

УДК 621.257

д.т.н. Полозов Ю. А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР, uarolozov@mail.ru),
Лазебник А. Ю.
(АФГТ ЛНУ им. В. Даля, г. Антрацит, ЛНР)

СПОСОБ ИЗОЛЯЦИИ АВАРИЙНЫХ КОНТРОЛЬНО-СТВОЛОВЫХ СКВАЖИН ПРИ СООРУЖЕНИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ НА КАЛИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

В статье приводится научно-техническое обоснование нового способа повышения надёжности изоляции проблемных контрольно-стволовых скважин, в котором реализована идея о дополнительном формировании вокруг таких скважин в водопроницаемых породах противофильтрационных завес с параметрами согласно инженерным расчётам.

Ключевые слова: калийные месторождения, контрольно-стволовая скважина, гидроизоляция водопроницающих пород, расчёт изоляционных завес.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Затопление рудников по добыче каменных и калийных солей происходит из-за потери герметичности геологоразведочных и контрольно-стволовых скважин с образованием водопроницающих каналов в сечении или вокруг такой скважины с разгрузкой притока воды в выработанное пространство. В галургии действуют отраслевые нормативы по защите калийных рудников от прорывов подземных вод или ненасыщенных рассолов, которые предусматривают ликвидационный тампонаж разведочных контрольно-стволовых и технических скважин с оставлением целиков в рудном теле вокруг этих скважин. Для контрольно-стволовых скважин действует правило, требующее недопущения выхода их за границы контура будущего шахтного ствола. Этим обеспечивается при проходке визуальный контроль за местоположением скважины в сечении шахтного ствола при проходке и качеством ликвидационного тампонажа. В случаях выхода контрольно-стволовой скважины за контуры шахтного ствола или других отклонений от проекта требуется разработка специальных мероприятий по предотвращению возможных водопритоков через неё в шахтный ствол или горные выработки околоствольного двора подземного рудника [1–2].

Постановка задачи. Основной задачей предложенного способа и технологии является повышение надёжности изоляции водопроницаемых пород вокруг проблемных и аварийных контрольно-стволовых скважин при проходке шахтных стволов на калийных месторождениях за счёт формирования вокруг таких скважин противофильтрационных завес с расчётными параметрами. Это исключает необходимость выполнения каких-либо горных работ из забоя шахтного ствола по поиску, вскрытию и перетампонированию таких скважин.

Изложение материала и его результаты. Контрольно-стволовая скважина на скиповом стволе Гремячинского ГОК была пробурена до глубины 1285 м и обсажена с устья до 702 м комбинированной колонной, состоящей из наружных полиэтиленовых труб диаметром 180 мм 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]. По данным инклинометрии установлено, что скважина выходит за пределы контура шахтного ствола в интервале глубин 805–860 м.

Действительное положение контрольно-стволовой скважины в процессе проходки скипового ствола фиксировалось по поло-

жению обсадной трубы в забое. Анализ данных искривления скважины и выполненные расчёты показали, что фактический выход скважины из сечения шахтного ствола возможен на глубине 550–660 м в водоносных горизонтах, залегающих до глубины 826 м. Реальное отстояние скважины от контура ствола составляло 2,0 м.

Кроме основной контрольно-стволовой скважины при проходке в сечении скипового ствола была обнаружена незатампонирующая, потерянная ранее скважина глубиной 787 м (рис. 1), которая образовалась при расширении скважины до диаметра 215 мм под обсадку трубами.

Анализ данных инклинометрии показал, что незатампонирующая потерянная скважина не выходит на конечной отметке за пределы сечения шахтного ствола. Наличие незатампонирующей скважины в сечении шахтного ствола представляет потенциальную угрозу прорыва через неё подземных вод при проходке, что потребовало разработки мер по её разбурке и выполнению комплекса ликвидационного тампонажа.

В связи с крайне сложными горно-геологическими условиями вскрытия месторождения калийных солей и высокими прогнозными притоками воды в шахтные стволы необходимо было выполнить мероприятия по дополнительной гидроизоляции контрольно-стволовой скважины. Технические решения по ликвидации открытой незатампонирующей скважины и дополнительной гидроизоляции затрубного пространства обсаженной основной контрольно-стволовой скважины, вышедшей за контуры шахтного ствола, должны гарантировать защиту скипового ствола от водопритокков при проходке до глубины 820 м. Для этого в интервале водопроницаемых пород как вокруг открытой, так и вокруг обсаженной затампонирующей контрольно-стволовой скважины предусматривается формирование изоляционных завес в основных водоносных горизонтах с расчётными размерами, способ-

ными выдержать гидростатический напор подземных вод.

Проходка скипового ствола № 1 Гремячинского ГОК 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 водупор, представленный глинами и глинистыми сланцами, где специальных мероприятий при проходке не требуется.

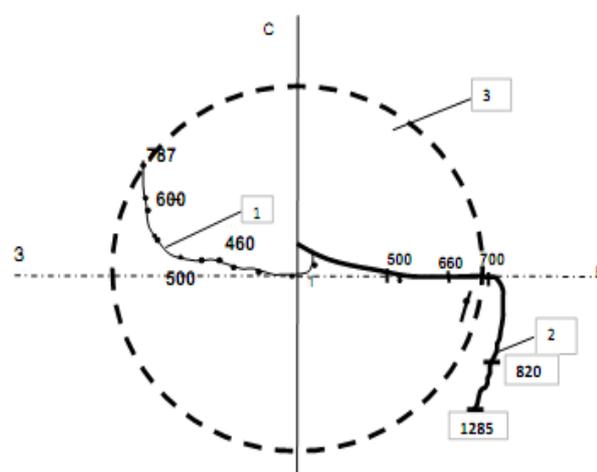
Потенциально опасными при вскрытии как потерянной незатампонирующей, так и основной обсаженной контрольно-скиповой скважин являются следующие нижележащие водоносные горизонты:

625,0–642,5 м — песчаник и песчаные сланцы с прогнозным водопритокком до 765 м³/час;

692,5–721,5 м — песчаник, прогнозный водоприток до 435 м³/час;

727,5–787,0 м — песчаник, прогнозный водоприток до 165–220 м³/час;

800,5–812,5 м — гравеллит и песчаник, возможны незначительные водопритокки.



- 1 — незатампонирующая потерянная скважина;
2 — обсаженная и затампонирующая скважина;
3 — контур шахтного ствола в проходке

Рисунок 1 Горизонтальная проекция контрольно-стволовой скважины

Специальные мероприятия по дополнительной изоляции затампонирующей и обсаженной контрольно-стволовой скважины необходимо осуществить путём нагнетания раствора через специальные тампонажные скважины, пробуренные из забоя на минимальном расстоянии от стенки шахтного ствола, 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 незатампонирующей скважины необходимо проводить под защитой зоны замороженных пород во избежание прорыва подземных вод через разбуриваемую потерянную скважину 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 %. Применение в этих условиях цементных растворов с различными реагентами из-за их высокой водоотдачи и нестабильности не обеспечивает надлежащего проникновения в трещины. Происходит отфильтровывание жидкой фазы в пористые стенки трещины. В результате чего в устье трещины, вблизи стенки тампонажной скважины образуется пробка из цементных частиц, резко возрастает давление нагнетания и процесс инъецирования прекращается.

Для изоляции трещиноватых и трещиновато-пористых пород ГОАО «Спецтампо-нажгеология» 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 % сухого цемента и до 1 % реагента-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. Через 10 суток растворы набирают максимальную пластическую прочность — 0,2–0,3 МПа.

Применение глиноцементных растворов для ликвидации незатампонирующей 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.

Расчёт параметров формирования изоляционных завес вокруг открытой незатампонирующей 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:

$$r_c = \frac{\alpha \cdot \delta_{\max} \cdot P_k}{2[P_m]}, \text{ м}, \quad (1)$$

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, размещённом на поверхности земли:

$$P_n = \Delta P_{mp} + P_k + \Delta P_{mry\delta} - \Delta P_z, \text{ МПа}, \quad (2)$$

где ΔP_{mp} — потери напора при распространении тампонажного раствора в трещинах проницаемого горизонта, МПа:

$$\Delta P_{mp} = \frac{2\tau_0 r}{\delta_{mp}}, \text{ МПа}, \quad (3)$$

где τ_0 — динамическое напряжение сдвига тампонажного раствора, МПа; r — радиус распространения тампонажного раствора вокруг изолируемой скважины, м; δ_{mp} —

минимальное раскрытие трещин, принимаем 10^{-3} , м; P_k — пластовое давление (напор) подземных вод, МПа; $\Delta P_{\text{труб}}$ — потери напора в нагнетательном трубопроводе, МПа;

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

где L — длина нагнетательного трубопровода, м; $\Delta \rho$ — удельные потери напора в нагнетательном трубопроводе из бурильных труб $\varnothing 50$ мм, МПа;

P_2 — гидростатический напор столба тампонажного раствора в скважине, МПа:

$$P_2 = \gamma_p \cdot H, \text{ МПа}, \quad (5)$$

где γ_p — удельный вес тампонажного раствора, т/м³; H — глубина скважины, м.

3. Объём тампонажного раствора для формирования изоляционной завесы:

$$V_{\text{скв}} = \pi \cdot r^2 \cdot m_T \cdot M, \text{ МПа}, \quad (6)$$

где $V_{\text{скв}}$ — объём нагнетания тампонажного раствора для конкретной заходки, м³; m_T — скважность (трещинная пустотность), доли единиц; M — мощность проницаемых пород конкретной водоносной зоны, м.

Параметры формирования изоляционных завес вокруг потерянной контрольно-стволовой скважины, позволяющие сделать выбор тампонажного оборудования и рассчитать технико-экономические показатели дополнительных тампонажных работ, приведены в таблице 1. Схемы фор-

мирования изоляционных завес приведены на рисунке 2.

Расчёт параметров формирования изоляционной завесы вокруг основной затампонирующей и обсаженной контрольно-стволовой скважины включает в себя определение:

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

2) контуров распространения тампонажного раствора R из тампонажной скважины, пробуренной из забоя ствола на расстоянии, равном r_1 от его стенки:

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

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 — расчётный радиус изоляционной завесы вокруг основного ствола скважины, м.

3) давление нагнетания тампонажного раствора для создания изоляционной завесы при размещении насоса на поверхности земли и объём тампонажного раствора по каждому водоносному горизонту (зоне) по уравнениям (2–5).

Параметры процесса тампонажа для изоляции проницаемых горизонтов вокруг основной обсаженной контрольно-стволовой скважины приведены в таблице 2.

Таблица 1

Параметры формирования изоляционной завесы вокруг контрольно-стволовой скважины

№ П.П	Заходка, м	Интервал проницаемых пород, м	Мощность, м	Радиус распространения тампонажного раствора вокруг скважины, r_c , м	Объём тампонажного раствора, $V_{\text{скв}}$, м ³	Давление на насосе, МПа		Производительность насоса Q , л/сек
						в забое	на поверхности земли	
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	510–610	–	Контрольно-разведочное бурение					
3	610–675	625,0–642,5	17,5	2,54	3,5	6,66	12,94	2,0
4	675–725	692,5–721,5	29,0	3,0	8,2	7,40	14,35	2,0
5	725–787	727,5–787,0	59,5	3,2	19,0	8,08	15,70	2,0

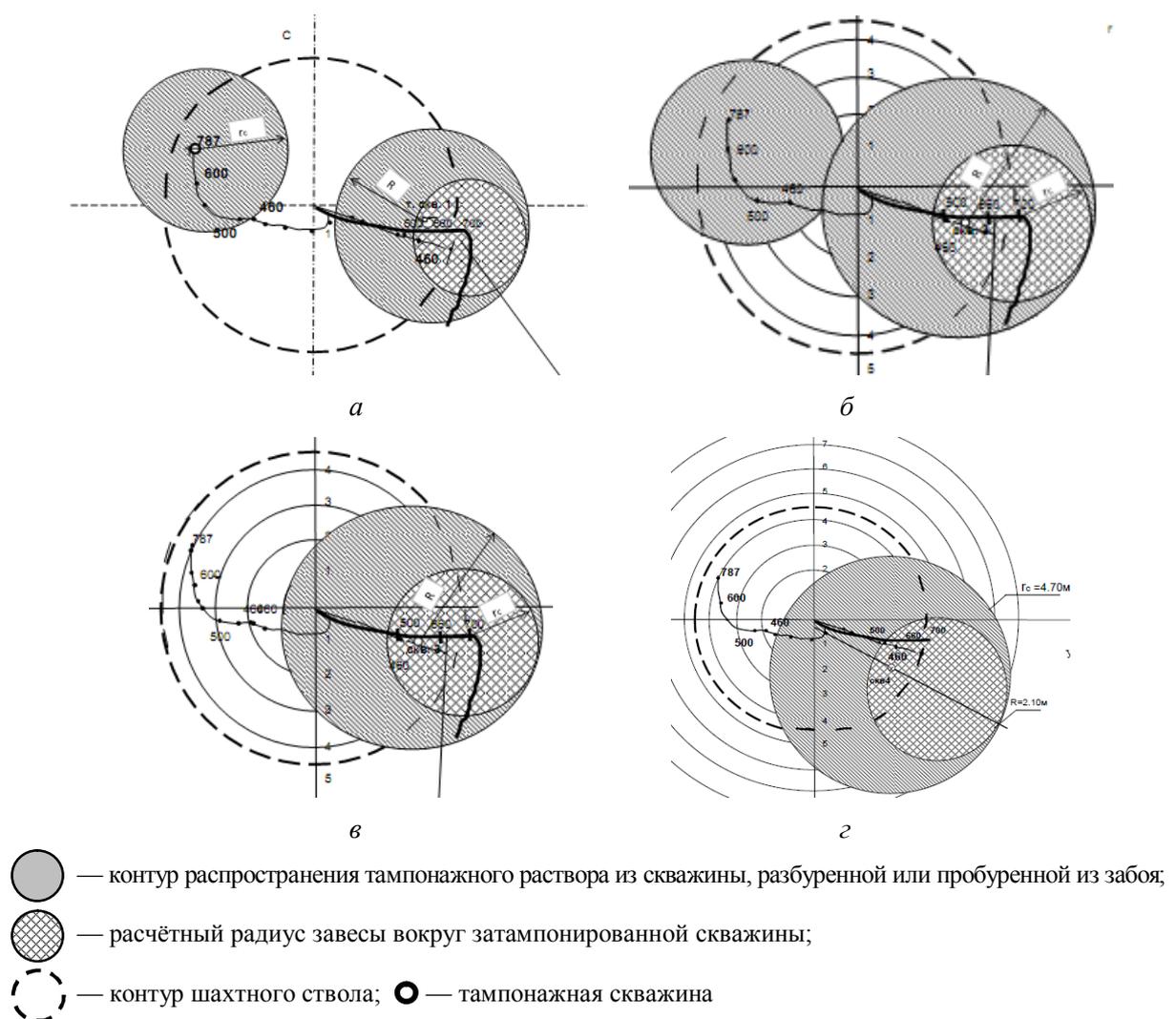


Рисунок 2 Схема формирования изоляционной завесы вокруг участков контрольно-стволовых скважин для различных водонапорных горизонтов (а — 625–642,5 м; б — 692,5–721,5 м; в — 725,5–787,0 м; г — 770–820 м)

Таблица 2

Параметры формирования изоляционных завес вокруг основной контрольно-стволовой скважины

№ п.п.	Заходка, м	Интервал проницаемых пород, м	Мощность, м	Расчётный радиус тампонажной завесы, r_c , м	Радиус распространения раствора из тампонажной скважины, R , м	Давление на насосе, МПа		Объём раствора, $V_{скв}$, M^3
						в забое	на поверхности земли	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	510–620	—	—	—	—	—	—	—
2	610–685	625,0–542,5	17,5	1,8	2,85	7,0	13,3	9,7
3	675–725	692,5–721,5	29,0	2,15	3,60	8,2	15,2	20,1
4	720–775	727,5–765,0	37,5	2,3	4,20	8,7	16,2	28,3
5	770–820	765,0–812,5	47,5	2,40	4,70	9,3	17,3	39,1

Технические решения по ликвидации незатемпонируемой скважины. Оптимальным является вариант вскрытия и перетампонируемой скважины в процессе разбурки заходками «сверху-вниз» под защитой толщи замороженных пород. Работы по ликвидации незатемпонируемой скважины следует начать с её разбурки через установленный в забое шахтного ствола кондуктор длиной до 6,0 м, который должен быть оборудован запорной арматурой и опрессован на расчётное давление. Очерёдность выполнения комплекса тампонажных работ принимается следующая:

1-я заходка: разбурка скважины на глубину 100 м (до отметки — 610,0 м), что выполнит функцию разведочной скважины.

2-я 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 расчётам, приведённым в таблице 2.

3-я заходка: углубка скважины с разбуркой тампонажного раствора до отметки –725,0 м и нагнетание очередного объёма тампонажного раствора согласно данным таблицы 1.

4-я заходка: углубка скважины до отметки –787,0 м и нагнетание тампонажного раствора в объёмах согласно данным таблицы 1.

Технические решения по гидроизоляции затемпонируемой 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 5 заходов с установкой кондукторов в забое на отметках –510,0 м, –610,0 м, –675,0 м, –720,0 м, –770,0 м:

1-я заходка: 510,0–620,0 м — бурение контрольной скважины из забоя;

2-я заходка: 610,0–685,0 м — забой на 610 м, кондуктор длиной 6,0 м, нагнетание тампонажного раствора через кондуктор;

3-я заходка: 675,0–725,0 м — забой на 675 м, кондуктор длиной 6,0 м, нагнетание тампонажного раствора через кондуктор;

4-я заходка: 720,0–775,0 м — забой на 740,0 м, кондуктор длиной 6,0 м, нагнетание тампонажного раствора через кондуктор;

5-я заходка: 770–820 м — забой 760 м, кондуктор длиной 6,0 м, нагнетание тампонажного раствора.

Для тампонажа каждого горизонта предусматривается бурение одной вертикальной или наклонно направленной скважины на минимально возможном расстоянии от контрольно-стволовой скважины на данной отметке. Объёмы нагнетания тампонажного раствора по каждому водоносному горизонту приведены в таблице 2.

Заключение:

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

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

Библиографический список

1. Шиман, М. И. Предотвращение затопления калийных рудников [Текст] / М. И. Шиман. — М. : Недра, 1992. — 21 с.
2. Пермяков, Р. С. Технология добычи солей [Текст] / Р. С. Пермяков, В. С. Романов, М. П. Бельды. — М. : Недра, 1981. — 271 с.

3. РД 08-492–02. Инструкция о порядке ликвидации, консервации скважин и оборудования их устьев и стволов [Текст]. Серия 08. Выпуск 8. — М. : Закрытое акционерное общество «НТЦИППБ», 2010. — 32 с.

4. Кипко, Э. Я. Тампонаж обводненных горных пород [Текст] : справочное пособие / Э. Я. Кипко, Ю. А. Полозов, О. Ю. Лушников. — М. : Недра, 1989. — 309 с.

© Полозов Ю. А.

© Лазебник А. Ю.

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. СГ ДонГТУ Литвинским Г. Г.,
к.т.н., доц. каф. ГД ЛНУ им. В. Даля Савченко И. В.**

Статья поступила в редакцию 14.11.19.

д.т.н. Полозов Ю. А. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР, uapolozov@mail.ru), **Лазебник О. Ю.** (АФГТ ЛНУ ім. В. Даля, м. Антрацит, ЛНР)

СПОСІБ ІЗОЛЯЦІЇ АВАРІЙНИХ КОНТРОЛЬНО-СТОВБУРОВИХ СВЕРДЛОВИН ПРИ СПОРУДЖЕННІ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТОВБУРІВ НА КАЛІЙНИХ РОДОВИЩАХ

У статті наведено науково-технічне обґрунтування нового способу підвищення надійності ізоляції проблемних контрольно-стовбурових свердловин, в якому реалізовано ідею про додаткове формування навколо таких свердловин у водопроникних породах протифільтраційних завіс з параметрами згідно з інженерними розрахунками.

Ключові слова: калійні родовища, контрольно-стовбурова свердловина, гідроізоляція водопровідних порід, розрахунок ізоляційних завіс.

Doctor of Technical Sciences Polozov Yu. A. (DonSTU, Alchevsk, LPR, uapolozov@mail.ru), **Lazebnik A. Yu.** (Antracite Department of Mining and Transport of LNU named after V. Dahl, Antracite, LPR)

METHOD OF ISOLATION THE EMERGENCY PILOT HOLES IN THE CONSTRUCTION OF VERTICAL SHAFTS IN POTASH DEPOSITS

The article presents the scientific and technical justification of a new method for improving the reliability of isolation of problematic pilot holes, which implements the idea of additional formation around such holes in permeable rocks of anti-filtration curtains with parameters, according to engineering calculations.

Key words: potash deposits, pilot holes, waterproofing of water-conducting rocks, calculation of isolation curtains.