

УДК 552.08

**С.В. Сергеев, А.И. Лябах, Д.А. Зайцев,  
В.В. Севрюков**

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РЫХЛЫХ РУД КМА**

*Рассмотрены результаты инженерно-геологического сопровождения горных работ при отработке запасов богатых железных руд Яковлевского месторождения в сложных горно-геологических и гидрогеологических условиях Курской магнитной аномалии (КМА). Дана характеристика условиям сооружения горных выработок.*

*Ключевые слова: богатые железные руды, минералогические типы, устойчивость, прочность*

**Р**азработка месторождений глубокозалегающих богатых железных руд Белгородского железорудного района КМА требует комплексного подхода к обеспечению безопасности ведения горных работ. Одним из таких важных направлений является изучение инженерно-геологических условий рудного массива при ведении горных работ на глубинах более 600 м. В районе КМА единственным, на котором подземным способом ведется разработка рыхлых богатых железных руд с содержанием  $Fe_{\text{общ}}$  более 60 %, является Яковлевское железорудное месторождение [1].

На основе запасов Центрального участка месторождения осуществляется строительство и ввод в эксплуатацию Яковлевского рудника. Подземными горными выработками охватуен участок месторождения в пределах шахтного поля протяженностью 1600 м.

Месторождение вскрыто тремя вертикальными шахтными стволами глубиной более 730 м каждый, в пределах этажа отработки шахтное поле подготовлено Откаточным горизон-

том минус 425 м и Вентиляционно-закладочным горизонтом минус 370 м.

Сложные гидрогеологические и горнотехнические особенности месторождения (рудное тело перекрыто 550 м осадочной толщей с системой высоконапорных водоносных горизонтов с напорами до 40 атм.) предопределили выбор нисходящей слоевой системы разработки с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. Ее использование способно предотвратить образование водопроводящих трещин в предохранительном целике, отделяющем горные выработки рудника от вышележающего нижнекаменноугольного водоносного горизонта [2].

Выбор оптимальной системы осушения, своевременное изменение проектных решений, соответствующих трансформации гидрогеологической обстановки на руднике, обеспечили подготовку к отработке первоочередного участка месторождения.

Горные работы преимущественно сосредоточены в восточной части шахтного поля. Протяженность этого участка по простиранию составляет

700 м при ширине оруденения на отметке минус 370 м Вентиляционно-закладочного горизонта от 280 м до 450 м. В соответствии с проектными решениями площадь участка разделена на 6 эксплуатационных блоков, отработка которых осуществляется как вкрест, так и по простиранию рудного тела. Наибольшее развитие горные работы получили в пределах нулевого слоя блока №6. Рабочая документация для отработки данного блока выполнена Научно-производственной фирмой «Тарекса» (Москва, 2007 г.). Техническим заданием определена слоевая система разработки нижележащими слоями с твердеющей закладкой в границах 19-23 линий ортов [3].

Для отработки основных запасов руды с минимальными деформациями сооружается защитная потолочина, разделяющая отработываемые запасы этажа от предохранительного рудного целика.

Защитная потолочина (нулевой слой) отработывается параллельными тупиковыми заходками вкрест простирания рудного тела. Подготовка к отработке заключается в проходке стартового штрека в лежащем боку и диагональных заездов, причем из каждого заезда пересекаются четыре заходки. Со стартового штрека в створе с заходками потолочины отработывается и первый слой залежи. Последующие слои (2-10) отработываются заходками, пройденными из слоевых штреков, заезды на которые выполняются из панельного уклона в лежащем боку залежи.

К концу 2010 г. сформировано около 80 % защитной потолочины блока №6. Документирование, обследование и систематизация сведений при инженерно-геологических наблюдениях во время проходки очистных заходов позволили значительно

расширить представление о морфологии рудного массива.

Стартовый штрек и Диагональные заезды №1-10 пройдены преимущественно в тонкополосчатых кварцитах железослюдково-мартитового состава. В зависимости от степени выветрелости материнских пород и наличия трещин близ меридионального направления с углами падения на северо-запад от 25° до 80° массив характеризуется как среднеустойчивый или неустойчивый. В невыветрелых зонах кварциты представляют собой весьма крепкие слаботрещиноватые или трещиноватые породы  $\sigma_{сж}$  1000-1600 кг/см<sup>2</sup>. Однако трещиноватость оказывает существенное влияние на общую устойчивость горных пород в обнажениях и состоянии пройденных подземных горных выработок.

Водопроявления на участке распространения кварцитов отсутствуют. Исключением является лишь западная часть блока, где из-за сложного тектонического строения лежащего бока на контакте с рудами наблюдаются незначительные водопроявления в виде локального рассеянного капеза и замкания кровли выработок. При соблюдении паспорта крепления проходка горных выработок в таких условиях осложнений не вызывает.

Диагональные заезды пересекают весьма неустойчивый контакт между кварцитами лежащего бока и мощной зоной оруденения, представленной богатыми железными рудами железослюдково-мартитового состава. Контакт в плане имеет дугообразную форму – в центральной части кварциты вдаются в массив рыхлых руд, чем по краевым границам блока. Мощность переходной зоны от 1-2 м до 10-15 м. В данных интервалах проходка выработок достаточно сложна, при отступлении от паспорта крепления сопряжена с вывалообра-

зованиями на участках чередования скальных и рыхлых разностей.

Очистные заходки засекаются из диагональных заездов и пересекают рудное тело, достигая пород висячего бока месторождения. Трасса заходок вначале проходит зону железнослюdkово-мартитовых руд с горизонтальной мощностью от 60 до 90 м, далее участок распространения гидрогематито-мартитовых и мартито-гидрогематитовых разностей разделенных на две подзоны прослоем железнослюdkово-мартитовых руд (общая горизонтальная мощность от 50 до 62 м, соотношение мощности прослоев в среднем 18 м : 16 м : 22 м). Следующий интервал в плане представлен клинообразной зоной железнослюdkово-мартитовых руд: максимальная ширина в западной части блока около 85 м, после чего она плавно уменьшается до 10-12 м к восточной границе. Последний участок богатых руд в плане практически симметричен предыдущему, только представлен гидрогематито-мартитовыми и мартито-гидрогематитовыми разностями: в западной части его горизонтальная мощность минимальна (18 м), а к восточной – увеличивается до 135 м.

Породы висячего бока представлены конгломератами, углисто-кварц-слюдистыми, кварц-серицитовыми и кварц-карбонат-серицитовыми тонкополосчатыми сланцами, крайне непостоянными по прочности вследствие неравномерно выраженной слоистости и наличия в ней кливажа расслоения. Данные по большому числу скважин характеризуют кровлю висячего бока как массив пород малой и, реже, средней крепости.

Изучение состава богатых железных руд, залегающих на участке отработки блока №6 показывает, что здесь залегают все их основные минералогические разновидности: мартитовые,

железнослюdkово-мартитовые, гидрогематито-мартитовые и межрудные сланцы.

Железнослюdkовые разности рыхлых руд характеризуются весьма низкими значениями прочности  $\sigma_{сж} \leq 100 \text{ кг/см}^2$ . Мартитовые разности обладают несколько большей унаследованной агрегатностью и, как правило, более высокими показателями прочности  $\sigma_{сж} = 100-300 \text{ кг/см}^2$ . Все разновидности руд, имеющие сопротивление сжатию до  $300 \text{ кг/см}^2$  относятся к рыхлым рудам и в зависимости от степени эпигенетической минерализации характеризуют массив как неустойчивый или весьма неустойчивый. В выделенной зоне массив разбит серией разноориентированных трещин: преимущественно близ меридионального простирания с падением на запад под углом от  $55^\circ$  до  $75^\circ$ , а так же секущих субширотного направления с падением на юг под углом  $55^\circ$  и согласных напластованию северо-западного простирания с падением на северо-восток под углом от  $35^\circ$  до  $45^\circ$ .

Мартито-гидрогематитовые руды из-за наличия дисперсного гидроксида железа обладают повышенным содержанием глинистых минералов и особенно хлоритов. Эти структурные изменения обуславливают и повышение прочности данных руд до  $\sigma_{сж} = 300-800 \text{ кг/см}^2$ . Руды классифицируются как полускальные пониженной прочности.

Карбонатизированные полускальные и скальные разновидности мартитовых, железнослюdkово-мартитовых и гидрогематито-мартитовых руд имеют наиболее высокие прочностные показатели среди богатых железных руд, поэтому они относятся к крепким рудам и имеют  $\sigma_{сж} = 800-1000 \text{ кг/см}^2$ .

Анализ работ показывает, что изменчивость физико-механических

свойств богатых железных руд, наряду с изменчивостью вещественного состава и текстурно-структурных особенностей разреза, определяется степенью эпигенетической минерализации – хлоритизацией и карбонатизацией. С учетом этого, руды в пределах эксплуатационного блока №6 подразделяются на три группы:

I группа – рыхлые: низкой и весьма низкой крепости,  $\sigma_{сж} < 300 \text{ кг/см}^2$ ;

II группа – средней плотности: средней крепости,  $800 > \sigma_{сж} \geq 300 \text{ кг/см}^2$ ;

III группа – плотные: крепкие,  $1000 > \sigma_{сж} \geq 800 \text{ кг/см}^2$ .

Наличие выделяемых групп руд по прочности характерно для всех минеральных разновидностей богатых железных руд.

Опыт инженерно-геологического сопровождения проходки горных выработок в массиве богатых железных руд свидетельствует о сложности инженерно-геологических условия Яковлевского месторождения.

Для наиболее полного изучения факторов, влияющих на устойчивость горных пород в обнажениях, рекомендуются следующие направления дальнейших исследований:

- геолого-структурное картирование с помощью современного измерительного оборудования с созданием, обработкой и управлением цифровой базой данных тектонических нарушений на основе компьютерных технологий;

- пространственная визуализация и анализ распространения руд и пород с различными физико-механическими свойствами с применением технологий 3D-моделирования.

Совершенствование представлений о морфологии рудного тела Яковлевского железорудного месторождения будет способствовать повышению эффективности производственных процессов при проходке горных выработок в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях КМА.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов, В.П. Железные руды КМА / В.П. Орлов, И.А. Шевырев, Н.А. Соколов; Под ред. В.П. Орлова. - М.: Изд-во Геоинформарк, 2001. - 616 с.

2. Выполнить обоснование безопасных условий отработки Яковлевского железорудного месторождения под неосушенным нижнекарбонным водоносным комплексом без сооружения водонепроницаемых пере-

мычек. Согласование результатов в Госгортехнадзоре России Отчет о НИР / НТЦ «НОВОТЭК», Рук. работ Г.Н. Гензель. - Белгород, 2004. - 122 с.

3. Создание защитной потолочины севернее блока № 2-4 между линиями ортов 25 и 29: Рабочий проект / НПФ «Тарекса». - М., 2008. - 80 с. **ИДБ**

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Сергеев Сергей Валентинович* – профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой «Инженерной геологии и гидрогеологии»,

*Зайцев Денис Александрович* – аспирант кафедры «Инженерной геологии и гидрогеологии»,

*Севрюков Василий Викторович* – аспирант кафедры «Инженерной геологии и гидрогеологии», Национальный исследовательский университет «БелГУ», Rector@bsu.edu.ru

*Лябах Анатолий Иванович* – главный геолог ООО «Металл-групп» Яковлевский рудник.

