

УДК 550.8.05:556.332.46:622.83

ОПЫТ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ У ЗАТОПЛЕННЫХ ВЫРАБОТОК

Педченко С. В., Шиптенко А. В.
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

У статті даються приклади проведення гірничих робіт в небезпечних зонах від локально затоплених виробок.

The article gives case studies of mining in hazardous zones due to local flooding of mine workings with water.

По результатам многолетнего опыта решения вопросов по обеспечению безопасного проведения горных выработок у зон, опасных по прорыву воды в действующие выработки, в УкрНИМИ проводятся исследования по изучению причин создания опасных зон и принимаемых решений по их ликвидации.

Многофакторный анализ составляющих связей позволяет определить удельный вес влияния отдельных факторов на положительное решение проблемы на стадии планирования и принятия решения по обеспечению безопасного ведения горных работ у затопленных выработок. Правильное решение, как правило, зависит от характера самой опасной зоны.

В настоящее время имеется богатый опыт ведения горных работ у затопленных горных выработок. Ниже приведем некоторые случаи отработки запасов в опасных зонах по прорыву воды.

Восточная панельная лава горизонта 1100 м шахты им. Бажанова ГП «Макеевуголь» остановлена в марте 1990 г. на глубине 1231 м от поверхности. Длина лавы составляла 190 м, вынимаемая мощность пласта – 1,60 м, угол падения пласта – 5°, система разработки – сплошная, отработка лавы производилась по падению пласта, способ управления кровлей – полное обрушение.

Нижняя часть восточной панельной лавы после останковки была затоплена. Уровень затопления контролировался по конвейерному уклону горизонта 1100 м.

Объем воды в затопленной части восточной панельной лавы составляет:

$$W = S \cdot m \cdot \lambda = 10524 \cdot 1,6 \cdot 0,3 = 5050 \text{ м}^3, \quad (1)$$

где S – площадь затопленного выемочного участка с учетом подготовительных выработок, м^2 ;

m – вынимаемая мощность пласта, м;

λ – коэффициент затопления.

Контур затопленных выработок является достоверным. Оконтуривающие выработки восточной панели лавы горизонта 1100 м нанесены на план горных выработок по результатам контрольных полигонометрических ходов, которые выполнены согласно требованиям Инструкции по производству маркшейдерских работ.

В соответствии с п. 1.4 [1], ширина барьерного целика для данных условий будет составлять:

$$d = 5m + 0,05H + 0,001L = 5 \cdot 1,6 + 0,05 \cdot 1231 + 0,001 \cdot 3100 = 73 \text{ м} \quad (2)$$

где m – вынимаемая мощность пласта;

H – расстояние по вертикали от земной поверхности до нижней границы восточной панельной лавы горизонта 1100 м, которое равно 1231 м;

L – суммарная протяженность подземных теодолитных ходов, используемых для нанесения на планы контура затопленных выработок, которая равна 3100 м.

В вышеприведенной формуле вычисления ширины барьерного целика параметр H определяет величину гидростатического давления воды на контуры барьерного целика. В рассматриваемом случае величина гидростатического давления на контур барьерного целика составляет 0,066 МПа (6,6 м). Минимальная отметка забоя останковленной восточной панельной лавы составляет минус 987,0 м, а верхняя отметка затопленного участка равна минус 980,4 м ($987,0 - 980,4 = 6,6$ м). Имеющийся опыт ведения горных работ у затопленных горных выработок показывает, что

при расчете внутришахтных барьерных целиков вполне допустимо вместо вертикальной глубины расположения затопленных горных выработок применять разность верхней и нижней отметок затопленных выработок. Это положение апробировано проведением очистных и подготовительных горных выработок в пределах барьерных целиков у затопленных горных выработок, бурении технических скважин в целиках ограниченных размеров и при затоплении ликвидированных шахт. Случаев прорыва или значительного притока воды не отмечено.

Выполним расчет ширины барьерного целика для рассматриваемых горно-геологических условий:

$$d = 5m + 0,05H^1 + 0,001L = 5 \cdot 1,6 + 0,05 \cdot 6,6 + 0,001 \cdot 3100 = 8,43 \text{ м} \quad (3)$$

Согласно требованиям «Инструкции по безопасному ведению горных работ у затопленных выработок», если ширина барьерного целика, рассчитанная по вышеприведенной формуле, меньше 20 м, то ее следует принимать равной 20 м.

В кровле пласта залегает глинистый сланец мощностью 12,7 м, поэтому дренажа воды через породы кровли пласта не будет.

Для окончательного выбора параметров барьерного целика была выполнена оценка его устойчивости в складывающейся геомеханической ситуации.

Проведенные расчеты напряженно-деформированного состояния массива горных пород показывают, что коэффициент концентрации напряжений в краевых частях барьерного целика не превышает 5,2 и устойчивость последнего обеспечивается при ширине не менее 28 м.

Таким образом, на основании имеющегося опыта ведения горных работ у затопленных выработок, а также расчетов напряженно-деформированного состояния массива горных пород и устойчивости барьерного целика была принята ширина барьерного целика равной 28 м. Отработка 2-й центральной лавы пласта m_3 горизонта 1100 м прошла успешно. Поступления воды в горные выработки не отмечено.

На шахте им. «Известий» ГХК «Донбассантрацит» готовилась к работе по восстанию 5 лава горизонта 295 м. При этом

уклон горизонта 295 м проходился встречными забоями. В результате аварии верхняя часть 6-го уклона горизонта 295 м была затоплена. Затопленная часть выработки составила 769 м, сечением в черне 13 м². Целик между забоями верхней и нижней части уклона равен 13 м. Объем воды в затопленной верхней части 6-го уклона горизонта 295 м составляет 10 тыс.м³, а напор воды на забой – 18 атм. (превышение между забоем затопленной верхней части 6-го уклона и его устьем равно 180 м). Угол наклона выработки от откаточного штрека до забоя переменный, от 30° до 14°, в забое он равен 11°.

Расчетная ширина барьерного целика у затопленной выработки равна 36 м, фактическая ширина пробки между сбоями составляет 13 м.

В горно-геологическом отношении участок шахтного поля, где расположен целик шириной 13 м между остановленными забоями 6-го уклона горизонта 295 м, характеризуется спокойным залеганием пород. На рассматриваемом участке в непосредственной кровле пласта k_7^H расположен песчаник. Отсутствуют дизъюнктивные нарушения пород окружающей толщи. По гидрогеологическим данным участок классифицируется как простой, необводненный. В геомеханическом плане окружающий массив устойчив, горные выработки не велись, подработки не было.

Приведенные характеристики явились положительным фактором, определяющим устойчивость существующего целика от напора фактического столба воды в выработке.

Краевые части угольного пласта не нарушены, они ограничены узкими забоями. При проведении выработки завалов не было, выпуск породы в больших объемах при прохождении 6-го уклона горизонта 295 м не отмечался.

Основным условием для установления границы опасной зоны у затопленной верхней части 6-го уклона горизонта 295 м пласта k_7^H является достоверность исходных данных, на базе которых решается задача возможности спуска воды.

Местоположение забоев 6-го уклона горизонта 295 м пласта k_7^H нанесено по контрольным маркшейдерским съемкам для обеспечения сбоя выработки встречными забоями.

Используемые в решении задачи геологические и гидрогеологические данные характеризуют условия и место расположения оставленного целика, где будут непосредственно проводиться работы по спуску воды.

Спуск воды осуществлялся через оборудованные лудлом водоспускные скважины. Конечный диаметр водоспускных скважин был равен 59 мм. Спуск воды прошел успешно.

Обоснованием варианта на спуск воды является и тот фактор, что имелась возможность осуществлять контроль уровня воды и наличием ила в забое затопленной верхней части 6-го уклона горизонта 295 м пласта k_7^H .

В период разработки угольных пластов на действующих шахтах приходится встречаться с вариантами решения задач ведения горных работ в зонах, опасных по прорывам воды. При ведении горных работ у затопленных выработок основной мерой по обеспечению предотвращения прорыва воды является два способа:

- оставление расчетного барьерного целика между затопленными и проводимыми выработками;
- осуществление спуска воды из затопленных выработок с выполнением мер по специальному проекту.

На шахте «Краснолиманской» рассматривался вариант спуска воды из затопленной вентиляционной технической скважины до сбойки с ней магистрального полевого конвейерного штрека горизонта 845 м. Для выполнения работ по спуску воды было определено минимальное безопасное расстояние от забоя магистрального полевого конвейерного штрека до вентиляционной скважины.

Вентиляционная скважина пройдена до горизонта 846 м от земной поверхности. Диаметр вентиляционной скважины от поверхности до глубины 780 м составляет 3,5 м, от глубины 780 м до глубины 846 м – 2,8 м. Ниже горизонта 545 м выработка в настоящее время затоплена.

Толща горных пород, вскрытая затопленной частью вентиляционной скважины, представлена аргиллитами, алевролитами, песчаниками, известняками и рабочими пластами m_4^2 , l_3 , l_7 , k_5 . Угол падения пластов 6° – 12° .

Горными работами шахты «Краснолиманская» вентиляционная скважина вскрыта на горизонте 545 м вентиляционной сбойкой с магистрального полевого откаточного штрека пласта m_4^2 на абсолютной отметке минус 335,6 м. Абсолютная отметка устья скважины 174,02 м, а забоя – 664,0 м.

Горные работы в пределах зоны влияния на вентиляционную скважину не проводились, разрывных тектонических нарушений в пределах предполагаемой сбойки магистрального полевого конвейерного штрека горизонта 845 м с вентиляционной скважиной нет. Магистральный полевой конвейерный штрек горизонта 845 м проходил по песчанику. Приведенные характеристики явились положительным фактором, определяющим устойчивость на сдвиг пород целика от напора фактического столба воды в выработке. Положительным фактором является и тот факт, что техническая скважина проходила бурением без нарушения сплошности вмещающих пород и закреплена металлическими обсадными трубами с тампонажем затрубного пространства цементно-песчаным раствором.

Согласно п. 1.13 [1] ширина опасных зон (барьерных целиков) рассчитывается по формуле:

$$d_c = (0,05 \cdot 838) + (0,001 \cdot 6000) + 5 = 52,9 \text{ м}.$$

В рассматриваемом случае, вентиляционная скважина затоплена не полностью. Затоплен только участок от отметки минус 335,6 м (отметка почвы сбойки с магистрального откаточного штрека пласта m_4^2) до отметки 664,0 м (отметка почвы магистрального полевого конвейерного штрека горизонта 845 м). Давление столба воды в вентиляционной скважине равно 32,8 атм. Рассчитаем ширину опасной зоны (барьерного целика) в рассматриваемых горно-геологических условиях:

$$d_c = (0,05 \cdot 328) + (0,001 \cdot 6000) + 5 = 27,4 \text{ м}.$$

Шахтой прорабатывается вопрос понижения уровня затопления вентиляционной скважины до отметки минус 564,0 м, т.е. с понижением давления воды в скважине до 10,0 атм. Тогда ширина опасной зоны (барьерного целика) составит:

$$d_c = (0,05 \cdot 100) + (0,001 \cdot 6000) + 5 = 16,0 \text{ м}.$$

На основании имеющегося положительного опыта проведения горных выработок по спуску воды из затопленных выработок и с учетом конкретных горно-геологических и геомеханических условий считаем, что:

– при уровне затопления вентиляционной скважины до отметки минус 335,6 м безопасность работ по спуску воды из скважины обеспечит целик шириной 20,0 м;

– при уровне затопления вентиляционной скважины до отметки минус 564,0 м (т.е. при понижении уровня затопления погружными насосами) безопасность работ по спуску воды из скважины обеспечит целик шириной 16,0 м.

Работы по сбойке магистрального полевого конвейерного штрека горизонта 845 м с вентиляционной технической скважиной по нашим рекомендациям прошли успешно.

Шахты № 10 и № 42 шахтоуправления «Кураховское» имеют обособленные водоотливы. Перекаточные водоотливы, оборудованные соответствующими насосами, перекачивают воду с горизонтов минус 540 м, минус 275 м на горизонт минус 203 м, а затем по вспомогательному стволу № 2 шахты № 42 на поверхность. Объем водовыдачи составляет 311 м³/ч.

На шахте № 10 участковые водоотливы, установленные в людском и грузовом ходках северного уклона, качают шахтную воду с поверхности бассейна затопления сначала на 11-й южный откаточный штрек пласта k_8 , а затем по главному стволу на поверхность. Объем водовыдачи составляет 299 м³/ч.

Шахта № 10 имеет прямую гидравлическую связь с шахтой № 42 по откаточному квершлагу на отметке минус 201,5 м, пройденному с 1-го коренного штрека пласта l_2^1 шахты № 42 на 11-й северный откаточный штрек пласта k_8 шахты № 10. Квершлаг действующий.

2-й северный конвейерный штрек пласта l_4 шахты № 10 на отметке минус 257 м сбит конвейерным и вентиляционным ходками со 2-м северным «бис» конвейерным (отметка минус 270,9 м) и вентиляционным (отметка минус 225 м) штреками пласта l_4 шахты № 42. Выработки полностью погашены.

Опасность при затоплении горных выработок шахты № 10 представляет ненормативный барьерный целик шириной 9,0 м на

отметке минус 468 м и 12,0 м на отметке минус 505,0 м, между 15-й северной лавой шахты № 20 и 14-й и 15-й южными лавами шахты № 42. Горно-геологические особенности отработки пласта k_8 (полное смыкание почвы и кровли пласта при отработке), и то, что отработка пласта на этом участке производилась 15 и более лет тому исключает внезапный прорыв воды при поднятии уровня затопления выработок северного уклона пласта k_8 до отметки минус 345 м.

Выполним оценку фильтрации воды через водопроводящие породы на участке рассматриваемого межшахтного барьерного целика. В условиях затопления горных выработок шахты № 10 шахтные воды в горные выработки шахты № 42 могут проникать через водопроводящий известняк L_1 .

Расчет ожидаемого дополнительного притока (Q_3) за счет фильтрации через водопроводящий известняк выполним по формуле:

$$Q_3 = K \cdot m \cdot h \cdot L / B, \quad (4)$$

где K – коэффициент фильтрации водопроводящих пород в кровле пласта, м/сут (в нашем случае для глубины 500 м коэффициент фильтрации составит 0,036 м/сут;

m – мощность водопроводящего известняка, м;

h – гидростатический напор в районе межшахтного барьерного целика;

L – длина барьерного целика (ширина фильтрационного потока по водопроводящему известняку), м;

B – ширина барьерного целика (длина пути фильтрационного потока), м.

Параметры L и B вычислены путем графических измерений на плане горных выработок. Среднее значение параметра B рассчитывалось путем деления общей площади барьерного целика с учетом угла падения на длину барьерного целика L :

$$Q_3 = \frac{(0,036 \cdot 3 \cdot 48,9 \cdot 197)}{197 \cdot 24} = 3,24 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

При существующем уровне затопления фильтрация со стороны затопленных горных выработок шахты № 10 составит

3,24 м³/ч. По данным наблюдений за притоком со стороны шахты № 10 по 16-у южному вентиляционному штреку 16-й южной лавы с момента подтопления горных выработок шахты № 10 увеличение притока отмечается в пределах от 7 до 24 м³/ч в зависимости от колебания уровня затопления.

Таким образом, на основании имеющегося опыта ведения горных работ у затопленных выработок, считаем, что в рассматриваемых горно-геологических условиях при затоплении горных выработок северного уклона пласта k_8 до отметки минус 345 м прорыва воды в горные выработки северного полевого уклона пласта k_8 не будет.

Дополнительный приток воды в эти выработки за счет фильтрации через вмещающие породы не превысит 3,24 м³/ч.

Выполненные исследования и опыт ведения горных выработок в зонах по прорыву воды показывает, что ширину опасной зоны у локально затопленных горных выработок необходимо определять для конкретных горно-геологических условий по заключению УкрНИМИ.

СПИСОК ССЫЛОК

1. НАОП 1.1.30-5.08-84 Инструкция по безопасному ведению горных работ у затопленных выработок: Утв. Минуглепромом СССР 02.10.84. – Л.: ВНИМИ, 1984. – 66 с.
2. КД 12.06.203-2000 Маркшейдерські роботи на вугільних шахтах та розрізах. Інструкція: Затв. Мінпаливенерго України 12.12.00. – Донецьк: АЛАН, 2001. – 264 с.
3. Указания о порядке и контроле безопасного ведения горных работ в опасных зонах: Утв. Минуглепромом СССР 04.10.86. – Л.: ВНИМИ, 1986. – 42 с.