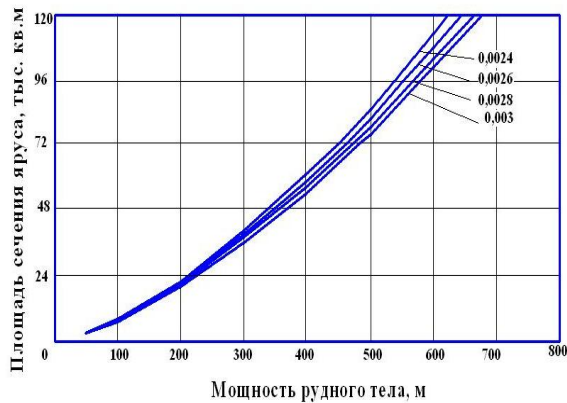


Рис. 1 Залежність оптимальної площі сечення відкрито-підземного яруса від потужності рудного тіла та коефіцієнта устойчивості борта яруса

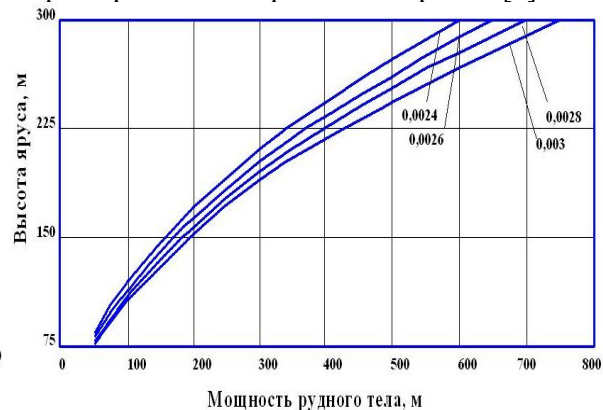


Рис. 2 Залежність оптимальної висоти відкрито-підземного яруса від потужності рудного тіла при різних значеннях коефіцієнта устойчивості борта яруса

Длина по простиранию рудного тела влияет, главным образом, на выбор способа отвалообразования на открытых горных работах. Так, на месторождениях с длиной рудного тела по простиранию более 1000 м возможно формирование в выработанном карьерном пространственнуренного отвала, путем размещения вскрышных пород.

Угол падения залежи оказывает существенное влияние на выбор варианта комплексного открыто-подземного способа разработки. При крутых углах падения рудных тел, не превышающих углов обрушения, могут быть применены варианты, предусматривающие свободный выпуск руды и придание бортам выработанного пространства безопасных углов откоса. При углах падения порядка 79° и мощности залежи менее 100 м наиболее целесообразен вариант, предусматривающий полное заполнение выработанного пространства породами вскрыши.

Одним из главных факторов, определяющих целесообразность вовлечения месторождения в эксплуатацию, является содержание полезного ископаемого, которое оказывает существенное влияние на выбор технологии добычи руды (способ вскрытия и подготовки запасов, выбор сочетаний системы разработки), а также технологии переработки руд. При низком содержании и ценности полезного компонента целесообразно применение систем разработок с естественным поддержанием очистного пространства и обрушением руды и вмещающих пород, в виду их экономичности по затратам; при высокой ценности руды предъявляются особые требования к способу разработки ввиду показателей потерь и разубоживания, способа выемки руды. Необходимо отметить, что изменение содержания полезных компонентов по глубине рудной залежи оказывает существенное влияние на распределение запасов по способам разработки.

Физико-механические характеристики массива определяют, главным образом, безопасные углы откоса бортов карьера и открыто-подземного яруса, устойчивые параметры подземных выработок и предельные пролеты обрушения в системе "карьер, переходная зона и подземный рудник", обуславливая тем самым площадь сечения выработанного пространства, ширину и скорость подвигания фронта работ. Кроме того, физико-механические характеристики оказывают влияние на сменную производительность бурового и погрузочного оборудования через механическую скорость бурения и процент выхода негабарита, что определяет производительность и экономические показатели выемки. При оценке влияния физико-механических свойств на параметры комбинированной разработки необходимо учитывать взаимное влияние взрывных работ на открытые и подземные горные работы. Неучет данного фактора может привести к ослаблению опорных и барьерных целиков, снизить устойчивость бортов карьера, очистных выработок подземного рудника, потолочин, нарушить целостность массива и условия безопасности работ.

Большинству рудных месторождений свойственна изменчивость горногеологических условий разработки отдельных участков: параметров элементов залегания, морфологии, физико-механических свойств, вещественного состава и ценности полезного ископаемого, а также ха-

рактеристик вмещающих пород. Эта изменчивость обуславливает соответственно и дифференцированный подход к выбору способа и технологии выемки руды, и разницу в технико-экономических показателях добычи на отдельных участках, и в целом по всему месторождению, особенно в части затрат на добычу полезного ископаемого и варьировании извлекаемой ценности руды, что приводит к необходимости корректировки параметров комбинированной разработки.

Таким образом, отмеченные горно-геологические факторы в наибольшей степени влияют на эффективность каждого из способов разработки и являются основными исходными данными для установления технологических схем перехода к комбинированной геотехнологии. Анализ опыта освоения месторождений комбинированными геотехнологиями показал, что влияние горно-геологических факторов не в полной мере учитывается при обосновании стратегии комбинированной разработки в связи с установлением параметров раздельно на открытую, открыто-подземную и подземную разработку в пределах отведенной для них части месторождения без учета их взаимовлияния.

Параметры комбинированной разработки необходимо выбирать исходя из учета влияния не только горно-геологических, но и горнотехнических факторов при максимизации прибыли от добычи руды, минимизации капитальных вложений и определении оптимальной производственной мощности рудника, осуществляющего комбинированную разработку месторождения, находящейся в пределах горнотехнических возможностей на каждом этапе освоения [8].

Одним из недостаточно исследованных в настоящее время вопросов является обоснование производительности добычи, возможной при комбинированной геотехнологии, так как этот показатель является определяющим при оценке целесообразности применения выбранной технологии в конкретных горно-геологических условиях и предопределяет основные технико-экономические показатели, полноту и комплексность освоения месторождения. На определение производственной мощности предприятия на различных этапах разработки значимо влияет годовое понижение горных работ, осуществляемое открытым и подземным способами [1].

Существенное влияние на обоснование границы открытых горных работ (верхний, технически достижимый ее предел) оказывает производительность карьера, определенная по горным возможностям.

Исследованиями установлено, что производительность открыто-подземного яруса обеспечивается ростом его высоты до значений, обусловленных устойчивостью бортов яруса и возможностям буровой техники. При одной и той же скорости подвигания фронта открытых работ увеличение высоты уступа приводит к увеличению числа транспортных ортов, последнее требует больших размеров рабочей площади открыто-подземных работ и может отрицательно сказаться на интенсивности внутреннего отвалообразования из-за общей длины транспортировки вскрышных пород, тогда интенсивность добычи из открыто-подземного яруса будет ограничиваться скоростью подвигания высокого уступа по условию процесса отвалообразования. При ограниченном размере по простиранию рабочей площади открыто-подземных работ увеличение производительности достигается уменьшением высоты открыто-подземного яруса за счет улучшения качества дробления рудной массы и роста числа возможных пунктов погрузки.

Наибольшее влияние на обоснование производственной мощности подземного рудника оказывает множество факторов, которые объединены в 3 группы: горно-геологические условия, горнотехнические факторы, характеризующие выбранные системы разработки, ее параметры и способ вскрытия, организационно-технические факторы, выраженные в расчетной скорости проходки выработок и подвигания очистной выемки.

При определении экономически целесообразной производственной мощности подземного рудника необходимо учитывать эксплуатационные расходы по добыче 1 т руды. Зависимость себестоимости 1 т руды от производственной мощности подземного рудника имеет линейный вид. Расчетами установлено, что для рудников небольших масштабов удвоение проектной производственной мощности дает снижение эксплуатационных расходов на 25-30 %, а для крупных рудников на 10-15 %, т.е. увеличение годовой добычи на 10 % для небольших рудников дает снижение эксплуатационных расходов на 2,5-3 %, а для крупных рудников - 1-1,5 %.

Основным параметром комплексного открыто-подземного способа разработки является вертикальная высота открыто-подземного яруса. Она, с одной стороны, определяет параметры

схемы отбойки и показатели выпуска при отработке высокого уступа, с другой, влияет на размеры единого выработанного пространства и динамику внутреннего отвалообразования.

Таким образом, от правильности обоснования открыто-подземного яруса зависит степень реализации преимуществ открытых и подземных технологий, объединенных в комплексном способе разработки.

Варианты технологии комплексного открыто-подземного способа в значительной мере определяют высоту переходной зоны и способ выпуска рудной массы. Высота открыто-подземного яруса, наряду с мощностью залежи, влияет на площадь сечения выработанного пространства и скорость подвигания добычного фронта (рис. 3).

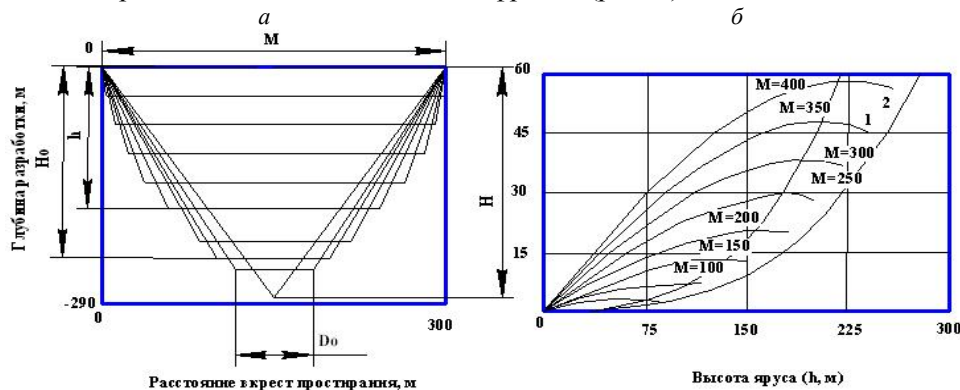


Рис. 3. Изменение поперечного сечения открыто-подземного яруса при вариантах, предусматривающих выполаживание его бортов с увеличением его высоты: а - изменение формы поперечного сечения; б - изменение площади поперечного сечения в зависимости от высоты открыто-подземного яруса (h , м) и мощности (M , м) рудной залежи: 1 - изменение максимальной площади; 2 - изменение площади поперечного сечения при максимальной высоте яруса

С ростом высоты открыто-подземного яруса происходит увеличение балансовых и промышленных запасов руды, приходящихся на один пункт выпуска, и снижение стоимости добычи. При вариантах, предусматривающих свободный выпуск руды, с ростом высоты яруса, происходит уменьшение сечения дна выработанного пространства, что ограничивает возможное число пунктов выпуска в транспортном орте. С другой стороны, высота открыто-подземного яруса тесно связана с глубиной взрывных скважин и, таким образом, оказывается влияние, как на сменную производительность бурового оборудования, так и на процент выхода негабарита. При вариантах, предусматривающих обеспечение устойчивости бортов выработанного пространства за счет придания им безопасных углов откоса, используется площадный выпуск руды. При этом общая производительность выпуска возрастает с увеличением количества транспортных ортов, находящихся в одновременной эксплуатации в пределах навала отбитой руды. При вариантах, предусматривающих полное заполнение выработанного пространства горной массой, может быть реализован торцевой выпуск руды. Увеличение производительности при заданной мощности залежи обеспечивается только путем увеличения числа погрузочно-разгрузочных штреков, за счет сокращения расстояния между ними.

Существенным благоприятным фактором при открыто-подземной разработке является сравнительно непродолжительный срок стояния подработанного уступа, в этом случае коэффициент запаса устойчивости может быть принят значительно меньше, и может находиться в пределах 1,15-1,3. На повышение устойчивости уступа открыто-подземного яруса существенно влияние оказывают породы внутреннего отвала вскрышных пород, размещаемого в выработанном пространстве.

Тип применяемых комплексов оборудования также влияет на скорость подвигания горных работ, поскольку единичная мощность средств механизации в значительной мере определяет производительность соответствующих процессов. Скорость подвигания рабочего борта карьера является ограничивающим фактором в технологических схемах, предусматривающих одновременное ведение горных работ в карьере и открыто-подземном ярусе.

Учет экологических факторов (площади отчуждаемых продуктивных земель, неблагоприятные гидрогеологические и геохимические изменения местных экологических систем, загрязнение вредными веществами почвы, воздуха, водоемов, изменение микроклимата и др.) вносит существенные коррективы в процесс принятия решений по определению таких параметров

комбинируваної геотехнології як вибір способу розробки, системи розробки, встановлення раціональної виробничої потужності горного підприємства на різних етапах освоєння. Учет екологічних факторів в одній мірі стимулює підвищення продуктивності підприємства, в зв'язі з тим, що з збільшенням масштабів підприємства удільні витрати на охорону навколишнього середовища зменшуються майже пропорційно зростанню виробничої потужності.

Висновки і напрямлення подальших досліджень. Узагальнення горно-геологічних, горнотехнічних і екологічних факторів показало, що вони в більшій мірі впливають на встановлення наступних параметрів комбінуваної розробки - меж перехідних відкрито-підземних робіт, розподіл балансових запасів за способами видобування, вибір технології і способу управління станом масиву на різних етапах освоєння родовищ комбінованим способом в межах єдиної горнотехнічної системи.

Таким чином, на параметри і показники ефективності комбінуваної розробки впливають суттєво горно-геологічні, горнотехнічні і екологічні фактори. Серед горно-геологічних факторів найбільш важливими при встановленні параметрів комбінуваної геотехнології є потужність, довжина рудного тіла за падінням і висота налягаючих порід, вміст і цінність корисного копалини і фізико-механічні характеристики руд і вмещаючих порід, екологічні вимоги. Серед технологічних факторів - застосовувана технологічна схема, річне зниження на горних роботах, висота відкрито-підземного яруса, використовувані комплекси обладнання.

Список літератури

1. Комплексне освоєння рудних родовищ: проектування і технологія підземної розробки / Д.Р. Каплунов, І.І. Помельников, В.І. Левин і др. - М.: ИПКОН РАН, 1998. - 383 с.
2. Каплунов Д.Р., Калмыков В.Н., Рыльникова М.В. Методологія формування стратегії освоєння родовища комбінованим способом. / Комбінована геотехнологія: Проектування і геомеханічні основи: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції 2001 г. - Магнітогорск: МГТУ, 2003. - с. 6-10.
3. Шнайдер М.Ф., Вороненко В.К. Совмещение открытых и подземных разработок рудных месторождений. - М.: Недра, 1985. - 132 с.
4. Казикаев Д.М. Совместная разработка рудных месторождений. - М.: Недра, 1967.
5. Гордин Д.В. Обоснование высоты открыто-подземного яруса при комплексном способе разработки протяженных железорудных месторождений. Автореф. дисс. к.т.н., Москва, 1988.
6. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьера. Изд. 2-е, переработ. и доп. М., изд-во «Недра», 1970.
7. Рыльникова М.В. Комбинированная геотехнология: развитие способов добычи и безопасности горных работ: материалы международной научно-технической конференции. 2003 г. Сибай. Магнітогорск: МГТУ, 2004. - 216 с.
8. Каплунов Д.Р., Калмыков В.Н., Рыльникова М.В. Комбинированная геотехнология. - М.: Изд-кий дом «Руда и металлы». - 2003. - 560 с.
9. Агошков М.И., Малахов Г.М. Подземная разработка рудных месторождений. М.: «Недра», 1966, с. 636-653.
10. Ржевский В.В., Реватов М.А. Принципы управления состоянием бортов глубоких карьеров. Горный журнал, 1975.27.03.13.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.13

УДК 622.281.424

О.С. НЕСТЕРЕНКО, канд. техн. наук, доц., А.В. ТАРАСЕНКО, магистр
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

АНАЛІЗ ДОСВІДУ СПОРУДЖЕННЯ КАМЕРНИХ ВИРОБОК НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Камери великого поперечного перерізу (більше 100 м²) широко використовуються в гірничодобувній промисловості. Такі камери розташовують в міцних стійких породах, надаючи їм склепінчастої форми поперечного перерізу.

Довжина камер зазвичай складає не більше 200 м, ширина до 30 м, висота до 60 м, площа поперечного перерізу великих камер досягає 1000 м² і більше.

У гірничодобувній промисловості до камер великого поперечного перерізу відносять камери подрібнювально-бункерних комплексів, час будівництва яких часто визначає термін здачі шахти в експлуатацію. Особливо великий поперечний переріз мають камери перевантажувальних вузлів в комплексах ЦПТ (циклічно-поточної технології) на кар'єрах.