

УДК: 622.248.33

©А.К. Судаков, Д.Л. Колосов, Д.А. Судакова

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗОЛЯЦИИ ПОГЛОЩАЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ БУРОВЫХ СКВАЖИН

©A. Sudakov, D. Kolosov, D. Sudakova

RESULTS OF INTRODUCTION OF THERMOMECHANICAL TECHNOLOGY OF INSULATION OF ABSORBING HORIZONS OF DRILLING WELLS

Цель работы является разработка и исследование технологии изоляции зон поглощения промывочной жидкости в буровой скважине тампонажными термопластичными композиционными материалами на основе бытовых отходов, у которых в качестве вяжущего материала выступает вторичный полиэтилентерефталат.

Методика исследований. Обработка экспериментальных данных проводилась на ПЭВМ с использованием методов математической статистики. Экспериментальные исследования выполнены с использованием положений общей теории научного эксперимента и теории случайных процессов.

Результаты исследований. Обоснована область применения технологии изоляции поглощающих горизонтов тампонажными термопластичными композиционными материалами на основе полиэтилентерефталата. Разработана технологическая схема ликвидации поглощений промывочной жидкости. Обоснованы технологические режимы транспортировки тампонажного термопластичного композиционного материала (ТПКМ) по стволу скважины. Обосновано мощностное значение изоляционной завесы. В зависимости от диаметра скважины в зоне поглощения обоснованы технологические параметры и количество брикетов ТПКМ. Разработан технологический регламент изоляции поглощающих горизонтов термопластичными тампонажными композиционными материалами на основе полиэтилентерефталата, действующий как нормативный документ в производственных организациях Государственной службы геологии и недр Украины. Работоспособность и эффективность исследуемой технологии доказана производственными испытаниями.

Научная новизна. Впервые обоснована и доказана возможность применения в качестве тампонажного термопластичного композиционного материала инертных термопластичных бытовых отходов на основе вторичного полиэтилентерефталата и его термомеханического плавления в зоне осложнения буровой скважины. Впервые установлены зависимости величин режимных параметров процесса термомеханического плавления тампонажного термопластичного композиционного материала от его теплофизических свойств и технических характеристик, а также его проникающей способности от раскрытия трещин поглощающего горизонта. Установлена зависимость изменения температуры от величины режимных параметров.

Практическая значимость. На основании проведённых производственных испытаний технологии ликвидации поглощения промывочной жидкости разработан технологический регламент изоляции поглощающих горизонтов термопластичными тампонажными композиционными материалами на основе полиэтилентерефталата. Обоснованы рациональные области применения технологии изоляции поглощающих горизонтов с применением тампонажных термопластичных композиционных материалов на основе вторичного полиэтилентерефталата.

Ключевые слова: бурение скважин, поглощающий горизонт, изоляция, тампонажные материалы, термопластичные материалы.

Вступление. Процесс бурения скважин связан с геологическими осложнениями. Наиболее частыми видами осложнений, нарушающих технологию буровых работ, является поглощение буровых и тампонажных растворов.

Актуальность исследования. Ежегодные затраты на борьбу с осложнениями составляют от 8 % до 16 % календарного времени бурения и от 5% до 10% финансовых средств [1]. Это обусловлено тем, что для ликвидации поглощения промывочной жидкости применяются не эффективные тампонажные материалы, которые приготавливаются на водной основе с введением в его состав минераловязущих или синтетических веществ.

Эти материалы и технологии исчерпали свою возможность дальнейшего совершенствования, поэтому единственный путь – это разработка и применение, для формирования изоляционных завес, технологий, основанных на материалах, имеющих не водную основу и иные процессы формирования тампонажного камня. К таким технологиям можно отнести технологии создания тампонажного камня, основанного на явлении фазового перехода.

В Национальном горном университете, на протяжении ряда лет ведутся работы по разработке нетрадиционных технологий ликвидации поглощений промывочной жидкости. Ранее были выполнены работы результаты которых приведены в [2]. На современном этапе эти работы получили дальнейшее развитие, в результате которого разработаны: концепция численного моделирования [3, 4] и модель процесса тампонирующего поглощающего горизонта термопластичными материалами [5]; криогенная технология изоляции поглощающих горизонтов с применением традиционных тампонажных материалов [6]; разработана математическая модель [7] и произведено численное моделирование криогенной технологии изоляции поглощающего горизонта [8].

Идея работы, заключается в применении инертных, термопластичных бытовых отходов, неразубоживаемыми пластовыми водами с низкой температурой плавления, расплав которых, проникая в каналы поглощения промывочной жидкости, затвердевает там, образуя малообъемную, надежную, непроницаемую изоляционную оболочку вокруг ствола буровой скважины.

Целью работы является разработка и исследование технологий изготовления и изоляции зон поглощения промывочной жидкости в буровой скважине тампонажными термопластичными композиционными материалами на основе бытовых отходов, у которых в качестве вяжущего материала выступает вторичный полиэтиленерефталат.

Изложение основного материала. В ходе работы, которая выполнялась в Днепропетровской политехнике, была разработана и обоснована рецептура тампонажного термопластичного композиционного материала (ТПКМ), основным компонентом которой является вторичный ПЭТ. Лабораторными исследованиями физико-механических свойств подтверждена принципиальная возможность его применения в качестве ТПКМ для изоляции поглощающих горизонтов буровых скважин [9].

Разработана технологическая схема ликвидации поглощений промывочной жидкости [10], основой которой являются бытовые обходы, доставленные в зону осложнения в твердом виде и плавящиеся под действием положительных

температур трения, создаваемых термомеханическим породоразрушающим инструментом с одновременным задавливанием расплава композита в поглощающий горизонт, с остыванием и формированием непроницаемой, малообъемной изоляционной оболочки, с последующим продолжением процесса бурения тем же инструментом.

При реализации данной технологии, необходимо выполнить технологические операции в следующей последовательности (рис. 1): определить характеристики поглощающего горизонта; доставить на буровую соответствующего диаметра и длины ТПКМ; транспортировать ТПКМ к поглощающему горизонту; доставить в зону осложнения термомеханический инструмент; осуществить плавление ТПКМ с одновременным задавливанием расплава в каналы поглощения промывочной жидкости.

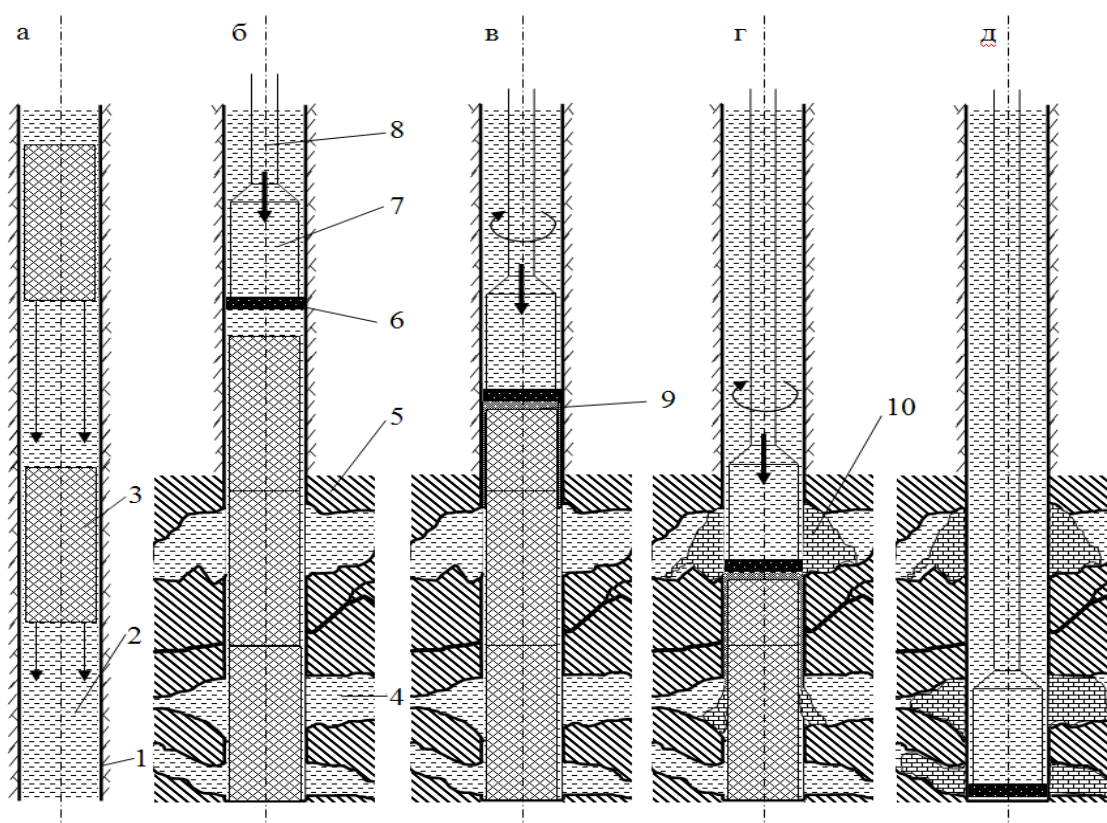


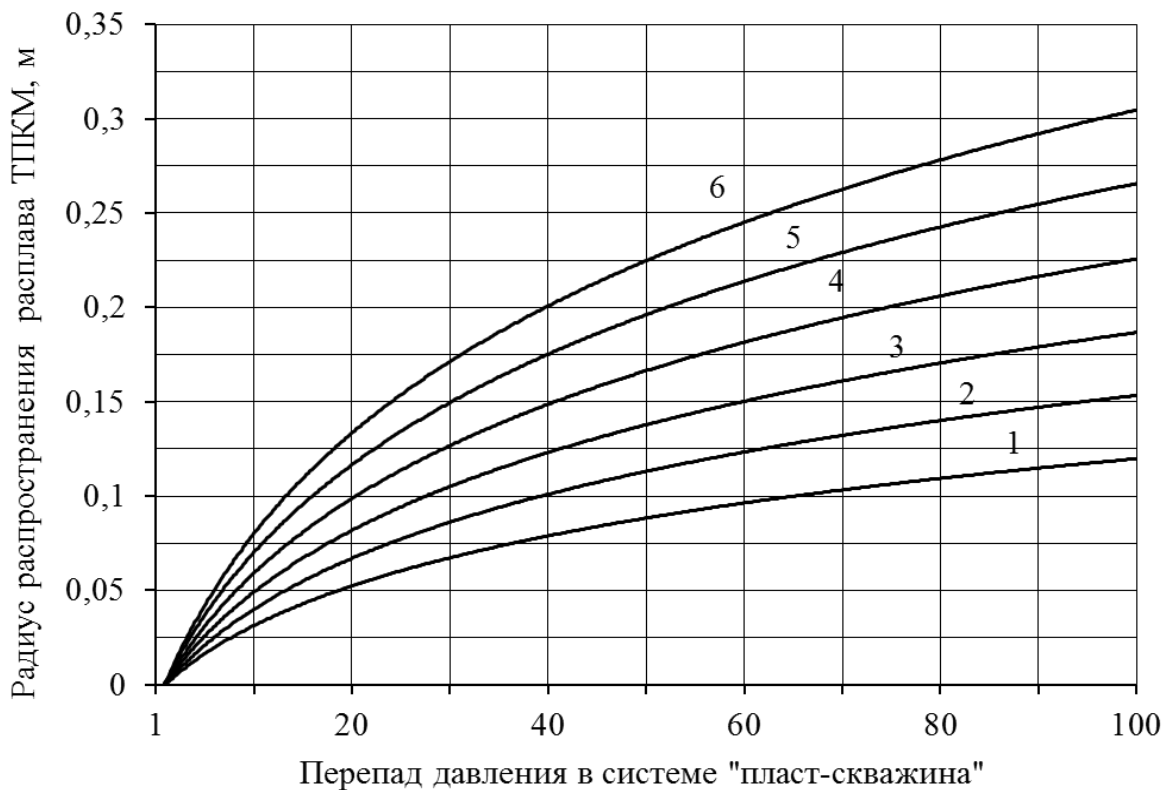
Рис. 1. Термомеханический способ тампонирования скважин:

- а – транспортировка термопластичного материала по стволу скважины;
- б – транспортировка инструмента по стволу скважины; в – начало ликвидации осложнения; г – плавление термопластичного материала с задавливанием расплава в каналы поглощения промывочной жидкости; д – окончание операции – дохождение до забоя. 1 - стенки скважины; 2 - скважинная жидкость
- 3 - ТПКМ; 4 - каналы поглощения промывочной жидкости; 5 - трещиноватый горизонт; 6 - термомеханический инструмент; 7 – колонковая труба; 8 - колонна бурильных труб; 9 - расплав ТПКМ; 10 - тампонажный камень.

После завершения работ по изоляции поглощающего горизонта вокруг скважины в зоне осложнения должна образоваться непроницаемая оболочка.

При ликвидации поглощения промывочной жидкости в скважинах диаметром 59 мм, создаваемая изоляционная оболочка с применением термомеханической технологии позволяет противостоять перепаду давления в системе «пласт-скважина» величиною более 100 МПа. А если учитывать, что максимальный перепад давления в скважине, который возникает при СПО, составляет 36 МПа, то запас прочности изоляционной завесы превысит в 2,8 раз необходимые размеры.

Для создания надежного водоизоляционного экрана в разведочной скважине, противостоящего знакопеременным перепадам давления, необходимо создать изоляционную оболочку с минимально допустимым радиусом равным 0,03 м (рис. 2). При этом, радиус распространения тампонажного материала зависит от диаметра скважин и перепада давления. Исходя из результатов стендовых исследований, радиальный размер изоляционной оболочки можно определить по эмпирической зависимости, приведенных на рис. 3 пунктирной линией, полученной на основании математической обработки результатов стендовых исследований процесса изоляции поглощающего горизонта с применением ТПКМ на основе ПЭТа.



1 - 59 мм; 2 - 76 мм; 3 - 93 мм; 4 - 112 мм; 5 - 132 мм; 6 - 151 мм

Рис. 2. Зависимость радиуса распространения расплава ТПКМ от перепада давления в системе «пласт-скважина»

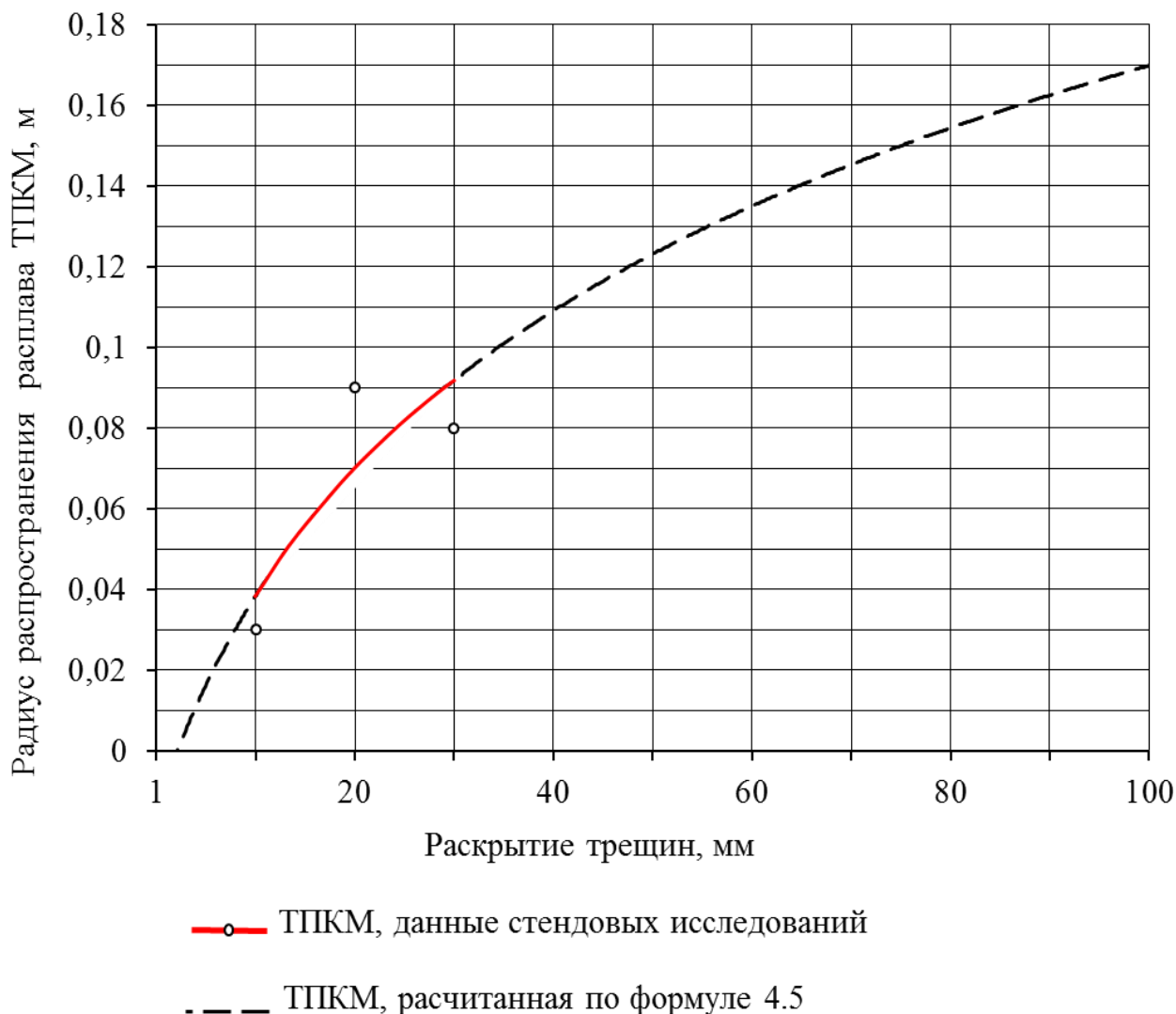


Рис. 3. Зависимость радиуса распространения расплава ТПКМ от раскрытия трещин, для скважины диаметром 59 мм

В каждом конкретном случае необходим индивидуальный подход к определению радиальных размеров изоляционной оболочки, основой которого, является сбор и обработка геологической информации о характере трещиноватости, пластовом давлении, месте расположения и интенсивности поглощающего горизонта.

Минимально необходимый объем ТПКМ $V_{н.з}$ определялся исходя из условия

$$V_{н.з} = \pi(R^2 - R_1^2)MmK_k \quad (1)$$

где M - мощность поглощающего горизонта, м; K_k - коэффициент, учитывающий наличие каверн в скважине, ($K_k=1,2-1,3$).

Результаты расчета для толщины изоляционной оболочки 50 мм, различных диаметров разведочных скважин, с учетом возможной скважности на 1 метр поглощающего горизонта приведен в табл. 1.

Таблица 1

Расчетное значение объема ($V_{пр}$, м³) ТПКМ приходящегося на 1 метр поглощающего горизонта

m, %	Диаметр скважины, мм					
	59	76	93	112	132	151
1	0,00032	0,00038	0,00044	0,00052	0,00059	0,00066
5	0,0016	0,00190	0,00222	0,00258	0,00296	0,00332
10	0,0032	0,00381	0,00445	0,00516	0,00592	0,00663
20	0,0064	0,00761	0,00889	0,01032	0,01183	0,01326
30	0,0095	0,01142	0,01334	0,01549	0,01775	0,01990
40	0,0130	0,01522	0,01778	0,02065	0,02366	0,02653
50	0,0160	0,01903	0,02223	0,02581	0,02958	0,03316

Расчетное значение массы и соответствующее ее количество цилиндрических брикетов ТПКМ приходящихся на 1 метр поглощающего горизонта приведено в табл. 2.

Таблица 2

Расчетное значение массы/количества брикетов ТПКМ приходящегося на 1 метр поглощающего горизонта

m, %	Диаметр скважины, мм					
	59	76	93	112	132	151
1	0,51/1	0,62/1	0,72/1	0,84/1	0,96/1	1,07/1
5	2,57/1	3,08/1	3,60/1	4,18/1	4,79/1	5,37/1
10	5,13/2	6,17/2	7,20/1	8,36/1	9,58/1	10,74/1
20	10,30/4	12,33/3	14,41/2	16,73/2	19,17/2	21,49/1
30	15,40/5	18,50/4	21,61/3	25,09/3	28,75/2	32,23/2
40	20,53/7	24,66/5	28,81/4	33,45/3	38,33/3	42,97/2
50	25,70/8	30,83/6	36,01/5	41,81/5	47,92/3	53,72/3

В ходе исследования обоснована область применения разработанной технологии. Согласно которой технология предназначена для ликвидации поглощений в буровых скважинах различного целевого назначения, стенки которых представлены устойчивыми кристаллическими горными породами, в которых наблюдается полное, интенсивное или катастрофическое поглощение промышленной жидкости, глубина залегания которых не превышает 8000 м.

Обоснованы технологические режимы транспортировки ТПКМ по стволу скважины. Показано, что при увеличении глубины скважины и соответственно температуры в скважине, происходит увеличение скорости транспортировки брикетов ТПКМ по стволу скважины. А время транспортировки брикетов ТПКМ по стволу скважины на глубину 1000 м составит 0,5-0,7 часа, соответ-

ственно, на глубину 8000 м 2 часа при условии, что диаметр брикетов составит 100 мм и более.

Разработан технологический регламент изоляции поглощающих горизонтов термопластичными тампонажными композиционными материалами на основе полиэтилентерефталата, действующий как нормативный документ в производственных организациях Государственной службы геологии и недр Украины.

Производственные испытания технологии ликвидации поглощения промывочной жидкости, в непродуктивных горизонтах эксплуатационных гидрогеологических скважин, тампонажными термопластичными композиционными материалами проведены в период с 10 марта по 22 марта 2018 года, при участии персонала и стандартного бурового оборудования коммерческого предприятия ООО Промышленно-геологической группы «Днепрогидрострой», в населенных пунктах Гавриловка и Романки Покровского района, Днепропетровской области.

Целью производственных испытаний является определение работоспособности технологии ликвидации поглощения промывочной жидкости тампонажными термопластичными композиционными материалами в производственных условиях и экономической эффективности выполнения работ по предлагаемой технологии.

При проведении испытаний решались следующие задачи:

- определение затрат на изготовление ТПКМ;
- определение затрат на ликвидацию поглощения промывочной жидкости с применением ТПКМ;
- определение экономической эффективности ликвидации поглощения промывочной жидкости с применением ТПКМ.

Таблица 3

Материальные затраты на изоляцию поглощающих горизонтов в условиях

Затраты времени	Участок	
	с. Гавриловка	с. Романки
Количество тампонажной смеси, т	0,6	0,26
Количество вторичного ПЭТ, т	0,3	0,13
Количество гравия, т	0,3	0,13
Стоимость вторичного ПЭТ, $C_{\text{пэт}}$, тыс. грн	0,9	0,39
Стоимость гравия, $C_{\text{г}}$, тыс. грн	0,3	0,156
Затраты времени на изоляцию, час	15,0	6,8
Стоимость ст.см., тыс. грн.	10,0	10,0
Стоимость время изоляции, $C_{\text{из}}^1$, тыс. грн.	20,0	10,0
Израсходованное количество ГСМ, л	100,0	50,0
Стоимость ГСМ, $C_{\text{гсм}}$, тыс. грн	3,0	1,5
Суммарные затраты, $C_{\text{п}}$, тыс. грн	24,2	12,05

В качестве тампонажного материала применяется тампонажный термопластичный композиционный материал на основе полиэтилентерефталата. Соотношение вяжущего к наполнителю 1:1. ТПКМ имеет плотность – 1620 кг/м³. В виду схожих технических условий бурения скважин на участках проведения промышленных исследований принято, что брикет должен иметь наружный диаметр равный 260 мм. Исходя из правил техники безопасности, соответственно, масса брикета составила 43 кг и длина брикета – 0,5 м.

Материальные затраты на изоляцию поглощающих горизонтов в условиях с. Гавриловка и с. Романки, приведены в табл. 3.

Таким образом, общий экономический эффект от внедрения нового способа тампонирувания поглощающих горизонтов тампонажными термопластичными композиционными материалами с применением термомеханической технологии его плавления, составляет 19,780 мил. грн. в год при объеме проведения тампонажных работ 100 скважин.

Выводы. В результате опытно-промышленного внедрения технологии ликвидации поглощения промывочной жидкости с применением ТПКМ установлено, что:

1. Разработанная технология изготовления тампонажного термопластичного композиционного материала позволяет ее применять в условиях буровой;

2. Технология ликвидации поглощения промывочной жидкости тампонажными термопластичными композиционными материалами с применением стандартного оборудования и инструмента не усложняет процесс изоляции поглощающего горизонта от ствола скважины, а упрощает его.

3. Технология изготовления тампонажного термопластичного композиционного материала позволяет уменьшить расход тампонажных материалов по сравнению с применением традиционных смесей на цементной основе в десятки раз.

4. Испытанная термомеханическая технология ликвидации поглощения промывочной жидкости тампонажными термопластичными композиционными материалами позволяет сократить непроизводительные затраты времени на участке с. Гавриловка минимум 9,2 раза или на 20 ст.см., с. Романки в 18,4 раза или на 21 ст.см.

5. Опробованная технология позволяет качественно, с наименьшими затратами времени и средств изолировать поглощающий горизонт от скважинной жидкости.

6. Разработанные технологии изготовления тампонажного термопластичного композиционного материала технологии ликвидации поглощения промывочной жидкости тампонажными термопластичными композиционными материалами, могут применяться в производстве при ликвидации осложнений, вызванных поглощением промывочной жидкости в буровых скважинах.

Перечень ссылок

1. Фокин В.В. (2009). *Совершенствование методов борьбы с поглощениями в интрузиях доделритов глубоких разведочных скважин Сибирской платформы*: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.15. Москва.
2. Бражненко А.М., Гошовский С.В., & Кожевников А.А. (2007). *Тампонаж горных пород при бурении геологоразведочных скважин легкоплавкими материалами*. К.: УкрГГРИ.
3. Kuzin J. (2017). "Isolation technology for swallowing zones by thermoplastic materials on the basis of polyethyleneterephthalate", J. Kuzin, M. Isakova, D. Sudakova, O. Mostinets, Scientific bulletin of National Mining University, No. 1. pp. 34-39.
4. Sudakov A.K. (2016). "Concept of numerical experiment of isolation of absorptive horizons by thermoplastic materials", A.K. Sudakov, O.Ye. Khomenko, M. L. Isakova, D. Sudakova, Scientific Bulletin of NMU, No. 5(155), pp. 12-16.
5. Судаков А.К., Дреус А.Ю., Хоменко О.Е., & Судакова Д.А. (2017). Теоретические основы технологии изоляции поглощающих горизонтов термопластичными материалами. *Киев: ИСМ им. Бакуля НАН Украины*, 52-58.
6. Судаков А.К., Кузин Ю.Л., & Судакова Д.А. (2016). Криогенная технология изоляции поглощающих горизонтов. *ДонНТУ*, 3-6.
7. Sudakov A.K. (2017). "Analytic study of heat transfer in absorbing horizon of boreholes in the formation of protection cryogenic plugging material", A.K. Sudakov, A.Yu. Dreus, O.Ye. Khomenko and other, "Scientific Bulletin of NMU", No. 3(159), pp. 32-46.
8. Судаков А.К., Дреус А.Ю., Хоменко О.Е., & Судакова Д.А. (2017). Аналитическое исследование инновационной криогенной технологии ликвидации поглощения в буровой скважине. – *Киев: ИСМ им. Бакуля НАН Украины*, 44-51.
9. Судакова Д.А. (2017). Механические свойства тампонажного термопластичного материала на основе полиэтилентерефталата. – *Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ»*, 107-116.
10. Судаков А.К., Дреус А.Ю., Хоменко О.Е., & Судакова Д.А. (2017). Теоретические основы технологии изоляции поглощающих горизонтов термопластичными материалами. – *Киев: ИСМ им. Бакуля НАН Украины*, 52–58.

АНОТАЦІЯ

Метою роботи є розробка і дослідження технології ізоляції зон поглинання промивної рідини в буровій свердловині тампонажними термопластичними композиційними матеріалами на основі побутових відходів, у яких в якості в'язучого матеріалу виступає вторинний поліетилентерефталат.

Методика досліджень. Обробка експериментальних даних проводилася на ПЕВМ з використанням методів математичної статистики. Експериментальні дослідження виконані з використанням положень загальної теорії наукового експерименту і теорії випадкових процесів.

Результати досліджень. Обґрунтовано область застосування технології ізоляції поглинаючих горизонтів тампонажними термопластичними композиційними матеріалами на основі поліетилентерефталату. Розроблено технологічну схему ліквідації поглинань промивної рідини. Обґрунтовано технологічні режими транспортування тампонажного термопластичного композиційного матеріалу (ТПКМ) по стовбуру свердловини. Обґрунтовано потужність ізоляційної завіси. Залежно від діаметра свердловини в зоні поглинання обґрунтовано технологічні параметри і кількість брикетів ТПКМ. Розроблено технологічний регламент ізоляції поглинаючих горизонтів термопластичними тампонажними композиційними матеріалами на основі поліетилентерефталату, що діє як нормативний документ в виробничих організаціях Державної служби геології та надр України. Працездатність та ефективність досліджуваної технології доведена виробничими випробуваннями.

Наукова новизна. Вперше обґрунтована і доведена можливість застосування в якості тампонажного термопластичного композиційного матеріалу інертних термопластичних побутових відходів на основі вторинного поліетилентерефталату і його термомеханічного плавлення в зоні ускладнення бурової свердловини. Вперше встановлені залежності величин режимних параметрів процесу термомеханічного плавлення тампонажного термопластичного композиційного матеріалу від його теплофізичних властивостей і технічних характеристик, а також його проникаючої здатності від розкриття тріщин поглинаючого горизонту. Встановлено залежність зміни температури від величини режимних параметрів.

Практична значимість. На підставі проведених виробничих випробувань технології ліквідації поглинання промивної рідини розроблен технологічний регламент ізоляції поглинаючих горизонтів термопластичними тампонажними композиційними матеріалами на основі поліетилентерефталату. Обґрунтовано раціональні області застосування технології ізоляції поглинаючих горизонтів із застосуванням тампонажних термопластичних композиційних матеріалів на основі вторинного поліетилентерефталату.

Ключові слова: буріння свердловин, поглинаючий горизонт, ізоляція, тампонажні матеріали, термопластичні матеріали.

ABSTRACT

The purpose of the work is to develop and investigate the technology of isolating the absorption zone of the washing liquid in the borehole with plugging thermoplastic composites based on household waste, in which secondary polyethylene terephthalate acts as a binder.

Methods of research. The processing of experimental data was carried out on a PC using mathematical statistics. Experimental studies were performed using the provisions of the general theory of scientific experiment and the theory of random processes.

Findings. The field of application of the technology of insulation of absorbing horizons with plugging thermoplastic composites based on polyethylene terephthalate is substantiated. A technological scheme for eliminating the absorption of washing liquid has been developed. Grounded technological modes of transportation plugging thermoplastic composite material (TPCM) along the wellbore. The power of the insulating curtain is justified. Depending on the diameter of the well in the absorption zone, technological parameters and the number of briquettes of TPCM are justified. The technological regulation of isolation of absorbing horizons was developed with plugging thermoplastic composite materials based on polyethylene terephthalate, which is acting as a normative document in production organizations of the State Service of Geology and Subsoil of Ukraine. The efficiency and effectiveness of the technology under investigation is proved by production tests.

Originality. For the first time the possibility of using inert thermoplastic household waste as a plugging thermoplastic composite waste material on the basis of secondary polyethylene terephthalate and its thermomechanical melting in the zone of complication of a borehole has been substantiated and proved. For the first time, the dependencies of the value of the regime parameters of the thermomechanical melting process of a plugging thermoplastic composite material on its thermophysical properties and technical characteristics, as well as its penetrating ability from crack opening of the absorbing horizon, are established. The dependence of the change in temperature on the value of the regime parameters is established.

Practical implications. On the basis of the conducted production tests of the technology of elimination of the absorption of washing liquid was developed the technological regulation of isolation of absorbing horizons by thermoplastic backfilling composite materials based on polyethylene ter-

ephthalate. Rational areas of application of technology of isolation of absorbing horizons with application of plugging thermoplastic composites based on secondary polyethylene terephthalate.

Keywords: *well drilling, absorbing horizon, insulation, plugging materials, thermoplastic materials.*

УДК 622.278.273.2

© В.С. Фальштинський, Р.О. Дичковський, М.М. Кононенко,
К.О. Юрченко, Edgar Cáceres Cabana

ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ І ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ У ГІРНИЧОМУ ЕНЕРГО-ХІМІЧНОМУ КОМПЛЕКСІ (ГЕХК)

© V. Falshtynskyi, R. Dychkovskyi, M. Kononenko,
K. Yurchenko, Edgar Cáceres Cabana

USAGE OF SECONDARY AND RENEWABLE RESOURCES IN A MINING ENERGY-CHEMICAL COMPLEX (MECC)

Мета. На основі проведеного аналізу встановлено напрями використання вторинних та відновлювальних ресурсів шляхом їх переробки у замкнутому енергохімічному комплексі та залучення комплексних когенераційних систем з різних джерел.

Методика дослідження полягає в аналізі, систематизації наявного досвіду використання відомих геоенергетичних систем, виборі підходів щодо їх удосконалення та встановлено перспективи та можливості їх сполученні у єдину системи для використання відходів і відновлювальних ресурсів при поєднанні традиційних та нетрадиційних технологій разом із техніко-економічним обґрунтуванням запропонованих рішень.

Результати дослідження. Розглянуто сучасний стан та перспективи використання вторинних та відновлювальних ресурсів у єдиному замкнутому комплексі гірничого підприємства. Запропоновано тенденції формування енергогенерації та енерговикористання на основі альтернативних радикальних технологій. Авторами запропоновано напрямки зміни вуглевидобування та вуглевикористання при експлуатації цієї сировини із покинутих та забалансових пластів. Розглянуто можливості застосування систем когенерації від різних енергетичних джерел. Основним напрямом енергетичного удосконалення має стати формування єдиного енергохімічного комплексу для підвищення економічної доцільності запропонованих заходів. Це відбувається із урахуванням економічного удосконалення та екологічної компоненти, щоби забезпечити мінімальний негативний вплив на підземне гірське середовище та поверхню.

Наукова новизна. Відображено системні зв'язки між окремими джерелами енергогенерації для вибору доцільних систем енергозабезпечення різних територій, у тому числі із залученням вторинних і відновлювальних ресурсів залежно від кліматичних умов та географічного положення та сформовано порівняльні техніко-економічні показники роботи запропонованої системи.