УДК 52.13.15; 52.13.17; 87.15.15.

А.Г.ПРОТОСЕНЯ, Ю.Н.ОГОРОДНИКОВ,
О.В.ШПАНСКИЙ, В.И.ОЧКУРОВ
Санкт-Петербургский горный институт

ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ГЛУБОКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОГАТЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД КМА

На примере Михайловского и Яковлевского месторождений рассмотрены проблемы освоения богатых железных руд КМА, связанные с их глубоким залеганием, с учетом сложных инженерно-геологических условий строительства подземных рудников и вредных последствий разработки руд открытым способом для природной среды. Приведены результаты комплексных испытаний физико-механических свойств рыхлых богатых руд, которые пока недостаточно изучены. Дан прогноз отчуждения земель и засорения почв, обусловленных увеличением объемов вскрыши при дальнейшей эксплуатации Михайловского карьера.

Для Яковлевского рудника изучены наиболее эффективные слоевые системы разработки рудного тела с закладкой выработанного пространства. Рекомендован нисходящий порядок отработки блоков с устройством по верхнему слою защитного перекрытия для предупреждения осадки вышележащей толщи с образованием каналов гидравлической связи с каменноугольным водоносным горизонтом.

The problems of development of rich iron ores KMA, connected with their deep burial are considered, in view of difficult and geological conditions of construction of underground ore mines and harmful consequences for natural environment of mining of ores by an open way. Results of complex tests of physical and mechanical properties of friable rich ores are given. Forecast of alienation of grounds and contamination of grounds caused by increase of volumes of an overburden at the further operation Michailovskei opencast is given.

The most effective layering mining methods of ore body with fill in stretch are considered for underground mining. Descending sequence of mining of blocks with the device on the top layer of protective floor for the prevention of a settling of an overlying strata with formation channels of hydraulic communication with carboniferous water-bearing horizon is recommended.

В регионе КМА имеется несколько десятков месторождений железных руд, которые по запасам и условиям залегания пригодны к разработке открытым или подземным способами. Разведанные запасы железных руд КМА составляют более 50 % железорудных ресурсов России. Комплексное освоение этих месторождений предусматривает переход от обоснования отдельных проектных решений к выявлению закономерностей развития и взаимосвязи техногенных геосистем с природными. Выбор способов разработки месторождений с учетом горно-геологических условий и инженерно-экологической оценки воздействия горного производства на природную среду позволят научно обосновать геотехнологическую стратегию освоения месторождений различными способами.

Богатые железные руды (БЖР) представлены здесь двумя типами: остаточными и осадочными. Остаточные руды, на долю которых приходится не менее 95 % запасов БЖР, образовались при метаморфизме и химическом выветривании железных кварцитов. В зависимости от минерального состава кварцитов формировались мартит-железно-слюдковые, мартит-гидрогематитовые руды и их разновидности, с содержанием железа от 51 до 68 %. Остаточные руды образуют в породах докембрия мощные крутопадающие залежи, уходящие на большую глубину. Кора выветривания перекрыта четвертичными отложениями мощностью от 100-120 м (Ми-

хайловское, Лебединское, Стойленское месторождения) до 550 м (Яковлевское месторождение) с пятью-семью водоносными горизонтами. Условия залегания месторождений БЖР являются сложными для открытого и подземного способов разработки.

Общеизвестна экологическая опасность загрязнения окружающей природной среды карьерами*. Открытый способ разработки сопровождается строительством дренажных шахт, объемными вскрышными работами, отчуждением пахотных земель продуктивного сельскохозяйственного региона, высокой техногенной нагрузкой на природную среду. В свою очередь, строительство глубоких подземных рудников в сложных горно-геологических условиях требует больших капитальных вложений с длительными сроками окупаемости.

Проблемы освоения месторождения БЖР КМА целесообразно рассмотреть на примерах эксплуатации Михайловского месторождения и строительства подземного Яковлевского рудника.

Производительность Михайловского карьера сопоставима с производительностью крупного подземного рудника, и он обеспечен запасами нее менее чем на 20 лет. При ежегодном увеличении глубины ведения работ на 4,6 м в настоящее время глубина карьера достигла 210 м. Отвалы пустых пород объемом около $8 \cdot 10^8$ м^3 занимают площадь 3200 га. О масштабах техногенной нагрузки на природную среду и экологической опасности от деятельности Михайловского карьера можно судить по объемам выбросов. Ежегодно в воздух выбрасывается около $20 \cdot 10^3$ т вредных веществ, в том числе $18 \cdot 10^3$ т твердых, а также окись углерода, оксиды азота, соединения серы и др. При взрыве в карьере пылегазовое облако с содержанием пыли до 200 т разносится ветром на 25 км и более. В сухую ветренную погоду пылят отвалы рыхлой вскрыши. Пыль с осадками проникает в почву, изменяя ее физико-химический состав.

С увеличением глубины карьера прогнозируется рост техногенной нагрузки на природную среду и снижение эффективности открытого способа добычи. В ближайшие 5 лет на внешние отвалы будет отправлено до 74 млн м^3 вскрыши, размещение которой при трехярусном формировании отвалов потребует 164 га. В радиусе до 40 км продолжатся процессы загрязнения почвенного покрова железом, магнием, кальцием, хромом, свинцом, никелем, кобальтом. Будет расти отрицательное влияние загрязнения на плодородие почвы, растительный и животный мир, на состояние здоровья населения района.

В то же время известная и во многих случаях эффективная идея доработки подкарьерных запасов подземным способом может быть реализована на Михайловском ГОКе, что позволит снизить техногенную нагрузку на природную среду и экологическую опасность. Имеющиеся коммуникации, производственная структура ГОКа, трудовые ресурсы, наличие дренажной шахты, сформировавшаяся депрессионная воронка, возможность вскрытия подземных горизонтов с бортов карьера автоуклонами позволят снизить стоимость и сроки строительства подземного рудника. При проектировании важно взвешенно и с учетом последних данных о свойствах и особенностях строения рудных тел БЖР подойти к выбору системы разработки БЖР и железистых кварцитов, обосновать технологию закладочных работ. Однако необходимо отметить несовершенство современной методологии проектирования подземного рудника на базе действующего карьера. Например, в геотехнологическом аспекте вопросы перехода от открытых к подземным горным работам не рассматривались.

Проблемы разработки БЖР подземным способом наглядно проявляются при освоении уникального по запасам и качеству руд Яковлевского месторождения. Вскрытие рудного тела транспортными и дренажными ортами показало недостаточную достоверность данных о физико-механических свойствах богатых руд, прогноза динамики рудно-кристаллического

* *Чаплыгин Н.Н.* Горная экология в исследованиях ИПКОН РАН / Н.Н.Чаплыгин, В.И.Паничев // Горный вестник. 1997. № 5.

водоносного горизонта и его связи с каменноугольным водоносным горизонтом. В 1998-1999 гг. в Санкт-Петербургском горном институте Р.Э.Дашко и Л.П.Норовой были проведены комплексные испытания образцов БЖР, изготовленных из монолитов, взятых при проходке ортов рудника. Определены пределы прочности при сжатии и растяжении на образцах с естественной влажностью и увлажненных, модули деформации, построены паспорта прочности БЖР с определением сцепления и углов внутреннего трения. Установлено, что образцы БЖР имеют большие диапазоны изменения параметров: прочности при сжатии от 0,6 до 29,7 МПа, углов внутреннего трения от 27 до 42°, сцепления от 1,7 до 9,2 МПа. Руды отличаются высокой пористостью (15,7-27,8 %). Прочность рыхлых руд резко уменьшается при увлажнении. Разрушенная руда после уплотнения обладала довольно высоким (до 0,28 МПа) сцеплением, что указывает на склонность руды слеживаться и зависать в рудоспусках и бункерах.

Учитывая особенности строения рудного тела, имеющего мощные (до нескольких метров) прослои железистых кварцитов и низкую прочность рыхлых руд, следует признать неприемлемой принятую в проекте рудника камерную систему разработки*.

Слоевая система разработки в рассматриваемых условиях более предпочтительна по целому ряду показателей эффективности. В частности, на руднике предполагается применение одного из следующих вариантов слоевой системы разработки с закладкой выработанного пространства:

- горизонтальными слоями в восходящем порядке с отработкой слоя камерами и последующей закладкой выработанного пространства сухими твердеющими смесями;
- горизонтальными слоями в нисходящем порядке с отработкой и закладкой слоев узкими забоями-камерами по простиранию рудного тела.

При оценке вариантов слоевой выемки, прежде всего, следует учитывать влияние очистных работ на состояние водоупорной толщи между каменноугольным и рудно-кристаллическим водоносными горизонтами, а также рудного целика выше горизонта –325 м. Осушение рудного массива дренажными скважинами из выработок горизонта –425 м указывает на отсутствие или весьма слабую гидравлическую связь между горизонтами. Важно сохранить целостность водоупора. Образование каналов поступления воды из каменноугольного горизонта приведет к размыву рыхлых БЖР рудного тела, причем можно прогнозировать необратимый и прогрессирующий характер этих процессов с непредсказуемыми последствиями для очистных работ в разрабатываемом блоке.

Предпочтительна выемка слоями в нисходящем порядке. При восходящем порядке выемки слоев рыхлой руды кровля камер будет неровной и потребует крепления. Недозакладка первичных камер в таких условиях неизбежна. При последующей выемке целиков пролеты неподкрепленной кровли в очистных забоях будут в 2-3 раза больше проектных, что может вызвать осадки рудного массива. Осложнится выемка вышележащих слоев. Значительные трудности возникнут при выборе способов поддержания сопряжений транспортных ортов с очистными камерами.

Нисходящий порядок выемки надежней, так как камеры под закладкой остаются незакрепленными. На участках сопряжений закладочный массив следует усилить. Однако при выемке камерами по простиранию рудного тела закладка верхнего слоя, состоящая из отдельных полос и неспособная сопротивляться растягивающим усилиям, будет проседать. Необходимо усилить закладку верхнего слоя, чтобы она могла выполнять роль несущей потолочины. Для этого целесообразно отрабатывать верхний слой камерами вкрест простирания и закладывать их смесью повышенной прочности с предварительной укладкой на почву вдоль камер арматуры из тросов.

Созданное защитное перекрытие позволит в полной мере реализовать следующие преимущества нисходящего порядка отработки:

* Технические решения по строительству рудника / Н.Н.Кадолба, В.М.Субботин, В.А.Нелаев и др. // Горный журнал. 1996. № 1-2.

• надежность, обусловленную повышенной устойчивостью слоевых ортов, камер и их сопряжений, поддерживаемых под искусственной кровлей;

• минимальные осадки покрывающей выработанное пространство толщи и сохранение изоляции рудно-кристаллического водоносного горизонта от каменноугольного;

• исключение работ по креплению выемочных камер;

• удовлетворительное решение проблем транспорта руды, доставки закладочного материала, проветривания выработок при эффективном использовании мощной самоходной техники.

К недостаткам рассматриваемой системы разработки можно отнести увеличение объема горно-подготовительных работ и продолжительности периода выхода рудника на проектную мощность.

При проектировании технологии разработки рудного массива необходима дополнительная проработка следующих проблем:

• технологической перегрузки слоевого транспортного орта;

• оценки слеживаемости руды и ее способности зависать в рудоспусках;

• загазованности вентиляционно-закладочных выработок выхлопными газами от двигателей внутреннего сгорания и продуктами взрыва в очистных камерах;

• уточнение комплекса закладочных работ.

Средства и технология закладочных работ в проекте рудника проработаны недостаточно. Слоевая система разработки ориентирована на сухую закладку с применением закладочной машины SEHUBWAHDMULDE. Предполагается строительство закладочного комплекса по временной схеме с подачей материала в шахту по скважинам. Можно предвидеть сложности с бурением и креплением скважин в мощной толще четвертичных отложений с напорными водоносными горизонтами. Состав и консистенция закладочного материала определяются техническими возможностями закладочной машины, но, возможно, они будут не оптимальными для способа спуска смеси с поверхности по трубам.

В целом, успешное решение технических задач, связанных с подземной разработкой Яковлевского месторождения, позволит в дальнейшем четко определить стратегию и тактику освоения глубоких залежей богатых железных руд КМА.