

УДК 622.248.33

Д.А.СУДАКОВА(аспірант)

ГВУЗ «Национальный горный университет», Украина, г. Днепр

НЕТРАДИЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БОРЬБЫ С ПОГЛОЩЕНИЕМ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ В СКВАЖИНАХ

Разработан и обоснован способ изоляции поглощающих горизонтов термопластичными материалами, для реализации которого необходимо выполнить следующие технологические операции: доставку термопластичных материалов на забой скважины, плавление термопластичных материалов и задавливание термопластичных материалов в каналы поглощения. Для различных геолого-технических условий бурения предложены технологические схемы изоляции поглощающих горизонтов термопластичных материалов. В качестве тампонажного материала для изоляции поглощающих горизонтов буровых скважин предложено использование бытовых отходов на основе полиэтилентерефталата.

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

Постановка проблемы. Анализ проведенных исследований показывает, что в настоящее время существует большое многообразие технологий и материалов для ликвидации поглощения промывочной жидкости [1]. В большинстве случаев ликвидации поглощений обеспечивается тампонируванием каналов ухода промывочной жидкости твердеющими или нетвердеющими тампонажными смесями, путем создания водонепроницаемого экрана в породе вокруг скважины.

Как правило, для ликвидации поглощения промывочной жидкости применяются недостаточно эффективные тампонажные материалы, которые приготавливаются на водной основе с введением в его состав минераловязущих или синтетических веществ. Основными недостатками этих материалов является то, что они обладают большой чувствительностью к разбавлению водой - растворы легко перемешиваются с промывочной жидкостью и пластовыми водами, особенно при наличии межпластового перетока. Происходит разубоживание, седиментация тампонажных растворов, ведущая к повышению времени схватывания, растечению на значительные расстояния от скважины и, как следствие, ведет к перерасходу тампонажных материалов, повторению операций по тампонируванию.

В связи с этим, определенный интерес представляют тампонажные смеси на основе термопластичных материалов (ТПМ) с низкой температурой плавления, расплав которых может легко проникать в каналы поглощения промывочной жидкости и затвердевать там.

В качестве тампонажных термопластичных материалов, до настоящего времени, использовались различные полимеры и мономеры относящиеся к группе термопластов. Термопласты характеризуются тем, что могут расплавляться при нагревании и вновь затвердевать при охлаждении. Этот процесс может повторяться многократно, если нагрев не превышает того предела, при котором полимер разлагается.

До настоящего времени, в промышленных масштабах, в качестве ТПМ применялись только нефтяные битумы. К основным недостаткам битума, как тампонажного материала, относится его способность релаксировать во времени: при перепаде давления 0,3 - 0,5 МПа он способен течь даже при температуре +15 °С. Расплав битума имеет плотность близкую к плотности воды и в среде промывочной жидкости способен расслаиваться и всплывать. Битум плохо разбуривается и способен загрязнять буровой инструмент. Известны данные о его канцерогенности и вредном влиянии на окружающую среду. Из-за этих и других недостатков, битумы не нашли широкого применения в качестве тампонажного материала.

С целью устранения недостатков присущих смесям на битумной основе, параллельно в Национальном горном университете - под руководством А.М. Бражененко [2] и в Санкт-Петербургском государственном горном институте - В.С. Литвиненко [3], выполнены работы по разработке принципиально новых нетрадиционных технологий тампонирувания поглощающих горизонтов.

Отличительной особенностью предложенных технологии является то, что ТПМ с низкой температурой плавления доставляется в зону осложнения в твердом гранулированном виде,

где нагревается до жидкого состояния забойным тепловым источником, с последующим ее задавливанием в поровое пространство поглощающего или неустойчивого горизонта.

В первом случае [2], в качестве ТПМ предложено применение серы. Твердая сера химически инертна, на нее разрушающе не действуют агрессивные воды. Сера легко разбуривается и не налипает на технологический инструмент. Срок хранения гранулированной серы не оказывает влияния на ее физико-механические свойства. Стоимость серы сопоставима со стоимостью цемента и намного меньше стоимости синтетических смол. Благодаря низкой вязкости расплава как чистой серы, так и серы с добавками пластификаторов она может легко проникать в горные породы с незначительным раскрытием трещин. Хрупкость серы может быть устранена за счет добавки пластификаторов. Прочность тампонажного камня, полученного при остывании расплава серы, сопоставима с прочностью цементного камня, причем в ранней стадии твердения прочность серы на порядок выше прочности на одноосное сжатие цементного камня. Температура плавления тампонажного термопластичного материала можно регулировать введенным пластификатором.

Во втором [3] – органические вяжущие на основе синтетических термопластов, которые позволяют получить прочное и недорогое беструбное крепление. Полиэтилен и полипропилен не имеют экологических противопоказаний при креплении и проведении изоляционных работ в скважине. Гранулированные композиционные составы с органической матрицей и минеральными наполнителями соответствуют условиям экологически чистого беструбного крепления и изоляции осложненных интервалов скважин.

Недостатками технологий является: отсутствие надежных скважинных средств нагрева исходного материала и задавливания (транспортирования) в поглощающий горизонт расплава ТПМ; значительные временные затраты при плавлении ТПМ в скважинных условиях, обусловленное большими тепловыми потерями; предложенные тампонажные материалы многокомпонентны, что влечет за собой предварительную подготовку смесей и, как следствие их, удорожание.

Тампонажные материалы, применяемые для изоляции поглощающих горизонтов, при твердении не должны давать усадки с образованием трещин, не растекаться в трещинах, должны обладать хорошей сцепляемостью с горными породами, быть устойчивыми к воздействию вод и перепадов давлений. Кроме того эти материалы должны быть однокомпонентными, технологичными при доставке в зону тампонирувания, легко разбуриваться и смываться с бурового инструмента и обладать плотностью выше плотности очистного агента.

Целью настоящей работы является повышение эффективности изоляционных работ за счёт применения термопластичных смесей на основе полиэтилентерефталата.

С целью устранения недостатков, присущих технологиям применения ТПМ, предлагается новая технология изоляции поглощающих горизонтов ТПМ, основанная на применении полиэтилентерефталата. Отличительной особенностью технологии является то, что ТПМ доставленный в зону осложнения в виде цилиндрически-полого цилиндра, расплавляется под действием положительных температур забойного теплового источника контактного типа с последующим задавливанием полимера в поглощающий горизонт и остыванием с формированием непроницаемой, малообъемной изоляционной оболочки.

Для реализации предлагаемой технологии [4], необходимо выполнить следующие технологические операции, поэтапно выполнить: транспортировку ТПМ к поглощающему горизонту по стволу скважины, плавление ТПМ и задавливание ТПМ в каналы поглощения.

Областью применения разрабатываемой технологии является изоляция поглощающих горизонтов в буровых скважинах различного целевого назначения, представленные устойчивыми, кристаллическими горными породами с полным, интенсивным или катастрофическим поглощением промывочной жидкости.

Для реализации предложенной технологии в качестве тампонажного термопластичного материала предлагается использовать полиэтилентерефталат (ПЭТ) [5].

ПЭТ является одним из самых распространенных полимеров. Из ПЭТ в мире выпускается около 65 млн. тонн различной продукции (волокна, нити, пленки, бутылки и т.д.). Одной из немаловажных причин, обуславливающих столь бурное развитие производств ПЭТ, является то, что из всех видов синтетических полимеров его производство является самым экологически чистым, так как единственным побочным продуктом процесса его получения является реакци-

онная вода. Основные стадии процесса его изготовления осуществляются в вакууме, в связи с чем эмиссии в окружающую среду практически отсутствуют.

Отходы ПЭТ относятся к 5 классу (самые безопасные) и при их сжигании не выделяется диоксины, поскольку в ПЭТ не содержится хлор. Токсичность ПЭТ при сжигании идентична сжиганию дров.

В связи с вводимым в Украине отдельным сбором твердых бытовых отходов должны резко вырасти объемы использования вторичного ПЭТ, из которого уже в настоящее время в Украине выпускается около 50 тыс.т./год различных видов текстильных изделий.

Полиэтилентерефталат - синтетический линейный термопластичный полимер, принадлежащий к классу полиэфиров. Продукт поликонденсации терефталевой кислоты и моноэтиленгликоля. Полиэтилентерефталат обладает способностью существовать в аморфном или кристаллическом состояниях, причем степень кристалличности определяется термической историей материала.

При быстром охлаждении полиэтилентерефталат аморфен. Аморфный полиэтилентерефталат - твердый прозрачный материал. Товарный полиэтилентерефталат выпускается обычно в виде гранулята с размером гранул 2-4 миллиметра.

Полиэтилентерефталат обладает высокой механической прочностью (табл. 2) и ударостойкостью, устойчивостью к истиранию и многократным деформациям при растяжении и изгибе и сохраняет свои высокие ударостойкие и прочностные характеристики в рабочем диапазоне температур от -40°C до $+60^{\circ}\text{C}$, ПЭТ отличается низким коэффициентом трения и низкой гигроскопичностью. Общий диапазон рабочих температур изделий из полиэтилентерефталата от -60°C до $+170^{\circ}\text{C}$.

ПЭТ - хороший диэлектрик, электрические свойства полиэтилентерефталата при температурах до $+180^{\circ}\text{C}$ даже в присутствии влаги изменяются незначительно. По сопротивляемости агрессивным средам ПЭТ обладает высокой химической стойкостью к кислотам, щелочам, солям, спиртам, парафинам, минеральным маслам, бензину, жирам, эфиру. Имеет повышенную устойчивость к действию водяного пара. В то же время ПЭТ растворим в ацетоне, бензоле, толуоле, этилацетате, четыреххлористом углероде, хлороформе, метилхлориде и метилэтилкетоне.

Полиэтилентерефталат характеризуется отличной пластичностью в холодном и нагретом состоянии.

Термодеструкция полиэтилентерефталата происходит в температурном диапазоне $+290^{\circ}\text{C} \dots +310^{\circ}\text{C}$. Деструкция происходит статистически вдоль полимерной цепи. Основными летучими продуктами являются терефталевая кислота, уксусный альдегид и монооксид углерода. При $+900^{\circ}\text{C}$ генерируется большое число разнообразных углеводородов. В основном летучие продукты состоят из диоксида углерода, монооксида углерода и метана.

Для повышения термо-, свето-, огнестойкости, фрикционных и других свойств в полиэтилентерефталат вводят различные добавки. Используют также методы химического модифицирования различными дикарбоновыми кислотами и гликолями, которые вводят при синтезе ПЭТ в реакционную смесь.

Тампонажные материалы должны соответствовать определенным требованиям технического и технологического характера. Их соблюдение во многом обуславливает технико-экономическую эффективность проведения работ. Сопоставление соответствия известных тампонажных материалов и ПЭТ этим требованиям (табл. 1) позволяет сделать вывод о том, что ПЭТ вполне может быть рекомендовано к применению для изоляции поглощающих горизонтов.

Анализ всех технологических операций и способов их осуществления показывает, что выбор необходимой технологической схемы может быть произведен, исходя из способа доставки ТПМ в зону осложнения [5].

При доставке ТПМ по стволу скважины возможны три схемы выполнения технологических операций. В схемах, приведенных на рис. 3 и рис. 4 предусмотрено плавление ТПМ за счет тепла промывочной жидкости, а на рис. 5 - контактным методом.

Таблица 1. Соответствие тампонажных материалов требованиям технического и технологического характера

Требование	Тампонажный материал			
	Цемент	Битум	Сера	ПЭТ
К раствору (расплаву)				
Хорошая текучесть	+	+	+	+
Способность проникать в трещины	+	+	+	+
Седиментационная устойчивость	-	-	+	+
Инертность к окружающей среде	-	+	+	+
Возможность регулирования реологических свойств	+	+	+	+
К тампонажному камню				
Хорошая сцепляемость с горными породами	-	-	-	-
Устойчивость к размывающему действию пластовых вод	+	+	+	+
Легкая разбуриваемость	+	-	+	+
Способность к релаксации	+	-	+	+
Водонепроницаемость	+	+	+	+
Высокие физико-механические свойства	+	-	-	+
Низкий коэффициент трения	-	-	-	+
К исходному сырью				
Быть недефицитным	+	+	+	+
Стоимость за тонну, грн	1500	8000	2900	2000
Не ухудшать своих свойств при хранении	-	-	+	+
Не оказывать вредного воздействия на окружающую среду	+	+	+	+

Первая схема (рис. 1) предусматривает выполнение в определенной последовательности шести операций. Здесь между нагревом промывочной жидкости и плавлением ТПМ необходимо выполнить операции по подъему нагревателя и доставке ТПМ, что приведет к потерям тепла и времени. Поэтому, при определении температуры нагрева промывочной жидкости необходимо вводить поправочный коэффициент на эти потери. Во второй технологической схеме допускается доставка ТПМ до подъема нагревателя на поверхность, т. е. операции доставки и прогрева могут быть совмещены во времени.

В этом случае обеспечиваются более благоприятные условия для плавления ТПМ. Осуществление второй технологии возможно при достаточном зазоре между стенками скважины и стенками корпуса нагревателя, а сам корпус должен быть выполнен из материалов стойких к агрессивной среде. При применении третьей технологии в случае отсутствия столба жидкости в скважине применяются электронагреватели контактного типа.

Вторая схема. При доставке по колонне труб (рис. 2) так же, как и в предыдущем случае, возможны три варианта выполнения операций. Для реализации первых двух технологий необходимы нагреватели малого диаметра, чтобы их можно было транспортировать по колонне бурильных труб. В первой технологии нагреватель после прогрева промывочной жидкости извлекают из скважины, после чего засыпают через колонну бурильных труб гранулы ТПМ. Такая последовательность выполнения операций приводит к определенным потерям тепла промывочной жидкости на забое скважины. Во второй технологии эти потери можно исключить, однако, из-за остатков расплава ТПМ на корпусе нагревателя осложняется операция по его подъему внутри колонны труб. Третья технология требует меньшего числа операций и можно применять нагреватель большого диаметра, так как он опускается в скважину после подъема колонны бурильных труб. По этой технологии плавление ТПМ необходимо выполнять контактным методом.



Рис. 1. Технология изоляции поглощающих горизонтов при доставке ТПМ по стволу скважины

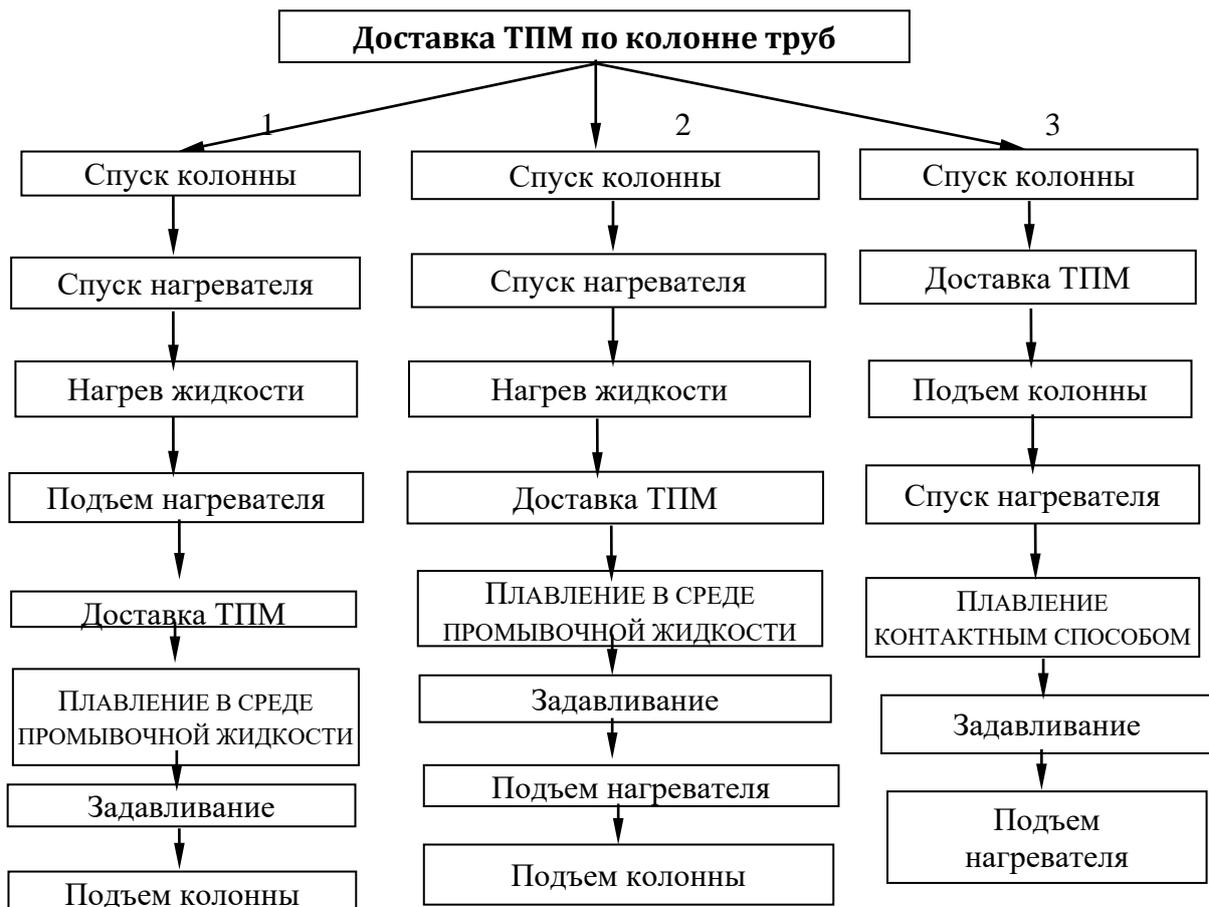


Рис. 2. Технология изоляции поглощающих горизонтов при доставке ТПМ по колонне труб

Третья схема. При доставке ТПМ в контейнере (рис. 3) возможны две технологии выполнения операций. По первой технологии в скважину опускается контейнер, который при достижении забоя освобождается от ТПМ. После извлечения контейнера из скважины в нее опускают нагреватель и ТПМ плавят контактным методом. Для выполнения технологических операций по второй технологической схеме требуется специальный снаряд, опускаемый в скважину на кабеле, который совмещает в себе нагреватель, контейнер и клапан для выпуска расплава на забой скважины.

На основании рассмотренных технологических схем проведения тампонажных работ можно рекомендовать к применению в производственных условиях, после проведения аналитических и экспериментальных исследований, в зависимости от геолого-технических условий бурения технологические схемы рассмотренные на рис. 1.1, 2.3, 3.3. При этом должны быть выдержаны общие требования, предъявляемые к технологии тампонирувания поглощающих горизонтов с применением ТПМ.

Ввиду того, что по мнению ряда исследователей тампонирувание пористых пород не вызывает особых трудностей из-за применения инертных материалов, то предлагаемая технология рекомендуется применять при тампонирувании трещиноватых поглощающих горизонтов с минимальным раскрытием трещин более 0,5 мм.

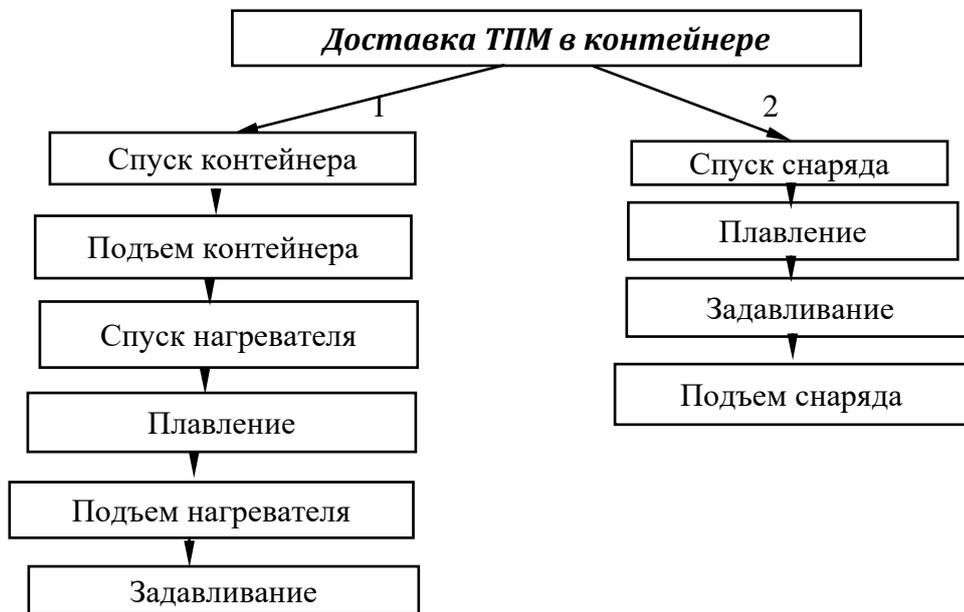


Рис. 3. Технология изоляции поглощающих горизонтов при доставке ТПМ в контейнере

Диаметр скважин ограничен радиальным размером забойного электронагревателя. Исходя из этого, диаметр скважины должен быть не менее 76 мм. В качестве промывочной жидкости может применяться техническая вода, глинистый раствор.

Для условий: скважина обсажена колонной труб с ее открытой частью не превышающей 50 м, глубина скважины не превышает 150...200 м, скважина вертикальна и в ней отсутствуют каверны, столб промывочной жидкости над кровлей поглощающего горизонта не менее 20...25 м, возможно применение технологической схемы с доставкой ТПМ по стволу скважины (рис. 1.1). Для этих условий данная технологическая схема наиболее приемлема, т.к. все ее технологические операции последовательны и в скважине невозможно создание аварийных ситуаций связанных с затяжкой, прихватом инструмента.

При бурении скважин, особенно в районе Донбасса, в силу интенсивной разработки и высокой трещиноватости, проницаемости пород слагающих стенки скважины, нередко случаи, когда скважина бурится с полным поглощением промывочной жидкости. При этом на забое скважины имеется незначительный столб промывочной жидкости или ее полное отсутствие. Для таких скважин рекомендуется применение технологической схемы, представленной на рис. 1.3. При этом, доставку материала возможно выполнять путем засыпания его через

устье скважины, а при значительной глубине - по колонне бурильных труб (рис. 2.3). При выполнении данной технологической схемы в колонковой трубе не должно быть керна. Для плавления гранулированного ТПМ применяются забойные тепловые источники контактного типа.

Наиболее универсальным, простым и технологичным способом тампонирувания является способ доставки ТПМ в контейнере (рис. 3.2). При этом плавление производится контактным способом. Недостатком данного способа является ограниченность объема контейнера. При этом, для изоляции поглощающего горизонта потребуется минимальное количество технологических операций. Метод доставки ТПМ на забой скважины в контейнере на кабеле имеет наибольшие перспективы. Он может быть применен для скважин глубиной до 9000 м при минимальных затратах времени и энергии.

Выводы и перспективы развития.

В работе рассмотрена технология изоляции поглощающих горизонтов ТПМ для реализации которой необходимо выполнить следующие операции: доставку ТПМ на забой скважины, плавление ТПМ и задавливание ТПМ в каналы поглощения. Для различных геологических условий бурения предложены технологические схемы изоляции поглощающих горизонтов ТПМ. Обоснована возможность применять в качестве тампонажного материала ПЭТ.

Библиографический список

1. Бражененко А.М. Тампонаж горных пород при бурении геологоразведочных скважин легкоплавкими материалами / А.М. Бражененко, С.В. Гошовский, А.А.Кожевников и др. - К.: УкрГГРИ, 2007. - 130 с.
2. Судаков А.К. Технология изоляции зон поглощения буровых скважин с применением термопластичных материалов: автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук: спец 05.15.10 «Бурение скважин» / А.К. Судаков. - Днепропетровск, 2000. - 18 с.
3. Танинский П.Ю. Выбор легкоплавких связующих материалов для экологически чистого беструбного крепления скважин: автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук: спец 05.15.14 «Технология и техника геологоразведочных работ»/ П.Ю. Танинский. - Санкт-Петербург, 2000. - 20 с.
4. 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.
5. Что надо знать про ПЭТ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://nevapet.ru/articles/2013-01-16>.

Надійшла до редакції 10.05.2017

Д.А. Судакова

ДВНЗ «Національний гірничий університет», Україна, м. Дніпро

НЕТРАДИЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ БОРОТЬБИ З ПОГЛИНАННЯМ БУРОВИХ РОЗЧИНІВ В СВЕРДЛОВИНАХ

Розроблено і обгрунтовано спосіб ізоляції поглинаючих горизонтів термопластичними матеріалами, для реалізації якого необхідно виконати наступні технологічні операції: доставку термопластичних матеріалів на вибій свердловини, плавлення термопластичних матеріалів і задавлювання термопластичних матеріалів в канали поглинання. У якості тампонажного матеріал для ізоляції поглинаючих горизонтів бурових свердловин запропоновано використання побутових відходів на основі поліетилентерефталату.

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

D. Sudakova

State higher educational institution "National mining university", Ukraine, Dnipro

UNCONVENTIONAL TECHNOLOGY OF SUPPRESSION OF ABSORPTION DRILLING FLUIDS IN WELLS

Isolation method of swallowing horizons with thermoplastic materials was developed and validated. To realize it, the following production operations should be done: delivery of the thermoplastic materials to the downhole, the melting of thermoplastic materials and squeezing thermoplastic materials in absorption channels. The use the polyethyleneterephthalate-based domestic household waste was proposed as the plugging material to isolate the swallowing horizons of boreholes.

Keywords: drilling, swallowing horizon, thermoplastic materials.