

УДК 622.502

В.Ф. Пахалув, Ю.П. Галченко, Г.В. Сабянин

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ИДЕЙ КАРКАСНОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ НА ЯКОВЛЕВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

Для условий Яковлевского рудника предложена камерная система разработки с ограждающими целиками под искусственной потолочиной и закладкой выработанного пространства с созданием ограждающих целиков восходящей послышной проходкой выработок и их закладкой бетонной смесью, позволяющая вести работы в сложных гидрогеологических условиях.

Ключевые слова: месторождение, рудник, железная руда, геотехнология, армировка заходов, буровой станок, целик.

Яковлевский рудник ООО «Металл-Групп» разрабатывает одноимённое месторождение богатых железных руд, имеющее сложное геологическое строение, представленное породами кристаллического фундамента и осадочной толщей мощностью 550—600 м. Гидрогеологические условия месторождения характеризуются значительной сложностью, наличием в разрезе девяти водоносных горизонтов, разделенных на два водоносных комплекса. Основные водоносные горизонты — принимающие участие в обводнении месторождения — каменноугольный и руднокристаллический. Каменноугольный водоносный горизонт развит повсеместно, глубина залегания — 450—560 м, мощность 20—80 м. Водоносный горизонт напорный, остаточный напор, отсчитываемый от кровли разделяющего слоя водоупорных пород, на проектом участке составляет 365 м. Нижняя часть горных пород каменноугольного водоносного горизонта, залегающая непосредственно на богатых железных рудах, представлена темно-серыми, серыми известняками с прослоями глины, общая мощность

составляет 22,0—43,0 м. Руднокристаллический водоносный горизонт на участке первой очереди отработки в настоящее время осушен. Этот горизонт приурочен к рудам, железистым кварцитам, сланцам лежачего и висячего боков. Условия фильтрации подземных вод в этой неоднородной толще сложные и определяются степенью трещиноватости и тектонической нарушенностью пород. Гидравлическая взаимосвязь руднокристаллического и карбонового водоносных горизонтов слабая. Толщина не нарушаемого слоя водоупорных пород, отделяющего толщу руды от вышележащего водоносного горизонта, при известном остаточном напоре, согласно СНиП 2.06.14-85 «Защита горных выработок от подземных и поверхностных вод» для защиты горных работ от подземных вод должна быть не менее 73 м. На проектом участке толщина не нарушенного при разработке разделяющего слоя водоупорных пород составляет от 79,4 м до 103,6 м.

Для опытно-промышленных испытаний предложена камерная системы разработки с ограждающими целика-

ми под искусственной потолочиной и закладкой выработанного пространства в условиях «Яковлевского рудника», являющаяся одним из вариантов разработанной авторами «каркасной» геотехнологии.

Проектируемый участок вскрыт на гор. –425 м откаточным штреком лежачего бока и двумя ортами — транспортным и откаточным № 1, пройденными до штрека висячего бока; на гор. –370 м — вентиляционно-закладочным штреком лежачего бока и двумя ортами: вентиляционным и восточным вентиляционно-закладочным, пройденными до висячего бока. В лежачем боку залежи из транспортного орта гор. –425 м пройден транспортный уклон № 1 до вентиляционно-закладочного штрека лежачего бока гор. –370 м. В связи с заданными границами участка, выемку запасов руды предпочтительнее вести камерами вкрест простирания. Это позволяет одной схемой подготовки произвести выемку всех запасов руды, в том числе находящихся в приконтактных зонах невыдержанного контура лежачего бока залежи. Длина камер равна в среднем 45,0 м. Наличие ранее пройденных выработок заведомо осложняет разбивку участка — принята комбинированная ширина камер: 11,5 м, 13,5 м и 15,0 м. Преобладающей шириной камер является 11,5 м, над откаточными выработками — 15,0 м и между ранее пройденными выработками — 13,5 м. Для сохранности откаточных выработок гор. –425 м ширина камер над ними принята 15,0 м, с оставлением предохранительных целиков высотой 6,6 м.

Участок разбивается на камеры и ограждающие целики. Для подготовки проектного участка в створе целиков над откаточным ортом № 1 и транспортным ортом с гор. –425 м проходятся автотранспортные уклоны

(АТУ) № 1 и № 2 на гор. –370 м (рис. 1). АТУ № 1 проводится с гор. –425 м от висячего бока к лежачему боку на гор. –370 м. АТУ № 2 проводится от лежачего бока к висячему боку.

Над проектным участком на гор. –370 м создается железобетонная потолочина высотой 3,5 м (рис. 2). По окончании создания междукамерных целиков и потолочины, под потолочиной в контуре очистных камер проходятся вентиляционные выработки (орты, штреки). Для выемки камерных запасов на отм. –415 м проходятся буро-доставочные выработки. По мере готовности буро-доставочных и вентиляционных выработок приступают в выемке камерных запасов методом скважинной отбойки и торцевым выпуском руды, с отгрузкой руды из камеры погрузочно-доставочными машинами с дистанционным управлением. До начала выемки руды в камере, над потолочиной камеры должна быть пройдена закладочная (наблюдательная) выработка.

Отработка камер в приконтактной зоне у лежачего бока производится в два этапа. По уточненным в процессе проходки выработок для создания целиков геологическим данным, этаж разбивается на два подэтажа. Из уклона проходится заезд до южной стенки предпоследнего ограждающего целика, расположенного по простиранию. На контакте со стеной ограждающего целика проходится подэтажный штрек, из которого нарезаются буродоставочные орты в камеры. Вначале производится выемка камерных запасов верхнего подэтажа, затем нижнего. Нижний подэтаж отрабатывается на буродоставочные выработки отм. –415 м. Отработанные камеры заполняются закладочной смесью (рис. 3).

Технология создания ограждающих целиков состоит в последовательной (снизу вверх) послойной проходке

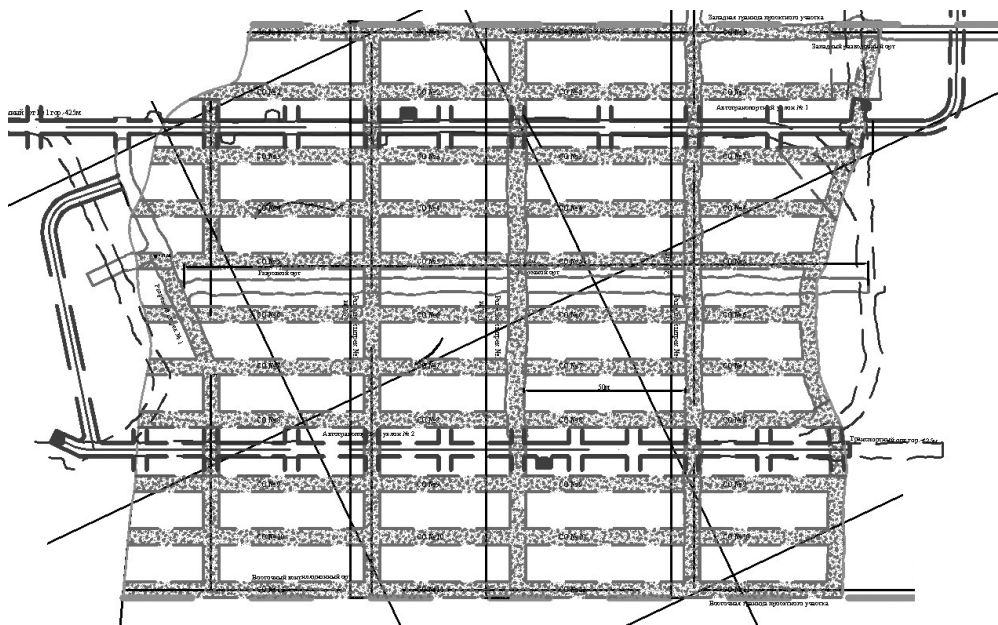


Рис. 1. Схема подготовки выемочного участка и раскройке его на камеры

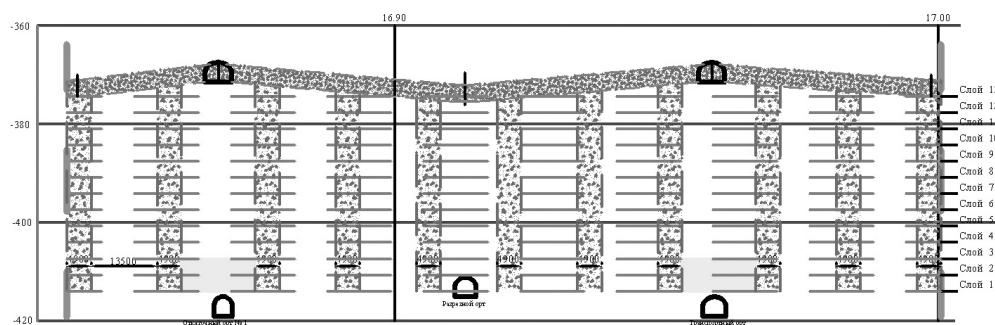


Рис. 2. Потолочины и схема разбивки участка на слои

выработок, их частичной армировке и закладке бетонной смесью класса В15. Нарезка слоевых выработок осуществляется вначале (для двух слоев) из нарезных выработок гор. -415 м, а затем из автотранспортных уклонов. Нарезка слоевых выработок может производиться как при пройденных автотранспортных уклонах, так и по мере их проходки. Единственным необходимым условием при этом является обеспечение сквозной вентиляции от одного АТУ к другому.

Проходка выработок осуществляется буровзрывным способом с применением шпуровой отбойки. Выработки проходятся с использованием переносного или самоходного бурового оборудования. Уборка забоя и доставка горной массы до рудоспусков производится самоходными погрузочно-доставочными машинами. Крепление слоевых выработок производится металлической или анкерной крепью, в зависимости от горно-геологических условий. Выработки могут проходить-

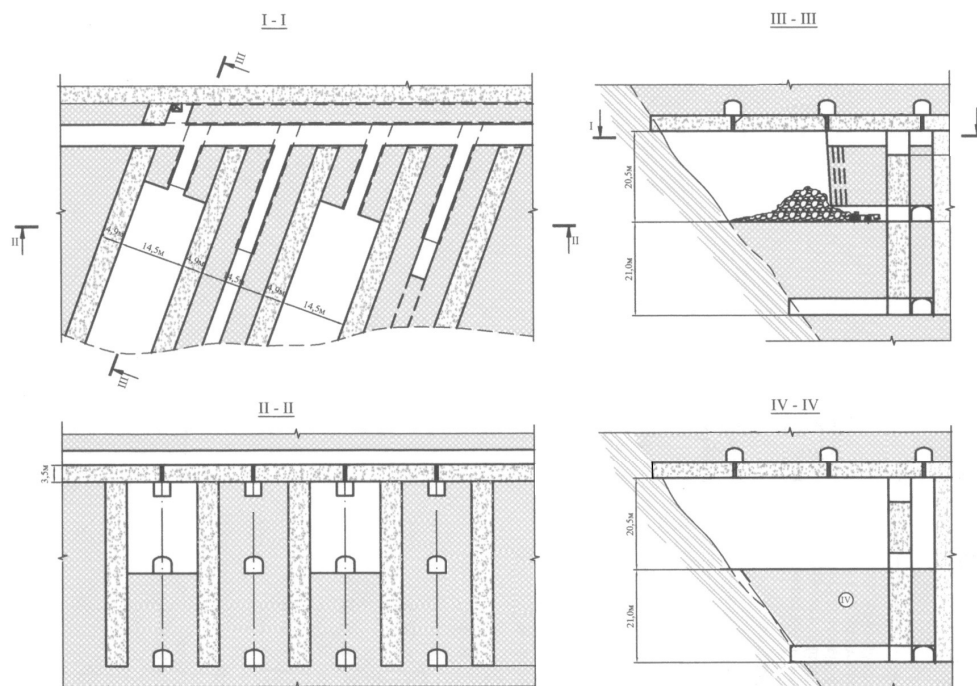


Рис. 3. Очистные работы при разделении участка на два подэтажа

ся сводчатой или прямоугольной формы сечения. Ширина выработок принята 4,9 м, высота — 4,5 м при сводчатой форме сечения, и 4,25 м при прямоугольной форме сечения.

При высоте этажа 43 м и послойном формировании ограждающих элементов высота выработок определяется необходимым количеством слоев. Высота слоя определяется оптимальной технологичностью и высотой укладки бетона на каждом слое. Принимаем 13 слоев с высотой укладки бетона 3,3 м. Закладка выработок последнего слоя производится на всю высоту выработки. Т.к. искусственная потолочина создается слабонаклонными заходками под углом не менее 3° (до 6°), то отработка последнего 13 слоя производится под потолочной сечением прямоугольной формы с переменной высотой выработки (рис. 2). Армирование заходок потолочины

производится путем укладки и увязки арматуры. Закладка производится бетонной смесью класса В15. Незначительный угол наклона потолочины принят для полноты закладки выработок.

Общий порядок ведения очистной выемки из камер должен быть таким, чтобы камеры, смежные с находящейся в работе камерой, были отработаны и заполнены закладкой, или представляли собой рудный массив. С соблюдением этого условия сочетание находящихся в отработке камер может быть любым, если в них возведены искусственные ограждающие элементы и потолочина.

Для подготовки к очистной выемке в камерах на отметке — 415 м проходятся буро-доставочные орты, буро-доставочные штреки, а под потолочиной — вентиляционные орты. Очистная выемка начинается с обра-

зования отрезной шели в камере. Затем на образованную отрезную шель послойно отбиваются веера скважин. Предусматривается бурение вееров скважин как в восходящем, так и в нисходящем порядке.

Отбойка руды ведется в отступающем порядке на всю высоту этажа. Фронт развития очистных работ в камере может продвигаться от центра к флангам или от одного из флангов к другому. Бурение восходящих скважин производится самоходной буровой установкой на пневмоколесном ходу из буро-доставочных выработок отметки — 415 м. Диаметр скважин 51÷64 мм. Бурение нисходящих скважин производится буровым станком НКР-100М из вентиляционных ортов. Диаметр скважин 105 мм. В целях безопасности производства буровых работ вблизи очистного пространства, перед взрыванием очередного веера скважин должно быть не менее 3 готовых вееров скважин. Отгрузка горной массы производится самоходными погрузочно-доставочными машинами с дистанционным управлением, без доступа людей в открытое очистное пространство.

При смене литологии рудного массива, с целью селективности выемки, перед отбойкой очередного веера скважин производится зачистка камеры ПДМ с дистанционным управлением. Отработка запасов руды в камерах над откаточным ортом № 1 и транспортным ортом гор. — 425 м производится в последнюю очередь после выемки и закладки всех камер. Запасы камер над откаточным ортом № 1 и транспортным ортом гор. — 425 м отрабатываются с севера на юг в отступающем порядке, последовательно. Для отработки камер на отм. —407,4 м (3 слой) проходятся буро-доставочные орты. До начала проходки буро-доставочного

орта для отработки целика над транспортным ортом, производится закладка нижней части АТУ № 2 от отм. —404,1 м до заезда к АТУ № 2. БДО проходит горизонтально на отм. —407,4 м по контакту с ограждающим целиком № 9.

Произведена оценка следующих параметров камер и целиков — пролет камер 11,5-15 м, толщина целиков — 4,9 м — на несущую способность искусственных целиков по вертикальным нагрузкам, воздействия изгибающей горизонтальной нагрузки от веса руды на искусственный целик, закрепления основания и податливости целика в пространство отработанной камеры, несущей способности основания целика, расчет арматуры и проверка прочности плиты железобетонного перекрытия над очистной камерой. Прочность целика определяется только прочностью закладки и равна 8,5 МПа: коэффициент запаса одиночного целика по вертикальным нагрузкам составляет 3,92 для осушенных руд. Для обеспечения условий прочности целика по изгибающим горизонтальным нагрузкам необходимо выполнить его армировку. В качестве арматуры предполагается использовать как стержневую арматуру, так и стойки рамной крепи из спецпрофиля СВП-27.

Технология создания ограждающих целиков состоит в последовательной (снизу вверх) послойной проходке слоевых штреков и ортов ограждающих целиков, их частичной армировке и закладке бетонной смеси марки В 15. Нарезка слоевых штреков осуществляется из заездов, расположенных в лежачем боку залежи. Один заезд проходит на 2-3 слоя. Орты ограждающих целиков проходятся до контакта с породами лежачего бока, и в окончательном сформированном виде ограждающий ме-

ждукамерный целик будет опираться на прочные кварциты.

Выработки проходятся буровзрывным способом с применением шпуровой отбойки. Крепление выработок производится металлической крепью. Ширина выработок принята 4,9 м, высота — 4,9 м. Заполнение выработок бетонной смесью производится на высоту 4,0 м. Последний 10-ый слой для создания ограждающих целиков проходится под созданной искусственной потолочины и его высота определяется по остаточному принципу.

Закладка выработок предусматривается в двух вариантах: с использованием трубопроводного транспорта или бетоноукладчика с дизельным приводом фирмы PAUS (UNI 50-3 SWF).

Закладка слоевого штрека производится двумя вариантами: на всю длину выработки или частями по мере нарезки слоя. При втором варианте осложняется маневренность самоходного оборудования для проходки выработок и доставки горной массы. Закладка ограждающих целиков последнего (10) слоя производится на всю высоту выработки, при этом слоевой штрек для целей вентиляции на период отработки камер не закладывается. Перед началом отработки камер по центру камер из слоевого штрека проходятся вентиляционные орты.

Искусственная железобетонная потолочина возводится по всей площади проектируемого участка. Потолочина, представляет собой закладочный массив толщиной 3,5 метра, армированный в нижней части. Потолочина создаётся путём отработки первичных и вторичных заходок вкрест простирания рудного тела между технологическим штре-

ком № 2 и ВЗШ на гор. –370 м. Выработки, проходимые для создания ж/б потолочины закрепляются арочной металлической податливой крепью. Армировка потолочины производится путем укладки и увязки арматуры. Закладка производится бетонной смесью В15. Доставка бетона и его укладка производится специальными бетоновозами типа PSW F 10. Бетоновоз оснащен скоростным конвейером, подающим в выработку бетонную смесь с большой скоростью и плотностью укладки. Данная технология укладки бетонной смеси позволяет снизить практически до нуля его усадку и соответственно сводит до минимума просадку налегающей над выработкой толщи рудного массива.

Произведена оценка прочности бетонной потолочины на изгиб и от действия вертикальных нагрузок, а также расчёт влияния боковой нагрузки на изгиб ограждающего целика. Выполненные расчеты показывают наличие заметного запаса прочности элементов конструкции при данных параметрах разработки. Однако при создании единой железобетонной потолочины необходимо максимально технологически обеспечить её монолитность и связность по всей площади экспериментального участка. При действии постоянных и временных длительных и кратковременных нагрузок прогиб железобетонных элементов во всех случаях не должен превышать $1/150$ пролета. В противном случае при средних деформациях растяжения, превышающих 2×10^{-3} (2мм/м), возникают трещины, которые обуславливают увеличение фильтрации воды, а при деформациях 4×10^{-3} (4мм/м) и более потолочина получит возможность деформироваться от-

дельными блоками по мере отработки участка с наличием трещин и уступов, что может привести к образованию трещин с полной фильтрацией прорывного характера. Предохранительный целик проектных размеров в целом сохраняет сплошность и водонепроницаемость в процессе отработки всего опытного участка, а средние вертикальные деформации растяжения составляют $\epsilon_p = 1,05 \times 10^{-3}$. Выполненные расчеты показывают наличие заметного запаса прочности элементов конструкции при данных параметрах разработки.

Проходка заходок для потолочины регламентируется влиянием ранее пройденной и незаложенной бетоном заходки на проведение последующей. Оптимальным считается порядок проведения последующей заходки на расстоянии 14,7 м от ранее пройденной и пока незаложенной. При благоприятных геологических условиях заходки могут проходить как первичные и вторичные. После установки арматуры, укладки бетона и набора им прочности не менее 4,0 МПа производится проведение очередной заходки на контакте с заложеной бетоном. Буровзрывные работы по проведению заходок производятся шпуровым методом с применением ручных перфораторов или буровых установок и транспортировкой отбитой горной массы погрузочно-доставочными машинами.

По окончании формирования ограждающих целиков (слой 10) и потолочины производится выемка камерных запасов. В целях селективности выемки маритовой руды, а также для полноты выемки запасов и уменьшения разубоживания БЖР кварцитами при оконтуривании контуров лежачего бока принято решение о разделении участка между

отм. -370,5 м и отм. -413,5 м на два подэтажа с промежуточной отм. -392,5 м.

Для подготовки к очистной выемке камерных запасов на верхнем подэтаже проходится подэтажный буродоставочный штрек по простирающую участку и буро-доставочные орты с заходом в каждую камеру. Очистная выемка ведется из буродоставочных ортов послойной скважинной отбойкой массива на всю высоту камеры подэтажа в отступающем порядке. Отгрузка руды из камеры производится самоходными погрузочно-доставочными машинами (рис. 3).

Очистная камера отрабатывается под защитой предварительно возведенных ограждающих целиков с трех сторон, контура кварцитов с южной, четвертой стороны и железобетонной потолочины сверху, опирающейся на целики и на кварциты. Очистные работы включают в себя подсечку и отрезку рудного массива камеры, отбойку, выпуск и доставку руды.

Сначала подготавливаются и отрабатываются запасы камер первой очереди на верхнем подэтаже, затем производится отработка первичных камер на нижнем подэтаже. Производится заполнение закладкой первичных камер на всю высоту этажа. Если вторичная камера соседствует с первичными камерами, которые уже заложены, то приступают к ее отработке на верхнем подэтаже. Последовательность отработки вторичных камер та же, что и отработка первичных. Камеры по простирающую, образованные на границе проектных участков между двумя ограждающими целиками по простирающую отрабатываются в отступающем порядке по мере отработки вторич-

ных камер вкрест простирания. Выемка запасов камер, расположенных по простиранию проектируемого участка, ведется в отступающем порядке по мере отработки и закладки

камер, расположенных вкрест простирания. Основные технико-экономические показатели добычи руды по вариантам системы разработки приведены в табл.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галченко Ю.П., Айнбиндер И.И., Сабянин Г.В. и др. О новой концепции развития подземной геотехнологии // Горный журнал. — 2007. — № 1. — С. 7—10.

2. Галченко Ю.П., Айнбиндер И.И., Пахалуев В.Ф., Сабянин Г.В. и др. Способ подземной разработки месторождений полезных ископаемых. Патент РФ № 2306417; Приоритет 08.07.2005; Опубл. 20.09.2007; Бюл. № 26. **ПАТЕНТ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Пахалуев В.Ф. — начальник технического отдела, горный инженер; e-mail: polyansky@yakrudnik.ru.

Галченко Ю.П. — ведущий научный сотрудник, доктор технических наук, чл.-корр. РЭА; учреждение Российской академии наук Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук (УРАН ИПКОН РАН); e-mail: schtrek@mail.ru.

Сабянин Г.В. — старший научный сотрудник, кандидат технических наук; учреждение Российской академии наук Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук (УРАН ИПКОН РАН); e-mail: schtrek@mail.ru.



УРОВЕНЬ АВАРИЙНОСТИ НА ШАХТАХ США

Серьезные аварии на современных американских шахтах — явление чрезвычайное. Согласно данным Ассоциации спасателей, на шахтах США за последнее десятилетие произошло 6 аварий, в которых погибли 68 горняков.

По подсчетам Национального Института Производственной Безопасности и Здоровья («National Institute for Occupational Safety and Health») в большинстве случаев причиной смерти шахтеров становились удары электрического тока, ошибки при управлении машинами и оборудованием, а также обрушения кровли. По данным Института, в последние десятилетия редкостью стали взрывы метана и отравления рудничными газами — в прошлом, это были главные убийцы американских шахтеров.

В 2010 г. взрыв метана в угольной шахте Западной Вирджинии унес жизни 29 шахтеров. После трагедии участились внезапные инспекции контролеров Управления по безопасности и здоровью в угольной индустрии США (хотя такие проверки практиковались и прежде). В результате работа десятков шахт была приостановлена до устранения нарушений.



Продолжение на с. 178