УДК 622.25

ЦЕМЕНТАЦИЯ ВОДОНОСНЫХ ПОРОД ПРИ ПРОХОДКЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ НА ГЛУБИНАХ ДО 100М

К.т.н., доцент Ю.А. Пшеничный, ст.гр. Ш-15 В.Д. Бурба, ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

Аннотация: выполнен анализ результатов двух технологий водоподавления на глубинах до 100м при проходке двух рядом расположенных вертикальных стволов со сходными параметрами.

Ключевые слова: ствол, крепь, водоносный горизонт, трещина, водоприток, тампонаж, цементация, скважина, кондуктор, пакер, цементный раствор.

Основным методом водоподавления при проходке вертикальных стволов по трещиноватым или пористым породам сегодня по-прежнему остаётся тампонаж пересекаемых пород цементными растворами (цементация). При разработке проектов строительства стволов в рабочую документацию по их проходке закладывают предварительную обработку водоносных горизонтов тампонажными скважинами с поверхности земли или из забоя ствола. Последующий тампонаж после проходки через крепь призван, в основном, снизить фактические притоки воды до нормативных величин и убрать возможные дефекты крепи.

Тампонаж с поверхности земли всех водоносных горизонтов предусматривает: 1) применение мощных буровых установок, способных бурить вертикальные скважины на всю глубину ствола; 2) применение специальных технических средств, обеспечивающих поинтервальную обработку отдельных водоносных горизонтов; 3) обязательное выполнение тампонажа в период, предшествующий работам по оснащению к проходке, когда ещё не сооружены устье ствола и не смонтированы конструкции копра. Эти условия были реальны при плановой организации работ шахтостроительной отрасли, когда все основные объёмы по тампонажу с поверхности осуществлялись специально созданной организацией – ОАО «Спецтампонажгеология» (г.Антрацит) [1]. В настоящее время выполнить такие работы в Донбассе не представляется возможным.

Тампонаж (цементация) из забоя ствола может быть выполнен любой подрядной организацией, осуществляющей проходку, но связан с необходимостью прерывать проходческий процесс на 0,5…1,5 месяца на каждом водоносном горизонте и нести дополнительные расходы (материалы и трудозатраты) на устройство предохранительной перемычки («подушки») из монолитного бетона в забое ствола (рис.1).

Последующий тампонаж выполняют, как правило, после проходки ствола или его участка путём последовательной обработки водоносных горизонтов за крепью в направлении снизу вверх посредством «сетки» шпуров-скважин, пробуренных через крепь (рис.2). Опыт показал, что несмотря на значительные затраты времени и большое количество дополнительных шпуров, такой тампонаж достаточно эффективен на глубинах до 100м, поскольку давление нагнетация цементного или любого другого тампонажного раствора в стволах, закреплённых монолитным бетоном, рекомендовано ограничить величиной 1 МПа [2] во избежание нарушений крепи и выхода раствора на стыках отдельных заходок. Такое тампонажное давление может быть эффективно только тогда, когда давление воды за крепью менее 100м водяного столба.

В настоящей работе выполнен анализ эффективности предварительной и последующей цементации водоносных горных пород при проходке двух рядом расположенных стволов: воздухоподающего №3 (ВПС №3) и вентиляционного №3 (ВС №3) ПАО «Шахтоуправление «Покровское». Геологические и гидрогеологические условия проходки одинаковы с учётом незначительного смещения по глубине контактов пересекаемых пород (для ВС №3 – на 5 м ниже).

Согласно геологическим изысканиям, вмещающие породы на участке проходки данных стволов в интервале глубин 15-100 м представлены неустойчивыми, трещиноватыми породами каменноугольных отложений свиты C^1_2 (известняки, песчаники, алевролиты, аргиллиты) с наличием водоносных горизонтов на глубинах 21,6-25,8м; 35,4-35,8м; 39,8-40,1м; 44,6-49,6м с суммарным проектным притоком 95м³/час.

По обоим стволам верхний водоносный песчаник на глубине 21,6-25,8м с ожидаемым притоком 40 м^3/час был успешно зацементирован скважинами с поверхности земли в подготовительный период.

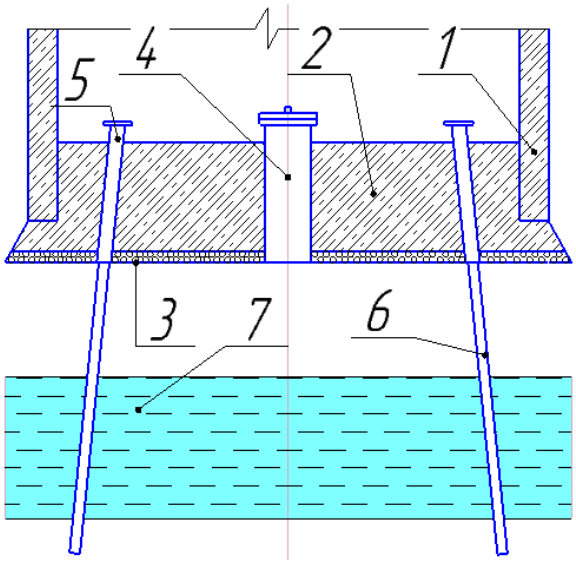


Рис.1 − Предварительная цементация из забоя ствола: 1 – бетонная крепь ствола; 2 – предохранительная перемычка; 3 – дренажный слой из щебня; 4 – дренажная труба; 5- кондуктор; 6 – тампонажная скважина; 7 - водоносный горизонт.

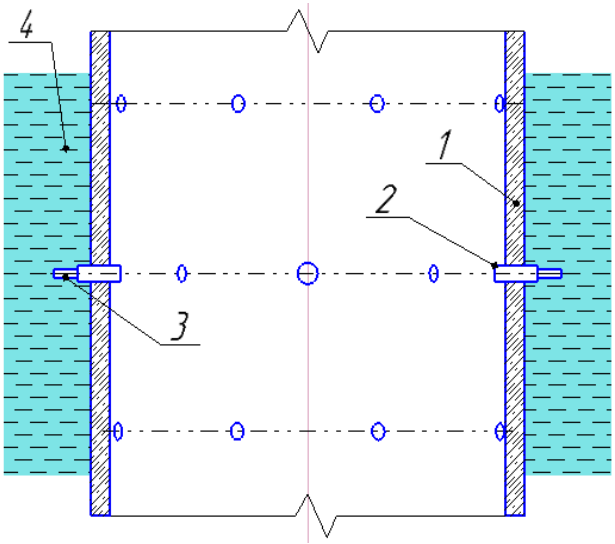


Рис.2 − Последующая цементация через крепь ствола: 1 – бетонная крепь ствола; 2 - кондуктор; 3 – тампонажный шпур-скважина; 4 - водоносные породы.

Изоляцию остальных горизонтов по проекту должны были выполнить цементацией из забоя ствола, главной целью которой был песчаник на глубине 44,6-49,6м с ожидаемым притоком 49 м^3/час.

Цементация на ВПС №3. В первой половине 2013г. выполняли проходку технологической части ствола до глубины 40м, на которой предполагали выполнить цементацию нижнего водоносного песчаника из забоя. В мае на глубине 35м стволом была вскрыта крупная водоносная трещина с дебитом 21 м^3/час, что явилось следствием существования гидравлической связи между горизонтами.

В мае-июне 2013г. была выполнена цементация из забоя ствола с предварительным устройством предохранительной перемычки («подушки») объёмом 115 м^3 бетона (рис.1). В процессе цементации пробурили 150м тампонажных скважин и закачали в массив 91м^3 цементного раствора [3].

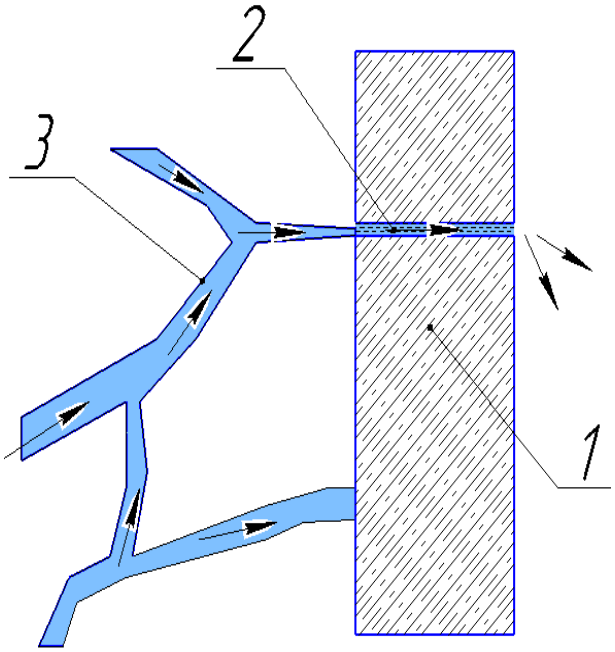
При дальнейшей проходке ствола выяснилось, что водоприток в результате забойной цементации был снижен с 21 до 8 м^3/час, но этот эффект был признан недостаточным. Причиной этого геологи признали наличие ранее не выявленных вертикальных трещин, не все их которых удалось пересечь тампонажными скважинами. Места фильтрации воды через крепь ствола были приурочены к стыкам заходок по бетонированию и к «раковинам» в крепи, образованными в результате вымывания водой цемента из бетонной смеси во время её укладки.

В этой ситуации специалисты подрядной организации ООО «Шахтостроительная компания «Донецкшахтопроходка» предложили и осуществили локальную обработку мест

водопритоков в интервале глубин 35…50м способом последующей цементации с бурением шпуров через бетонную крепь ствола в следующей последовательности (рис.3,4).

Приток на стыке бетонных заходок

До обработки



Нагнетание

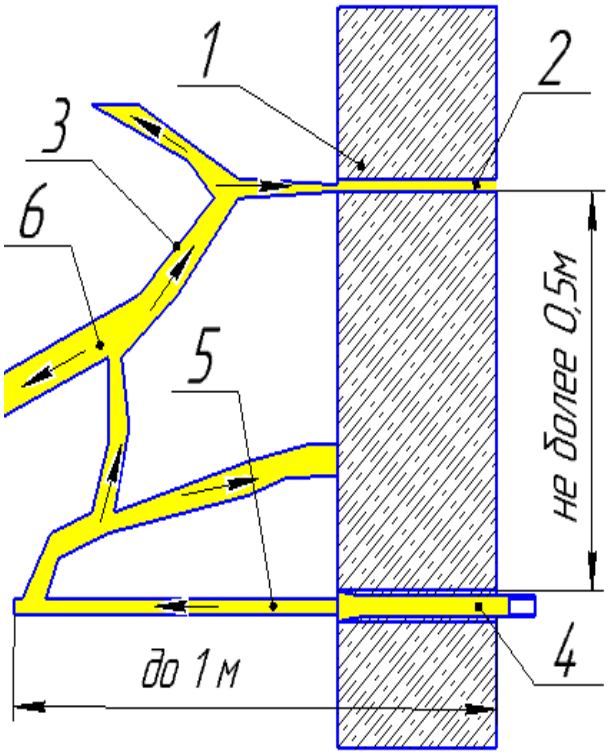
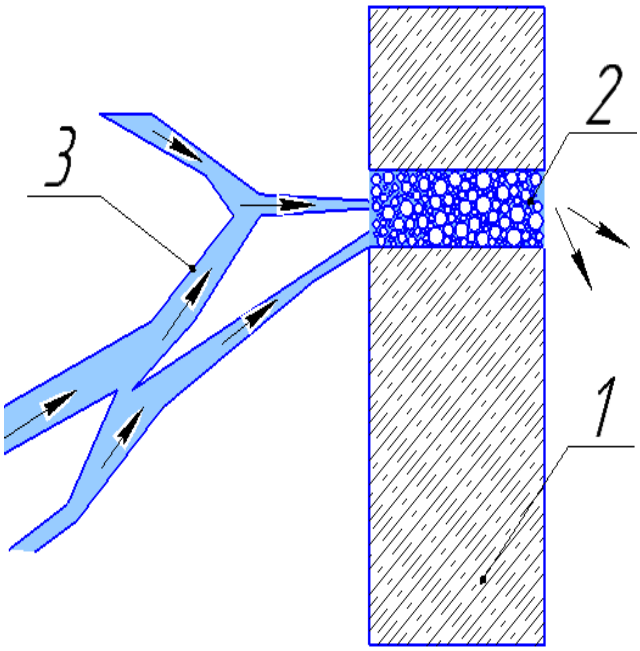


Рис.3 − Последующая цементация водопритока на стыке заходок: 1 – бетонная крепь ствола; 2 – стык заходок; 3 – трещины водоносных пород; 4 – кондуктор в крепи; 5 – шпур-скважина; 6 – цементный раствор.

Приток через «раковину» в крепи

До обработки



Нагнетание

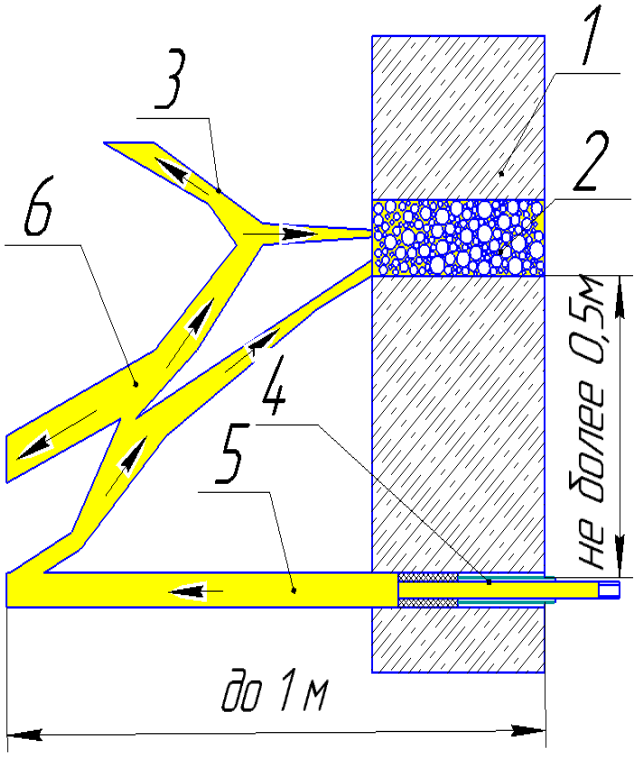


Рис.4 − Последующая цементация водопритока из «раковины» крепи: 1 – бетонная крепь ствола; 2 – «раковина» в крепи; 3 – трещины водоносных пород; 4 – пакер; 5 – шпур-скважина; 6 – цементный раствор.

В июле 2013г. с подвесного проходческого полка параллельно с выполнением в забое работ проходческого цикла на расстоянии 0,5м ниже места каждого излива воды перфораторами ПП-63с бурили шпуры ∅52мм глубиной 1,0м с пересечением трещин в породах водоносного горизонта. Если шпур не встречал воду, то его заполняли раствором, а рядом бурили новый до появления притока. Устья пробуренных шпуров герметезировали путём установки кондуктора или винтового пакера, после чего в них насосом НГР-250/50 производили нагнетание цементного раствора 1:1 с добавкой хлористого кальция для ускорения схватывания. Развиваемое давление нагнетания не превышало 0,5 МПа. Нагнетание прекращали в момент появления раствора в месте вышерасположенного излива воды (на стыке заходок или в «раковине» крепи) и делали выдержку как минимум 2 часа на схватывание раствора. Если после первой обработки наблюдали эффект уменьшения водопритока, то процесс нагнетания повторяли несколько раз до полной его ликвидации. Если после первого нагнетания эффекта ликвидации или уменьшения водопритока в конкретном месте не наблюдали, то после выдержки производили нагнетание более густым раствором с водоцементным отношением 0,6:1 или с добавлением в раствор мелких деревянных опилок.

В общей сложности работы по локальной последующей цементации были выполнены за 5 дней без остановки работ в забое ствола, было пробурено 13 метров шпуров-скважин, в которые закачали 43 м^3 цементного раствора [3]. Определённая часть раствора была вымыта из массива подземными водами, но с такой потерей согласились и подрядчик, и заказчик, поскольку удалось получить желаемый эффект. В результате обработки восьми мест наиболее заметных водопритоков в интервале глубин 35-50м пять из них были ликвидированы полностью, а в трёх был уменьшен дебит. Суммарный водоприток по стволу был снижен с 8 до **3,5 м^3/час**. Такие результаты были признаны удовлетворительными. Дальнейшая проходка ствола была выполнена в 2013-14гг. до глубины 855м, приток воды при этом увеличился незначительно: до 4 м^3/час [4].

Цементация на ВС №3. Обретённый опыт локальной последующей цементации был учтён при проходке следующего ствола для ПАО «Шахтоуправление «Покровское» – вентиляционного №3. Специалисты ООО «Шахтостроительная компания «Донецкшахтопроходка» предложили не выполнять на глубине 45м проектную цементацию из забоя ствола, осуществлять проходку с нарастающими водопритоками, а после пересечения водоносного песчаника на глубине 50-55м обработать крепь ствола и породы за крепью в местах водопроявлений вышеописанным способом.

В августе-сентябре 2015г. ствол проходили от отм.35м до отм.74м по водоносным породам с частыми остановками в условиях нестабильной поставки взрывчатых материалов. При этом водоприток в ствол постепенно возрастал и достиг 24 м^3/час.

С целью минимизации брака в бетонной крепи и подготовки для последующей цементации в местах водопритоков из породных обнажений стен выполняли дренажные отводы. Для этого в месте изливов до начала бетонировки бурили шпуры ∅52мм глубиной 0,5м, в которые плотно вставляли патрубки ∅50мм с гибкими рукавами. Конец рукава, через который постоянно выходил водоприток, выводили на верх опалубки, а после бетонировки он оставался на стыке заходок.

В первой половине октября 2015г. проходка ствола была остановлена для выполнения локальной последующей цементации. В интервале 35-60м было обработано 16 мест имеющихся водопритоков и дренажных отводов по технологии, аналогичной стволу ВПС №3. При этом было пробурено 25 м шпуров-скважин, в целом было закачано 66 м^3 цементного раствора [5]. 12 из 16 изливов были ликвидированы полностью, а в 4-х дебит был уменьшен до минимума. Суммарный водоприток по стволу был снижен с 24 до **2,5 м^3/час**. В дальнейшем ствол был пройден в 2015-17гг. до глубины 935м, приток воды при этом увеличился незначительно: до 3 м^3/час [6].

Таким образом, применение отработанной технологии борьбы с водопритоками в виде локальной последующей цементации и исключение предварительной цементации из забоя

ствола при проходке ВС №3 в сравнении с ВПС №3 ПАО «Шахтоуправление «Покровское» позволило:

A. обеспечить остаточный водоприток в ствол ниже нормативной величины (2,5м^3/час при нормативе 5 м^3/час);

B. сократить срок строительства ствола на 1 месяц;

C. снизить стоимость строительства ствола только за счёт экономии материалов на невыполнении цементации из забоя ствола на 554 тыс.рублей.

Вывод: на глубинах до 100м проходка ствола с пересечением водоносных горизонтов, организацией водоотведения и водоотлива и выполнением локальной последующей цементации через крепь с проходческого полка без остановки забоя является более выгодной технологией по сравнению с предварительной цементацией из забоя ствола. При одинаковом конечном результате (остаточном водопритоке) сокращаются время и стоимость строительно-монтажных работ.

Библиографический список

1. *Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт* : учеб. пособие / Э. Я. Кипко ; под общ. ред. Э. Я. Кипко. – Днепропетровск : НГУ, 2004.– 368 с.
2. *Насонов И. Д.* Технология строительства горных предприятий : специальные способы строительства / И. Д. Насонов, М. Н. Шуплик, В. И. Ресин. – Москва : Недра, 1990. – 350 с.
3. *Исполнительная документация тампонажных работ* по воздухоподающему стволу №3 ПАО «Шахтоуправление «Покровское» (2013г.) - Донецк : архив кафедры СЗПСиГ ДонНТУ. – 6 с.
4. *Исполнительные циклограммы проходки* воздухоподающего ствола №3 ПАО «Шахтоуправление «Покровское» (июль 2013г. – май 2014г.) - Донецк : архив кафедры СЗПСиГ ДонНТУ. – 11 с.
5. *Исполнительная документация тампонажных работ* по вентиляционному стволу №3 ПАО «Шахтоуправление «Покровское» (2015г.) - Донецк : архив кафедры СЗПСиГ ДонНТУ. – 4 с.
6. *Исполнительные циклограммы проходки* вентиляционного ствола №3 ПАО «Шахтоуправление «Покровское» (август 2015г. – март 2017г.) - Донецк : архив кафедры СЗПСиГ ДонНТУ. – 18 с.