

2. Шашенко А.Н., Янко В.И., Терещук Р.Н. Исследование напряженно-деформированного состояния однородного породного массива в окрестности выработки, закрепленной анкерной крепью // Науковий вісник НГА України, 2002. — № 3. — С. 14–18.

© Терещук Р.Н., Скобенко А.В., 2002

УДК 622.831.3: 622.268.1

КУЖЕЛЬ С.В. (ГХК «Добропольеуголь», ПАНИБРАТЧЕНКО В.Ф. (ш-та «Белозерская» ГХК «Добропольеуголь»), ХОЗЯЙКИНА Н.В., ГАПЕЕВ С.Н., ГРИГОРЬЕВ А.Е. (НГУ)

## **ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА ШАХТЕ «БЕЛОЗЕРСКАЯ» ГХК «ДОБРОПОЛЬЕУГОЛЬ»**

В 2001 году на базе ГХК «Добропольеуголь» состоялось всеукраинское совещание по проблемам научно-технического развития угольной отрасли, на котором специалисты отметили, что центр угледобычи в Донецком регионе, где на сегодняшний день добывается более половины украинского угля, смещается в сторону Доброполя [1]. При этом обращалось внимание на то, что здесь существует достаточно проблем, требующих своего решения.

Одна из таких проблем — это проблема устойчивости подготовительных выработок, пройденных в слабых неустойчивых породах, которая является одной из основных, снижающих экономические показатели работы угольных шахт ГХК «Добропольеуголь». Шахта «Белозерская», входящая в холдинг, в силу особенностей горно-геологических и горнотехнических условий имеет наихудшие показатели по части состояния подземных выработок [2].

Поле шахты «Белозерская» расположено в тектоническом блоке между Добропольским и Красноармейским надвигами, висячем крыле последнего, рядом с действующими шахтами «Алмазная», «Красноармейская» и участком законсервированной строящейся шахты «Добропольская-Капитальная», в северо-западной части Красноармейского геолого-промышленного района. Простираение пород северо-западное, падение — северо-восточное, под углом  $10-13^{\circ}$ . Заметных пликтивных дислокаций в пределах шахтного поля не наблюдается.

Поле сложено комплексом осадочных пород среднего и частью верхнего карбона, относящихся к свитам  $C_2^5$ ,  $C_2^6$ ,  $C_2^7$  и  $C_3^1$ . Каменноугольные отложения представлены переслаиванием различных по составу и мощности слоев песчаника, аргиллитов и алевролитов с подчиненными им маломощными слоями известняков и углей. Прочностные характеристики этих пород изменяются в довольно широких пределах.

В связи с наличием крупных тектонических нарушений (Добропольского, Гнилушинского, Карповского сбросов) значительно развита сеть мелких тектонических нарушений и тектонических зон, что отрицательно сказывается на устойчивости пород при ведении очистных и подготовительных работ, способствует образованию завалов и неожиданной деформации крепи.

В настоящее время шахта «Белозерская» разрабатывает два пласта:  $l_8$  и  $l_3$ . Согласно фактическим данным, полученным при ведении очистных и подготовительных работ, условия разработки пластов следующие.

Пласт  $l_8$  представлен углем марок  $\Gamma_{\text{КОКС}}$ ,  $\text{Д}\Gamma_{\text{КОКС}}$ , его мощность — 2,24 м, угол падения —  $11^\circ$ . В непосредственной кровле пласта залегают алевролит, аргиллит и песчаник.

Алевролит малоустойчивый, а при обводнении и в зонах повышенной трещиноватости — неустойчивый, склонный к обрушениям. Аргиллит в горных выработках средней крепости, в зонах тектонических нарушений и при обводнении — слабый, склонный к обрушению на высоту 0,1–3,5 м. Песчаник среднеустойчивый, склонен к обрушению при водонасыщении с верхележащих слоев песчаника. Горно-геологические условия осложняются наличием в основной кровле мощного (до 30 м) слоя обводненного песчаника.

Непосредственная почва пласта представлена алевролитом и аргиллитом.

Алевролит среднеустойчивый, а при мощности до 0,5 м — неустойчивый. Аргиллит — от неустойчивого до среднеустойчивого.

Водоприток —  $44 \text{ м}^3/\text{час}$ . Температура пород составляет (отметка минус 180 м)  $26^\circ\text{C}$ . Таким образом, горно-геологические условия отработки пласта  $l_8$  сложные.

Пласт  $l_3$  представлен углем марки  $\Gamma_{\text{КОКС}}$ , его мощность — 2,37 м, угол падения —  $11^\circ$ . Для пласта характерно наличие замещения в верхней пачке (0,1 м) угля слоем углисто-халцедоновой породы. Из-за высокой механической прочности этого прослоя при выемке угля верхняя пачка не отрабатывается.

Непосредственная кровля пласта представлена аргиллитом и алевролитом, реже — песчаником.

Аргиллит слоистый, слабый или средней крепости, трещиноватый, неустойчивый, опасный по вывалам в зонах размыва, где кровля представлена рыхлым, весьма неустойчивым аргиллитом с включением углистых прослоев и линз. Ведение очистных работ в таких зонах весьма затруднительно, на ведение подготовительных работ зона размыва особого влияния не оказывает. Алевролит малоустойчивый, в зонах повышенной трещиноватости и при увлажнении — неустойчивый, склонный к обрушениям. Песчаник среднеустойчивый и малоустойчивый, а в зонах повышенной трещиноватости и размывов пласта — неустойчивый, склонный к обрушению.

Непосредственная почва представлена алевролитом и аргиллитом.

Алевролит среднеустойчивый, а при обводнении — неустойчивый, склонный к размоканию и пучению. Аргиллит неустойчивый, склонный к размоканию и пучению.

Водоприток —  $269 \text{ м}^3/\text{час}$ . Температура пород составляет (отметка минус 709 м)  $38^\circ\text{C}$ . Таким образом, горно-геологические условия отработки пласта  $l_3$  также относятся к сложным.

Все пласты не опасны по внезапным выбросам угля и газа, опасны по пыли, категория шахты по газу — сверхкатегорная.

Квершлагами гор. 200 м шахтное поле по падению разделено на две неравные части: бремсберговую длиной до 700 м и уклонную — до 3400 м.

На шахте принят панельный способ подготовки отрабатываемых на сегодняшний день пластов  $l_8$  и  $l_3$ . Работы по добыче угля ведутся в уклонной части шахтного поля. Размеры панелей составляют по падению — 1500–2000 м, по простиранию — 1000–2500 м. Подготовка панели заключается в проведении трех наклонных выработок по каждому отрабатываемому пласту (уклон в комплексе с людским и грузовым ходками). При оконтуривании каждой лавы проходится три ярусных штрека: по ярусным штрекам, примыкающим к очистному забою, подается свежий воздух, а исходящая струя выводится по поддерживаемому в выработанном про-

странстве ярусному конвейерному штреку к вентиляционной сбойке у границы панели. Оработка ярусов в панелях производится в нисходящем порядке обратным ходом, с переходом лав, как правило, через один ярус, так как переход в смежный ярус невозможен из-за погашения штреков за лавами.

Система разработки, принятая на шахте, длинными столбами по простиранию. Управление кровлей — полное обрушение.

Проведение подготовительных выработок производится в основном комбайнами. БВР-технология применяется для проведения квершлагов, сопряжений выработок, камер, ниш, разрезных печей.

Охрана панельных наклонных выработок осуществляется предохранительными целиками, с расположением наклонных выработок в створе по вертикали, что исключает их подработку и сокращает потери угля в целиках. Ярусные штреки, поддерживаемые в выработанном пространстве, охраняются двухрядной органной крепью и двумя рядами деревянных костров (обычных и накатных). Крепь — металлоарочная податливая из СВП, с ж/б затяжкой. Ярусные штреки проходятся сечением в свету —  $12,1 \text{ м}^2$ , в проходке —  $15,9 \text{ м}^2$ ; уклоны, соответственно —  $13,7 \text{ м}^2$  и  $17,9 \text{ м}^2$ , ходки, соответственно —  $16,5 \text{ м}^2$  и  $21,0 \text{ м}^2$ .

На рисунке показана динамика угледобычи шахты за 1994–2001 гг.



Рисунок. Динамика угледобычи шахты «Белозерская» за 1994–2001 гг

Как видно из диаграммы, на протяжении 1994–1998 гг шахта работала со значительным снижением производственной мощности (25–60%), что обусловило низкую производительность труда и высокую себестоимость угля. В эти годы шахта работала с дотацией.

Анализ причин снижения объемов угледобычи по шахте за указанный период показывает, что значительная их часть оказывает негативное влияние на условия сооружения и поддержания подготовительных выработок: резкое ухудшение горногеологических условий с увеличением глубины разработки; наличие «ложных» кровель по всем обрабатываемым пластам; увеличение количества геологических нарушений по разрабатываемым пластам, выявленных в результате доразведки шахтного

поля горными выработками; особенностями горно-геологических условий по разрабатываемым пластам.

Состояние подготовительных выработок оказывает большое влияние на темпы ведения очистных работ на шахте и стоимость добытого угля, поскольку неудовлетворительное их состояние приводит к ухудшению условий проветривания очистных и подготовительных забоев, перебоям в транспортировке добытого угля к стволам. На ремонт выработок требуется значительное время и количество рабочих, а финансовые затраты на ремонт и перекрепление в конечном итоге ложатся на себестоимость угля. Снижается безопасность ведения добычных работ. Например, забой по пласту  $I_3$  не обеспечены расчетным количеством воздуха (что подтверждено данными депрессионной съемки 10-го ВГСО) не только из-за протяженности выработок, но и в значительной степени из-за того, что большое количество выработок по пласту находится в неудовлетворительном состоянии, требует перекрепления или отказа от их дальнейшей эксплуатации.

Закономерность, характеризующая устойчивость выработок в пределах шахты, проявляется в различной устойчивости выработок северного и южного крыльев шахтного поля. Возможной причиной этого является тот факт, что выработки, проводимые в одних и тех же горно-геологических условиях, но в разных направлениях (а именно такими выработками являются ярусные штреки северного и южного крыльев шахтного поля), пересекают существующие в массиве главные системы трещин под различными углами. Как показывают исследования [3], такие выработки обладают существенно различной устойчивостью. Согласно [4], при острых углах встречи выработок с направлением главной трещиноватости их устойчивость в 1,5...2,5 раза ниже, чем при тупых углах.

Данная закономерность, которая была зарегистрирована как научное открытие за №131, подтверждается при наблюдениях на шахте «Белозерская». Выработки северного крыла шахты встречают главные системы трещин под тупым углом (порядка  $95^{\circ}$ ), а южного крыла — под острым углом (порядка  $80^{\circ}$ ). При этом по данным служб шахты, выработки северного крыла находятся в значительно лучшем состоянии, чем выработки южного крыла.

Одним из факторов, осложняющих ведение очистных работ и поддержание ярусных подготовительных штреков по пласту  $I_8$ , является особенности горно-геологических условий, выраженные в наличии в основной кровле пласта слоя песчаника мощностью до 30 м. В процессе ведения очистных работ по пласту посадка основной кровли в лаве происходит в виде отлома зависающей консоли длиной, как показывает опыт ведения работ, 38–42 м. В месте отлома резко повышается горное давление, возможны посадки очистных комплексов «нажестко», ярусные штреки подвергаются значительным нагрузкам на крепь вплоть до ее разрушения, наблюдается интенсивное пучение пород почвы. В результате такого развития событий ярусные штреки, оконтуривающие лаву, в районе отлома консоли основной кровли теряют свои эксплуатационные качества и подвергаются перекреплению и подрывке. Таким образом, массив, в котором находятся ярусные штреки, оказывается дополнительно ослабленным под действием повышенного горного давления на участках посадки основной кровли; при этом такие участки возникают по трассе штреков с периодичностью, равной периодичности посадки основной кровли.

При отработке следующего яруса место посадки основной кровли чаще всего не совпадает с местом ее посадки в предыдущем ярусе, поскольку длина обламываемой консоли зависит от геометрических параметров лавы (длины лавы, длины столба), поэтому по трассе ярусных штреков формируются новые участки дополни-

тельного ослабления массива. При этом нередки ситуации, когда такие участки от предыдущего и последующего ярусов следуют практически друг за другом, создавая тем самым протяженные участки неудовлетворительного состояния ярусных штреков, поскольку ярусные штреки по технологии подготовки лавы проводятся по выработанному пространству отработанного яруса, при этом пересекая старые участки дополнительного ослабления. Когда же участки дополнительного ослабления следуют с определенным интервалом, происходит увеличение суммарной длины участков неудовлетворительной устойчивости ярусных штреков. Неудовлетворительное состояние ярусных штреков приводит к ухудшению проветривания, снижается эффективность транспорта, уровень безопасности работающих, а также объемы угледобычи. Это также повышает стоимость угля за счет затрат на ремонт, которые ложатся на его себестоимость.

Однако мощный слой песчаника является не только причиной проблем, но может служить и источником резервов по повышению объемов угледобычи. Мощный слой песчаника может воспринимать на себя часть повышенного горного давления, действующего в зоне ПГД впереди лавы. Увеличение объемов угледобычи в этом случае возможно за счет уменьшения размеров охранных угольных целиков, оставляемых около панельных наклонных выработок. В результате эксперимента, проведенного в 1996–2001 гг на примере 3-й, 4-й и 5-й северной лавы уклона № 1 пласта I<sub>8</sub>, было установлено, что уменьшение ширины охранных целиков в 1,2–1,6 раза в данных горно-геологических условиях не приводит к ухудшению устойчивости наклонных капитальных выработок.

Согласно [5], наклонные капитальные выработки, обслуживающие горизонт, должны располагаться относительно друг друга на расстояниях, исключающих взаимное влияние, а их охрана от воздействия ПГД, распространяющегося впереди лавы, осуществляется с помощью охранных целиков. Тем не менее, по данным наблюдений маркшейдерской службы шахты, южный ходок, полевой ходок и уклон № 1 гор. 550 м. находятся в состоянии, значительно затрудняющем их дальнейшую нормальную эксплуатацию. Для решения вопросов, связанных с вентиляцией забоев на пласте I<sub>3</sub>, по уже отработанным ярусам по падению была пройдена вентиляционная магистраль, что потребовало дополнительных финансовых затрат. Однако такой выход из положения не решает проблему повышения устойчивости наклонных панельных выработок по пласту I<sub>3</sub>: основные транспортные артерии горизонта находятся в неудовлетворительном состоянии. Возможно, решение этой проблемы кроется в более рациональном и научно обоснованном взаимном расположении уклона и ходков при нем в пределах охранного целика.

Еще одной проблемой, осложняющей ведение добычных работ и снижающей экономические показатели работы, является эффект пучения пород почвы в подготовительных и очистных выработках. Как отмечалось ранее, в почве отрабатываемых пластов залегают аргиллиты и алевролиты, склонные к пучению. Службами шахты отмечаются случаи настолько интенсивного развития пучения почвы при проходке ярусных штреков, что работы по сооружению штрека пришлось прекратить, оставив в забое проходческий комбайн, так как из-за интенсивного пучения вывести его уже не представлялось возможным.

Пучение в подготовительных выработках, хотя и в различной степени, проявляет себя практически во всех выработках в пределах шахтного поля. Наличие мощного слоя песчаника в кровле пласта I<sub>8</sub> значительно снижает интенсивность пучения почвы в панельных наклонных выработках по этому пласту, но, как уже отмечалось, усиливает этот эффект в ярусных штреках в период посадки основной кровли, кото-

рый усугубляется увеличением водопритока из образующихся при посадке трещин. По пласту I<sub>3</sub>, где нет мощного слоя песчаника в кровле, сильно подвержены пучению почвы панельные наклонные выработки и ярусные штреки южного крыла, особенно в зоне влияния очистных работ и при посадке основной кровли. В ярусных штреках северного крыла при отсутствии влияния очистных работ интенсивность пучения невелика и проявляется в основном при прересечении мелких нарушений, интенсивность пучения возрастает при усилении влияния очистных работ и увлажнении пород почвы. Применение в 1986–1989 гг разгрузочных выработок (пром. ходков), пройденных параллельно панельным наклонным выработкам пласта I<sub>3</sub> с целью снижения на эти выработки воздействия зоны ПГД от ведения очистных работ, в том числе и снижения интенсивности пучения почвы, необходимого результата не дали. Как отмечалось ранее, нормальная эксплуатация наклонных панельных выработок на сегодняшний день сильно затруднена. Из сказанного выше следует, что проблема пучения пород в подготовительных выработках шахты «Белозерская» продолжает оставаться важной, а в условиях увеличивающейся глубины отработки приобретает еще большую актуальность.

Таким образом, для повышения устойчивости выработок различного назначения в условиях шахты «Белозерская», снижения эксплуатационных затрат на ремонты и перекрепление подготовительных выработок, подрывку почвы, вскрытия резервов угледобычи необходимо провести исследования в следующих направлениях:

- усовершенствование способов управления горным давлением;
- применение прогрессивных методов раскроя шахтного поля с учетом влияния угла встречи подготовительной выработки с направлением главной трещиноватости на устойчивость выработок;
- обоснование рационального места взаимного расположения уклона и ходков в теле охранного целика;
- усовершенствование параметров расчета шага обрушения основной кровли и размеров предохранительных целиков у наклонных панельных выработок в условиях наличия мощного слоя песчаника в кровле по пласту I<sub>8</sub>;
- усовершенствование способов прогноза интенсивности проявления пучения пород почвы в выработках и разработка эффективных мер борьбы с этим явлением.

### **Библиографический список**

1. Газета в газете №114 от 7 июня 2001 г. [Электронный ресурс] / Способ доступа: URL: <http://informcom.donetsk.ua/GvG/Achiv/114/main2.html>. Загол. с экрана.
2. Кужель С.В. Обоснование способа повышения устойчивости камер большого поперечного сечения угольных шахт: Дис. ... канд. техн. наук: 05.15.04/НГА Украины. — Днепропетровск, 2000. — 199 с.
3. Агеев В.Г., Кужель С.В., Сдвижкова Е.А., Тулуб С.Б., Шашенко А.Н. Исследование влияния угла падения трещин на устойчивость обнажений // Науковий вісник НГАУ, 1999. — №5. — С. 6–8.
4. Тулуб С.Б. Геомеханічні основи та просторово-технологічні рішення забезпечення стійкості виробок вугільних шахт у складно-структурних трищінуватих порідних масивах: Автореф. дис. ... докт.техн.наук: 05.15.04/ НГА України. — Дніпропетровськ, 2001. — 32 с.
5. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. — Л.: изд-во ВНИМИ, 1986. — 222 с.

© Кужель С.В., Панибратченко В.Ф., Хозяйкина Н.В.,  
Агеев С.Н., Григорьев А.Е., 2002