

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИЗОЛЯЦИИ КОНТРОЛЬНО-СТВОЛОВЫХ СКВАЖИН ПРИ ПРОХОДКЕ ШАХТНЫХ СТВолоВ НА КАЛИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

¹Полозов Ю.А., ¹Лазебник А.Ю., ²Ягодкин Ф.И.

¹ГОО «Спецтампонажгеология», Украина

²ООО НТЦ «Наука и практика», Россия

В статье на примере сооружения скипового ствола Гремячинского ГОКа по добыче калийных солей проведено научно-техническое обоснование и решение задачи повышения надежности изоляции проблемной контрольно-стволовой скважины на основе инженерного расчета параметров формирования изоляционных завес в водопроницаемых горизонтах.

Основные причины нарушения водозащитной толщи и затопления рудников по добыче каменных и калийных солей заключаются в потере герметичности геологоразведочных и контрольно-стволовых скважин с образованием водопроводящих каналов в сечении или вокруг ствола скважины с разгрузкой в выработанное пространство. Действующие нормативы по защите калийных рудников от прорывов подземных вод или рассолов предусматривают применение специальных методов ликвидационного тампонажа разведочных контрольно-стволовых и технических скважин с оставлением целиков в рудном теле вокруг стволов этих скважин. Для контрольно-стволовых скважин действует правило, требующее недопущения выхода ее ствола за границы контура будущего шахтного ствола. Этим обеспечивается визуальный контроль за ее местоположением в сечении ствола при проходке и качеством ликвидационного тампонажа. В случаях выхода ствола контрольно-стволовой скважины за контуры шахтного ствола или других отклонений от проекта требуется разработка специальных мероприятий по предотвращению возможных водопритокков через контрольно-стволовую скважину в шахтный ствол или горные выработки околоствольного двора подземного рудника [1, 2].

Контрольно-стволовая скважина на скиповом стволе Гремячинского ГОКа была пробурена до глубины 1285 м и обсажена с устья до 702 м комбинированной колонной, состоящей из наружных полиэтиленовых труб диаметром 180мм и внутренней колонны из стальных труб диаметром 146 мм. Скважина в интервале 554-1285 м ликвидирована в соответствии с действующей инструкцией с установкой цементных мостов [3]. Точка выхода ствола скважины за пределы шахтного ствола по данным инклинометрических исследований находилась в интервале глубин 805-860 м, при условной начальной границе водонасыщенных пород 826 м.

Действительное положение контрольно-стволовой скважины при проходке скипового ствола фиксировалось по обсадной трубе в забое. Анализ данных искривления скважины и выполненные расчеты показали, что фактический выход скважины из сечения шахтного ствола возможен на глубине 550-660 м водоносных горизонтах. Далее, до глубины 826 м, определить реальное отстояние скважины от контура ствола представляется крайне сложным. Кроме основного обсаженного ствола контрольно-стволовой скважины при проходке в сечении скипового ствола был обнаружен незатампонированный потерянный ранее ствол скважины глубиной 787 м, как показано на рис.1, который образовался во время расширения скважины до диаметра 215 мм под обсадку трубами.

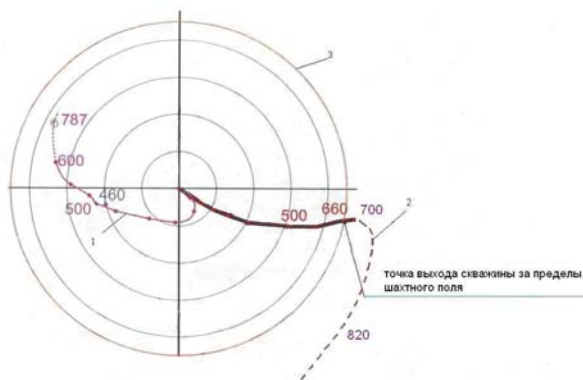


Рис.1. Горизонтальная проекция стволов контрольно-стволовой скважины на скиповом стволе Гремяченского ГОКа:
 1 – незатампонированный ствол;
 2 – обсаженный и затампонированный ствол;
 3 – контур шахтного ствола.

Анализ данных инклинометрии показал, что незатампонированный ствол не выходит на конечной отметке за пределы сечения шахтного ствола. Наличие незатампонированной скважины в сечении шахтного ствола представляет потенциальную угрозу прорыва через нее подземных вод нижележащих водоносных горизонтов при проходке.

В связи с крайне сложными горно-геологическими условиями вскрытия месторождения калийных солей и высокими прогнозными притоками в шахтные стволы, разработаны технические решения по ликвидации открытого незатампонированного ствола контрольно-стволовой скважины и дополнительной гидроизоляции затрубного пространства обсаженного ствола контрольно-стволовой скважины,

гарантирующие защиту скипового ствола от водопритоков при проходке до глубины 820 м, т.е. в интервале водопроницаемых пород, предусматривают формирование как вокруг открытого, так и обсаженного затампонированного стволов контрольно-стволовой скважины, изоляционных завес в интервалах основных водоносных горизонтов с расчетными размерами, способными выдержать гидростатический напор подземных вод.

Проходка скипового ствола до глубины 527 м осуществляется под защитой ледопородного ограждения. Ниже зоны замороженных пород, интервал 520-610 м, по данным гидрогеологических исследований и опытно-фильтрационных работ, а также геофизическим данным залегает мощный водоупор, представленный глинами и глинистыми сланцами, где специальных мероприятий при проходке не требуется.

Потенциально опасными при вскрытии как незатампонированного, так и основного обсаженного стволов контрольно-скиповой скважины являются следующие нижележащие водоносные проницаемые горизонты:

625,0-642,5 м – песчаник и песчаные сланцы с прогнозным водопритоком до $765 \text{ м}^3/\text{час}$;

692,5-721,5 м – песчаник, прогнозный водоприток до $435 \text{ м}^3/\text{час}$;

727,5-787,0 м – песчаник, прогнозный водоприток до $165\text{-}220 \text{ м}^3/\text{час}$;

800,5-812,5 м – гравеллит и песчаник, возможны незначительные водопритоки.

Специальные мероприятия по дополнительной изоляции затампонированного и обсаженного стволов контрольно-стволовой скважины необходимо осуществить способом «снизу-вверх» следующими заходками: I – 510,0-620,0 м; II – 610,0-685,0 м; III – 675,0-725,0 м; IV – 720,0-775,0 м; V – 770,0-820,0 м.

Вскрытие и ликвидацию незатампонированного ствола контрольно-стволовой скважины необходимо проводить под защитой зоны замороженных пород во избежание прорыва подземных вод через разбуриваемый ствол скважины также заходками «сверху - вниз».

При выборе составов тампонажных растворов необходимо было учитывать, что вмещающие горные породы в разрезе представлены переслаиванием аргиллитов, алевролитов, песчаников и гравелитов, обладающих высокой пористостью, достигающей 18-36 %. Исследованиями специализированных институтов и организаций доказано, что применение цементных растворов с различными реагентами, из-за их высокой водоотдачи и нестабильности, не обеспечивает надлежащего проникновения их в породу из-за эффекта отфильтровывания жидкой фазы в пористые стенки трещины. В результате, в устье трещины вблизи стенки тампонажной скважины образуется пробка из цементных частиц, резко возрастает давление нагнетания и процесс инъецирования прекращается.

В ГОАО «Спецтампонажгеология» для изоляции трещиноватых и трещиновато-пористых пород был разработан новый класс тампонажных растворов – глиноцементные растворы. Такие растворы приготавливаются на основе исходного глинистого раствора с плотностью до 1,20-1,23 т/м³ и содержат до 10 процентов сухого цемента и до 1 процента реагент-структурообразователя [4]. Благодаря низкой водоотдаче растворы хорошо проникают в трещины с пористыми стенками, т.е. позволяют сформировать вокруг нагнетательной скважины изоляционную завесу с заданными параметрами. Прочность растворов за первые два часа стабилизации повышается в сотни раз, а через сутки уже достигает 30 процентной конечной прочности. Через 10 суток растворы набирают максимальную пластическую прочность – 0,2-0,3 МПа.

Применение глиноцементных растворов для ликвидации незатампонируемого открытого ствола скважины способом «сверху-вниз» позволит безопасно осуществить разбурку скважины после нагнетания в вышележащий водоносный горизонт до пересечения следующей водопроницаемой зоны, т.к. конечная прочность раствора после стабилизации меньше прочности глин и алевролитов.

Расчет параметров формирования изоляционных завес вокруг открытого незатампонируемого ствола контрольно-стволовой скважины производится по методике комплексного метода тампонажа обводненных горных пород [4].

В следующей последовательности определяются:

1. Размеры изоляционной завесы r_c вокруг скважины, способной выдержать гидростатический напор подземных вод:

$$r_c = \alpha \frac{\delta_m \cdot p_k}{2[p_m]}, \quad (1)$$

где α – коэффициент запаса прочности, принимается $\alpha = 2-3$;

δ_{max} – максимально возможное раскрытие трещин на участке работ, 10⁻³ м;

p_k – напор подземных вод, МПа;

$[p_m]$ – допустимая пластическая прочность тампонажного раствора, МПа.

2. Рабочее давление нагнетания тампонажного раствора на насосе, размещенном на поверхности земли,:

$$p_n = \Delta p_{тр} + p_k + \Delta p_{туб} - p_{г.с.}, \quad (2)$$

$\Delta p_{тр}$ – потери напора при распространении тампонажного раствора в трещинах проницаемого горизонта, МПа;

$$\Delta p_{тр} = 2\tau_0 r / \delta_{тр}, \quad (3)$$

где τ_0 – динамическое напряжение сдвигу тампонажного раствора, МПа;

r – радиус распространения тампонажного раствора вокруг изолируемой скважины, м;

$\delta_{тр}$ – минимальное раскрытие трещин, принимаем $1 \cdot 10^{-3}$, м;

p_k – пластовое давление (напор) подземных вод, МПа;

$\Delta p_{труб}$ – потери напора в нагнетательном трубопроводе, МПа.

$$\Delta p_{труб} = \Delta p \cdot L, \text{ МПа} \quad (4)$$

где L – длина нагнетательного трубопровода, м;

Δp – удельные потери напора в нагнетательном трубопроводе из бурительных труб $\varnothing 50$ мм, МПа;

p_r – гидростатический напор столба тампонажного раствора в нагнетательном трубопроводе, МПа.

$$p_{г.с.} = \gamma_{р-р} \cdot L, \quad (5)$$

где $\gamma_{р-р}$ – удельная масса тампонажного раствора, т/м³.

3. Объем тампонажного раствора для формирования изоляционной завесы:

$$V_{скв} = \pi \cdot r_c^2 \cdot m_T, \quad (6)$$

где V – объем нагнетания тампонажного раствора для конкретной заходки, м³;

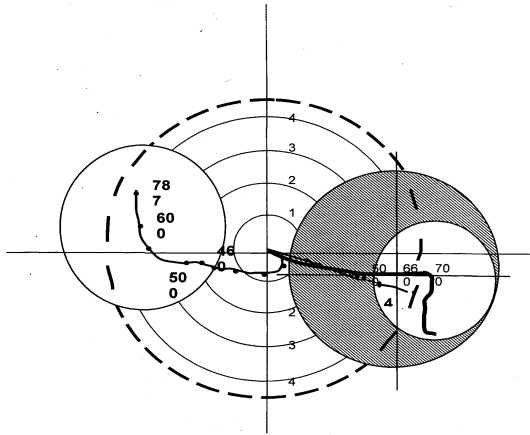
m_T – скважность (трещинная пустотность), доли единиц;

M – мощность проницаемых пород конкретной водоносной зоны, м.

Результаты инженерных расчетов параметров изоляционных завес вокруг открытого незатампонируемого ствола контрольно-стволовой скважин приведены в таблице 1. На рисунках (2 – 4) приведены схемы формирования изоляционных завес для горизонтов: 625-642,5 м, 692,5-721,5 и 725,5-765,5 м.

Таблица 1. Параметры формирования изоляционной завесы вокруг незатампонируемого ствола контрольно-стволовой скважины.

Заходка, м	Интервал проницаемых пород, м	Мощность, м	Радиус распространения тампонажного раствора вокруг скважины, r_c , м	Объем тампонажного раствора, V , м ³	Давление нагнетания на насосе в забое $p_{нз}$, МПа	Давление на поверхности, p_m , МПа	Производительность насоса Q , л/с
510-610	–	Контрольно-разведочное бурение					
610-675	625,0-642,5	17,5	2,54	3,5	6,66	12,94	2,0
675-725	692,5-721,5	29,0	3,0	8,2	7,40	14,35	2,0
725-787	727,5-787,0	59,5	3,2	19,0	8,08	15,70	2,0





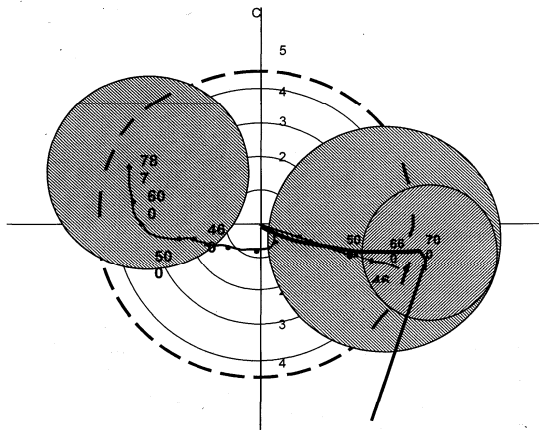
Условные обозначения:  - контур шахтного ствола  - контур распространения раствора

Рис.2.Схема формирования изоляционной завесы вокруг контрольно-стволовой скважины для водонапорного горизонта 625-642.5м





Условные обозначения:  - контур шахтного ствола  - контур распространения раствора

Рис.3.Схема формирования изоляционной завесы вокруг контрольно-стволовой скважины для водонапорного горизонта 692.5-721.5м

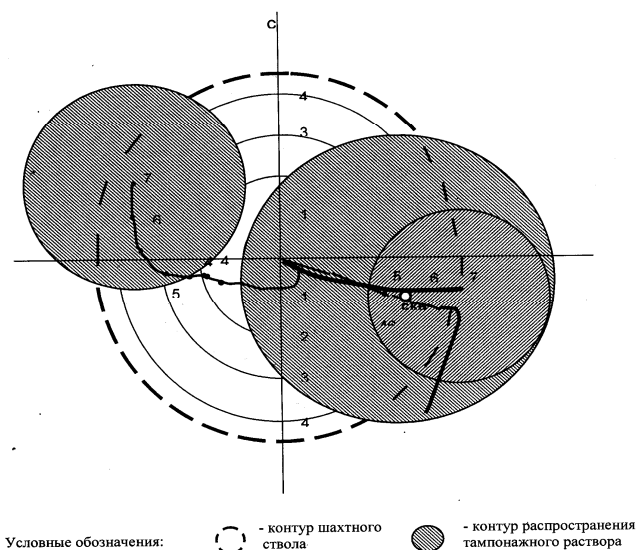


Рис. 4. Схема формирования изоляционной завесы вокруг конструкции стволовой скважины для водонапорного горизонта 725.5-765.5м

Расчет параметров формирования изоляционной завесы вокруг основного затампонированного обсаженного ствола контрольно-стволовой скважины включает в себя определение:

1. Расчетных размеров изоляционной завесы вокруг основного ствола скважины по уравнению (1), способной выдержать гидростатический напор подземных вод конкретной водопроницаемой зоны.

2. Контуры распространения тампонажного раствора R из тампонажной скважины, пробуренной из забоя ствола на расстоянии, равным r_1 от его стенки определяется как:

$$R = r_1 + r_2 + r_c, \quad (7)$$

где r_1 – расстояние от оси тампонажной скважины до крепи ствола «в свету», м;

r_2 – расстояние от оси контрольно-стволовой скважины до крепи ствола, м;

r_c – расчетный радиус изоляционной завесы вокруг основного ствола скважины, м.

3. Давление нагнетания тампонажного раствора для создания изоляционной завесы при размещении насоса на поверхности земли и

объем тампонажного раствора по каждому водоносному горизонту (зоне) определяются по уравнениям (2 - 5).

Параметры процесса тампонажа для изоляции проницаемых горизонтов вокруг основного ствола контрольно-стволовой скважины приведены в табл. 2 и на рис. 2.

Таблица 2. Параметры формирования изоляционных завес вокруг основного ствола контрольно-стволовой скважины

Заходка, м	Интервал проницаемых пород, м	Мощность, м	Расчетный радиус завесы, Г, м	Радиус распространения раствора из тампонажной скважины, R, м	Давление на насосе, МПа		Объем раствора, V, м ³
					в забое	на поверхности земли	
510-620	-	-	-	-	-	-	-
610-685	625,0-542,5	17,5	1,8	2,85	7,0	13,3	9,7
675-725	692,5-721,5	29,0	2,15	3,60	8,2	15,2	20,1
720-775	727,5-765,0	37,5	2,3	4,20	8,7	16,2	28,3
770-820	765,0-812,5	47,5	2,40	4,70	9,3	17,3	39,1

Технические решения по ликвидации незатмпонированного ствола контрольно-стволовой скважины следующие:

Оптимальным является вариант вскрытия и перетампонирования ствола скважины тампонирования в процессе разбурки заходками «сверху – вниз» под защитой зоны замороженных пород. Работы по ликвидации незатмпонированного ствола скважины следует начать с ее разбурки через установленный в забое шахтного ствола кондуктор длиной до 6,0 м, который должен быть оборудованный запорной арматурой и опрессованной на расчетное давление. Очередность выполнения комплекса тампонажных работ принимается следующая:

- 1 заходка:** Разбурка скважины на глубину 100 м (до отм. -610,0 м), что выполнит функцию контрольно-разведочной скважины;
- 2 заходка:** Вскрытие водоносного горизонта 625,0-642,5 м и исследования экспресс-методом по замеру падения давления на манометре после нагнетания воды. Закачка тампонажного раствора согласно расчетов приведенных в табл. 2;
- 3 заходка:** Углубка скважины с разбуркой тампонажного раствора до отм. -725,0 м и нагнетание очередного объема тампонажного раствора, согласно данным табл. 1;
- 4 заходка:** Углубка скважины до отм. -787,0 м и нагнетание тампонажного раствора в объемах согласно данным табл. 1.

Технические решения по гидроизоляции затампонированного обсаженного ствола контрольно-стволовой скважины:

Тампонажные работы по формированию изоляционных завес вокруг основного ствола в интервалах водоносных горизонтов выполняются через тампонажные скважины, пробуренные из забоя шахтного ствола в пять заходов с установкой кондукторов в забое на отметке - 510,0 м; - 610,0 м; - 675,0 м; - 720,0 м; - 770,0 м. Для тампонажа каждого горизонта предусматривается бурение одной вертикальной или наклонно-направленной скважины на минимально возможном расстоянии от основного ствола контрольно-стволовой скважины на данной отметке. Объемы нагнетания тампонажного раствора по каждому водоносному горизонту приведены в табл. 2.

Заключение:

1. В качестве эффективного способа обеспечения надежности изоляции стволов контрольно-стволовых скважин на калийных месторождениях может служить дополнительный тампонаж водопроницаемых горизонтов, пересеченных скважиной, как в процессе ликвидационного тампонирувания самой скважины перед установкой цементных мостов, так и при проходке шахтного ствола в случаях выхода профиля контрольно-стволовой скважины за сечение шахтного ствола.

2. Выполнение тампонажа водопроницаемых горизонтов и формирование вокруг ствола контрольно-стволовой скважины изоляционной завесы исключит потенциальную угрозу вертикальной фильтрации и поступления подземных вод в соленосную толщу.

Литература:

1. Шиман М.И. Предотвращение затопления калийных рудников. -М.: Недра, 1992, с.21.
2. Пермяков Р. С. и др. Технология добычи солей. М.: Недра, 1981, с. 42-43.
3. «Инструкция о порядке ликвидации, консервации скважин и оборудования их устьев и стволов» РД 08-492-02.
4. Тампонаж обводненных горных пород: Справочное пособие. Э.Я. Кипко, Ю.А. Полозов, О.Ю. Лушникова и др.-М.: Недра, 1989.- 309с.