© А.Г. Шапарь, И.В. Ботанцев, В.Н. Романенко, 2008

УДК 622.015

А.Г. Шапарь, И.В. Ботанцев, В.Н. Романенко

ПОВТОРНАЯ РАЗРАБОТКА ПРИРОДНО-БОГАТЫХ ПОТЕРЯННЫХ И РАЗУБОЖЕННЫХ РУД В КРИВБАССЕ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

Семинар № 16

В мае 2006 года исполнилось 125 лет с начала добычи железных руд в Криворожском бассейне.

Начало добычи природно-богатых руд относится к 1880 году. Сначала добыча природно-богатых руд велась открытым способом с переходом на подземный способ. В 1910 году промышленные запасы природно-богатых железных руд в Кривбассе определялись в 51715 тыс. пудов (827,44 тыс. т), в 1925-1926 годах на глубину 320 м они составляли 170 млн т, а к 1930 году запасы по категории «А» и «В» составляли 177,9 млн т, а по категории «С» - 519 млн т.

За 125 лет богатых руд добыто 2077,508 млн т, в том числе за 1880- 1912 гг. – 52,557 млн т, за 1913-1941 гг. – 206,466 млн т, за 1944-2004 гг. – 1818,485 млн т [1].

Общеизвестно, что разработка месторождений подземным способом связана со значительными потерями и разубоживанием полезного ископаемого и со сравнительно высокой себестоимостью. Открытый способ добычи полезного ископаемого обеспечивает бо-лее высокую производительность труда и более низкую себестоимость продук-ции.

Многие железорудные месторождения Кривбасса разрабатывались до средины тридцатых годов открытым способом (добыча природно-богатых руд): карьер шахты им. С.М. Кирова, карьеры №1 и №2 рудоуправления им. К.Либкнехта, карьер рудоуправления Большевик, карьер шахты им. Комин-терна, карьер рудоуправления им. Фрунзе и другие имели при глубине 60-125 м углы откоса бортов: висячего бока – 80^0-40^0, лежачего – 63^0-35^0.

Характерным для многих старых карьеров Кривбасса является выпуклая и плоская формы бортов, что было эффективным при малых глубинах добычи, в то же время при очередной углубке карьера необходимо выполнить сравнительно большой объем вскрышных работ, что явилось одной из причин перехода на подземную разработку.

В настоящее время повторная отработка природно-богатых потерянных и разубоженных руд ведется открытым способом на карьере «Южный» бывшего рудоуправления им. С.М. Кирова (ныне горный цех шахтоуправления по подземной добыче руды ОАО «Миттал Стил Кривой Рог») и карьере «Северный» бывшего рудоуправления им. Дзержинского ныне горно-обогатительный комплекс «Укрмеханобр» ОАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» (ОАО «ММК им. Ильича»).

Под повторной открытой разработкой понимается добыча ранее потерянных и разубоженных руд при подземном способе добычи, которые в результате разного рода потерь были сняты с баланса рудо-

управления при разработке основных запасов богатых железных руд, а также добычи неразведанных маломощных пропластков.

Оба карьера ведут повторную отработку ранее потерянных природно-богатых железорудных руд Саксаганской полосы Криворожского железорудного бассейна, сложенной породами нижнего и среднего отделов Криворожской серии, добыча которых проводилась, в основном, подземным способом.

Железные руды относятся к четвертому и пятому железистым и сланцевым горизонтам. Они образуют рудные залежи, представленные различными типами руд – мартитовыми, гематито-мартитовыми, гематитовыми. Коэффициент крепости составляет 3-10, мощность залежей 2-150 м, содержание железа 46-58 %.

Карьер «Южный» введен в эксплуатацию в 1972 году для добычи ранее потерянных природно-богатых руд. Горные работы ведутся в соответствии с проектом, разработанным проектным институтом «Кривбасспроект».

На юге горный отвод карьера «Южный» граничит с горным отводом карьера «Северный» ГОКа «Укрмеханобр» ОАО «ММК им. Ильича», с востока, севера и запада контур карьера находится внутри горного отвода шахтоуправ-ления.

Карьером «Южный» ведётся повторная отработка руды в зоне сдвижения от подземных горных работ в поле шахты № 1 им. Артёма, на которой продолжается добыча богатых железных руд. Достигнутые размеры карьера: длина – 1050 м, ширина – 630 м, глубина – 140 м, проектные соответственно: 1200, 700, 190 м.

Вскрытие месторождения осуществляется трассой постоянных автомобильных съездов по нерабочему борту и временными автомобильными съездами по рабочему борту карьера.

Разработка месторождения в настоящее время производится послойно – уступами сверху вниз с применением автомобильного транспорта для транспортирования руды на дробильно-сортировочную фабрику и вмещающих пород в зону сдвижения для рекультивации. Рудная залежь отрабатывается системой разработки с поперечными заходками с перемещением фронта очистных и вскрышных работ вдоль линии простирания.

Система разработки – транспортная с параллельным перемещением фронта работ и внутренним отвалообразованием. Высота уступа - 10 м. Угол откоса рабочих уступов: по наносам 50°-65°, по коренным породам до 80°. Угол откоса нерабочих строенных уступов от 35° до 60°. Угол погашения восточного борта карьера 30°-44° [2, 3].

Руда транспортируется на обогатительную фабрику, а вмещающие породы в зону сдвижения и зону обрушения, а с 2008 года будет осуществлено внутреннее отвалообразование.

Углы откосов уступов составляют: висячего бока – 47^0, лежачего бока (по напластованию для насыпных пород) – 45^0.

За 1972-2006 гг. карьером добыто 9,3 млн т руды с содержанием железа 50-53 %.

Плотность руды в массиве – 3,5 т/м^3, в разрыхлённом состоянии – 2,4 т/м^3, средний коэффициент вскрыши – 7,6 м^3/т.

Карьер «Северный» ведет повторную отработку ранее потерянных богатых железных руд, добыча которых ранее производилась подземным способом шахтами бывшего рудоуправления им. Дзержинского.

С севера месторождение граничит с месторождением железных руд РУ им. Кирова, с юга – с городскими землями.

Горный отвод карьера "Северный" располагается на территории, подработанной шахтами, бывшего рудоуправления им. Дзержинского и представлен землями непродуктивными для сельскохозяйственного производства. Общая площадь земельного отвода составляет 113 га, в том числе площадь горного отвода 108 га.

Повторная отработка ранее потерянных богатых руд осуществляется на глубину до 220 м:

- в южной части карьера в осях 66-150 (до отметки минус 100 м);
- в северной части карьера в осях 150-228 (до отметки минус140 м).

Карьер вытянут с севера на юг, имеет размеры 1850 × 450 м.

Проектируемый участок повторной отработки ранее потерянных богатых руд расположен в лежачем боку Саксаганской синклинали и сложен, в основном, железистыми породами и рудами второго Саксаганского пласта. В лежачем боку залегают гематитовые роговики $К_2^{4ж}$ мощностью 20-30 м, угол падения 40°-46°. Среднее содержание железа 30-32%, коэффициент крепости 8-10. Толща роговиков имеет большое количество прослойков гематитовых сланцев, разбита трещинами отдельностей, рассланцована по плоскостям напластования.

Далее на запад залегают гематито-мартитовые роговики $К_2^{4ж}$ мощностью 80-130 м, угол падения 42°-50°, коэффициент крепости 8-10. Гематито-мартитовые роговики трещиноватые, местами выветренные, по плоскостям напластования наблюдаются "зеркала скольжения". Среди толщи гематито-мартитовых роговиков встречаются ранее неразведанные рудные залежи гематито-мартитовой руды. Форма рудных залежей линзообразная, мощность от 2 до 12 м, длина по простиранию 5-50 м, среднее содержание железа 50-56 %, коэффициент крепости 4-7.

Гематитовые роговики $К_2^{5с}$ залегают далее к западу, мощность толщи 20-50 м, угол падения 45°-52°, коэффициент крепости 8-10. Среди гематитовых роговиков встречаются маломощные 2-7 м линзы гематитовой руды с содержанием железа 50-55%, крепость 4-6. К висячему боку от гематитовых роговиков залегают железистые породы $К_2^{5ж}$ представленные гематито-мартитовыми роговиками и джеспилитами. Мощность гематито-мартитовых роговиков $К_2^{5ж}$ 10-30 м, угол падения 50°-55°, содержание железа 30-35%, коэффициент крепости 10-12. Мощность джеспелитов $К_2^{5ж}$ 50-90 м, угол падения 50°-55°, содержание железа 40-42 %. Коэффициент крепости 10-14. Среди роговиков и джеспелитов $К_2^{5ж}$ встречаются линзообразные рудные залежи гематито-мартитовых и мартитовых руд мощностью 2-10 м, коэффициент крепости 2-8, содержание железа 48-60 %. Далее к висячему боку залегает мощная толща роговиков $К_2^{6с}$ гетито-гематитовых, коэффициент крепости 8-14.

На участке карьера "Северный" выделено три основные залежи богатых железных руд: "Восточная", "Основная " и "Западная".

Восточная залежь представлена гематито-мартитовыми и мартитовыми рудами и приурочена к породам четвертого железистого горизонта $К_2^{4ж}$ и имеет пластообразную форму. Рудная залежь вскрыта подземными горными выработками гор. -53 м и гор. -100 м, а также открытыми горными выработками в южной части карьера в осях 124-140 и в северной части карьера в осях 170-195. Руды имеют ССВ простирание, западное падение, угол падения 45-50 градусов. Мощность залежи колеблется от 10 до 30 м.

Основная залежь приурочена к породам пятого железистого горизонта и относится к шарнирному типу рудных зале-

жей. Шарнирная залежь имеет V образный вид и вследствие пологого погружения шарнира на север, склоняется в том же направлении. Данная залежь вскрыта подземными горными выработками горизонтов -30 м, -50 м и -100 м, и открытыми горными работами в центральной части карьера.

Западная залежь имеет пластообразную форму, приурочена к породам четвертого железистого горизонта и расположена в висячем (западном) борту карьера.

Среднее содержание железа в залежи "Восточная" в пределах контура карьера составляло 58,77 %, а в залежи "Основная" - 57,46 %.

Вероятные запасы сырой руды в конечных контурах карьера, по состоянию на 01.01.2005 г. составляют C_2+P = 9000 тыс. т, объем вскрышных пород – 17000 тыс. $м^3$.

Производительность карьера по добыче богатых железных руд составляет 700 тыс. т в год, при объеме выемки вскрышных пород 2000 тыс. $м^3$ в год.

Высота уступа принята 10 м, угол откоса рабочих уступов 50°-80° градусов. Минимальная ширина рабочей площадки 20-32 м. При погашении уступов предусматриваются предохранительные бермы через каждые три уступа шириной не менее 10 м.

Проведение траншей, очистные и вскрышные работы при отработке уступов по коренным породам производятся с помощью буровзрывных работ. Бурение скважин осуществляется станками шарошечного бурения СБШ-250 МН. Диаметр скважин 250 мм. Сетка для бурения скважин принята 5×5 м; 5×6 м; 6×6 м.

Для погрузки горной массы применяются одноковшовые экскаваторы типа механической лопаты ЭКГ-5А с емкостью ковша 5 $м^3$.

Транспортирование горной массы осуществляется автосамосвалами «БелАЗ-7548» грузоподъемностью 42-45 т. Руда из карьера транспортируется на ДСФ, вскрышные породы используются для рекультивации зоны сдвижения (обрушения).

Карьер «Северный» условно разделен перемычкой на два участка (Северный и Южный), на котором размещены технологические автодороги и съезды.

За время производства повторной добычи богатых железных руд на карьере добыто за 1961-1990 гг. – 12582 тыс. т товарной руды с содержанием железа 51,0-53,2 % и за 1991-2005 гг. – 7076 тыс. т товарной руды с содержанием 47-48 % железа.

Оставшиеся запасы потерянных и разубоженных руд составляют 7,2 млн. т товарной (9000 тыс. т) с качеством от 43 до 56 %.

Выделить, где и в каком количестве сосредоточены потерянные руды, практически невозможно по многим причинам:

- отсутствие документации по учету потерь до 1951 года, а до 1966 года эта работа велась небрежно;
- существовала на руднике порочная практика перевода запасов с горизонта на горизонт, с блока на блок, списание запасов на неотработанные блоки на определенный период;
- рудную массу до 1955 г. определяли вместе с влагой (10 %), подсчет запасов при сухой руде;
- технология отработки залежей не выдерживалась, оставлялись охранные целики, залежи мощностью менее 2-х метров не разрабатывались;
- нет возможности определить, какая часть руд осталась в лежачем боку, и какая переместилась с обрушенными породами в висячем боку.

В связи с этим, потерянные богатые руды и разубоженные железные руды в

контурах карьера «Северный» по степени обоснованности категории разведки можно отнести лишь к перспективным запасам, а их отработка связана с экономическим риском.

Учитывая, что на карьере «Южный» повторная добыча ведется с коэффициентом вскрыши 7,6 %, то на карьере «Северный» добыча с коэффициентом 2.86 $м^3$/т вполне оправдана.

Проектом, разработанным институтом проблем природопользования и экологии НАН Украины, с 2007 года предусматривается внутреннее отвалообразование с многократной перевалкой вскрышных пород.

При разработке проекта на внутреннее отвалообразование рассмотрены варианты отсыпки отвалов с внутренней переваловкой вскрышных пород на южный и северный участки карьера.

Выполнен выбор участка для использования под первоначальную ёмкость внутреннего отвала северного и южного участков карьера.

Сравнивая варианты временного расположения вскрышных пород для подготовки первоначальной ёмкости под внутреннее отвалообразование, отдано предпочтение варианту с использованием северного участка карьера (южный торец).

Параметры участков карьера «Северный» на 01.01.07 приводятся в таблице согласно корректировке проекта по вовлечению железистых кварцитов в добычу и переработку.

Сложность проектирования отработки участков и отвалообразования во времени заключается в неопределённости состояния запасов руды на перспективу (хотя бы два-три года).

С целью достижения экономической и экологической эффективности запроектирована технология с внутренним отвалообразованием по двум схемам: с перевалкой вскрышных пород и непосредственно внутреннее отвалообразование.

Отсыпка вскрышных пород внутри карьера производится с целью рекультивации карьера, а также с целью исключения отвода земель под отвалы вскрышных пород.

При проектировании внутреннего отвала выбрано место первоначального внутреннего отвала, в который складируются вскрышные породы для подготовки постоянного внутреннего отвала с последующей отсыпкой его и рекультивацией.

Определена экономическая эффективность внутреннего отвалообразования вскрышных пород по сравнению с внешним отвалообразованием.

Общая экономическая эффективность внутреннего отвалообразования по сравнению с внешним составляет 9538,0 тыс. грн.

Опыт проектирования технологии повторной разработки открытым способом, потерянных при подземной добыче руд, выявил отсутствие типовых решений и значительную неопределенность в исходных данных, что создает большие трудности в выполнении подобных работ и приводит к низкой вероятности достижения предусмотренных проектом показателей. В связи с изложенным, на наш взгляд, важное общенаучное значение приобретает решение следующих задач:

1. Типизация горно-геологических условий залегания участков месторождений, представляющих интерес для повторной разработки.
2. Систематизация технологических схем повторной разработки потерянных руд.
3. Разработка типовых схем для расчета устойчивости бортов карьеров.

Параметры участков карьера «Северный»

		Ед. изм.	Южный участок	Северный участок	Всего
1.	Отметка участка карьера:	м			
	- проектная	м	100	160	
	- фактическая	м	60	120	
2.	Объём вскрыши	тыс. $м^3$	8831,000	9669,000	18500,000
3.	Объём рудной массы	тыс. $м^3$	1080,000	1170,000	2250,000
4.	Объём горной массы в	тыс. $м^3$			

4. Оценка вероятности добычи потерянных руд с заданным качеством при планировании открытых горных работ.

5. Обоснование типовых технологических решений по безопасной отработке потерянных руд.

6. Создание научных основ применения технологии с внутренним отвалообразованием при повторной разработке ранее отработанных подземным способом крутопадающих залежей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Криворізький* залізорудний басейн. До 125-річчя з початку промислового видобутку залізних руд. Вілкул Ю.Г., Дояр Л.В., Дядечків М.І., Колодезнев О.С. та інші. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ. – 2006. – 583 с.

2. *Опыт* совместной открытой и подземной отработки богатых руд» Щелканов В.А., Куриденко К.В., Кузнепов В.В., Масляный М.Г. – М., Горный журнал №7. – 1981 г., 19-22 с.

3. *Отчет по НИР* «Исследование процессов сдвижения и обрушения горных пород лежачего бока в зоне повторной отработки месторождения рудника им. Дзержинского карьером «Северный», г. Кривой Рог, 1983 и 1984 гг. № гос. регистрации 01830046960, рук. проф. Щелканов В.А.

ГИАБ

Коротко об авторах

Шапарь А.Г. – чл.-корр. НАН Украины, профессор, директор,
Романенко В.Н. – главный горняк

Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины.

Ботанцев И.В. – соискатель, горно-обогатительный комплекс «Укрмеханобр» ОАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича», г. Кривой Рог

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 16 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. *В.С. Кузьмин.*