

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЗОН ПОГЛОЩЕНИЯ БУРОВЫХ СКВАЖИН С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. М. Бражененко, А. А. Кожевников, А. К. Судаков

Национальный горный университет, Днепропетровск

Надійшла до редакції 28.03.06

Резюме: На основании аналитических, стендовых, скважинных и производственных исследований предложена принципиально новая, нетрадиционная технология изоляции зон поглощения, которая основана на заполнении каналов поглощения расплавом легкоплавких материалов.

Ключевые слова: бурение скважин, скважина, поглощающий горизонт, промывочная жидкость, поглощение, изоляция, тампонажные материалы, забойный тепловой источник, термопластичные материалы, расплав.

А. М. Бражененко, А. О. Кожевников, А. К. Судаков. ТЕХНОЛОГІЯ ІЗОЛЯЦІЇ ЗОН ПОГЛИНАННЯ БУРОВИХ СВЕРДЛОВИН З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ.

Резюме: На основі аналітичних, стендових, свердловинних і виробничих досліджень запропонована принципово нова, нетрадиційна технологія ізоляції зон поглинання, яка базується на заповненні каналів поглинання розплавом легкоплавких матеріалів.

Ключові слова: буріння, свердловина, поглинаючий горизонт, промивна рідина, поглинання рідини, ізоляція горизонтів, тампонажні матеріали, теплове джерело, термопластичні матеріали, розплав.

A. Bragenenko, A. Kozhevnykov, A. Sudakov. TECHNOLOGY OF ISOLATION OF SWALLOWING ZONES BY THERMOPLASTIC MATERIALS.

Abstract: On the basis of analytical, bench, hole and industrial researches the new, non-traditional technology tamping of absorptive horizons based on filling the channels of swallowing by melting the fusible materials is offered.

Keywords: drilling of hole, hole, swallowing horizon, mud, swallow, isolation, tamping material, hole toe a heat source, thermal and plastic material, melt.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ

Технико-экономические показатели бурения скважин в значительной мере определяются затратами времени и средств на устранение

осложнений. Одним из наиболее распространенных осложнений является поглощение промывочной жидкости. По статистическим данным на их ликвидацию расходуется до 20 % средств и времени от общих расходов на

сооружение скважины. Поглощение приводит к нарушению технологического режима бурения, провоцирует аварии.

Анализ показывает, что в настоящее время существует большое многообразие технологий и материалов, применяемых для ликвидации поглощения промывочной жидкости. В большинстве случаев ликвидация поглощений обеспечивается тампониowaniem каналов отхода 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 их состав минераловязущих или синтетических веществ. Основным недостатком 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 увеличению времени схватывания, растеканию на значительные расстояния от скважины и, как следствие, к перерасходу тампонажных материалов и повторению операций по тампониowaniu.

Подтверждением вышеприведенного могут служить данные, приведенные в работах [1–3].

В [4] отмечается, что твердеющие тампонажные растворы имеют конечную прочность тампонажного камня, сопоставимую с прочностью горных пород проницаемой зоны, в силу чего эффект ликвидации поглощений может быть достигнут при радиусе заполнения каналов поглощения, измеряемом десятками сантиметров и даже сантиметрами.

Для решения этой проблемы необходимо искать новые технологии, основанные на дру-

гих физических процессах и других тампонажных материалах, не чувствительных к разбавлению водой (пластовым флюидом).

До настоящего времени в качестве таких материалов применялись только нефтяные битумы. Основным недостатком битума как тампонажного материала является его способность релаксировать во времени: при перепаде давления 0,3–0,5 МПа он способен течь даже при температуре +15 °С. Кроме того, расплав битума имеет плотность, близкую к плотности воды, и в среде промывочной жидкости он 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.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ТАМПОНАЖНЫМ РАСТВОРАМ

Тампонажные материалы должны соответствовать определенным требованиям технического, технологического и экономического характера. Их соблюдение во многом обуславливает технико-экономическую эффективность проведения работ.

Авторами выделены основные требования, которые предъявляются к тампонажному материалу, применяемому для изоляции поглощающих горизонтов. Тампонажные материалы при твердении должны не давать усадки с образованием трещин, не растекаться в трещинах, обладать хорошей сцепляемостью с горными породами, быть устойчивыми к воздействию пластовых вод и перепадов давлений. Кроме того, эти материалы должны быть *однокомпонентными*, технологичными при доставке их в зону тампониowania, легко разбуриваться и смываться с бурового инструмента и обладать плотностью выше плотности очистного агента.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗОЛЯЦИИ ПОГЛОЩАЮЩЕГО ГОРИЗОНТА БУРОВОЙ СКВАЖИНЫ

В Национальном горном университете на кафедре техники разведки месторождений полезных ископаемых разработана новая тех-

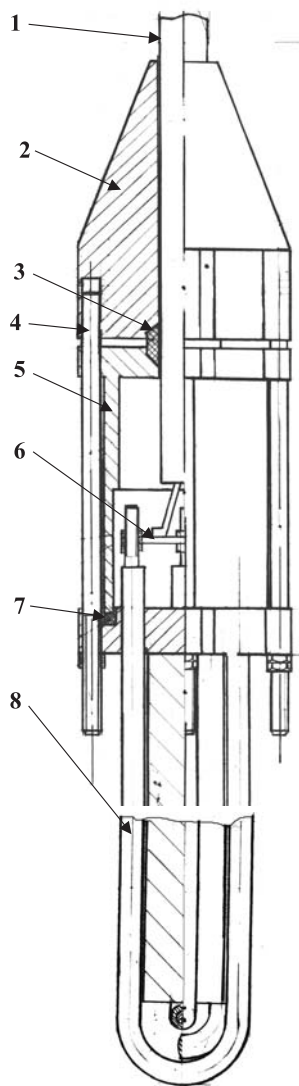


Рис. 1. Забойный электронагреватель ЗЭН 12/70: 1 – кабель КБГ-8; 2 – конус; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – шпилька; 5 – корпус герметизирующей камеры; 6 – контактное устройство; 7 – уплотнительное кольцо; 8 – рабочий орган

нология тампонирования поглощающих горизонтов, позволяющая создавать малообъемные непроницаемые оболочки с применением нетрадиционного тампонажного термопластичного материала.

Идея технологии заключается в создании изоляционной оболочки вокруг скважины (горной выработки), основанной на изменении агрегатного состояния тампонажного термопластичного материала (ТПМ), неразбуживаемого пластовыми водами, с низкой температурой плавления, расплав которого, проникая в каналы поглощения промывочной жидкости, затвердевает там, образуя вокруг скважины малообъемную надежную непроницаемую изоляционную оболочку.

Отличительной особенностью этой технологии является то, что ТПМ с низкой температурой плавления доставляется в зону осложнения в твердом гранулированном виде, где расплавляется до жидкого состояния забойным тепловым источником. При этом промывочная жидкость, находящаяся в скважине в зоне поглощения, обязательно должна быть нагрета до температуры плавления ТПМ [5].

Таким образом, для реализации предлагаемой технологии необходимо выполнить следующие технологические операции: доставку гранулированного ТПМ на забой скважины, локальное нагревание промывочной жидкости в призабойной зоне скважины, плавление и задавливание расплава ТПМ в каналы поглощения.

Оборудование электротепловой обработки поглощающего горизонта

Для реализации технологии тампонирования разработан специальный комплекс оборудования, позволяющий качественно и с наименьшими материальными затратами производить тампонирование каналов поглощения промывочной жидкости.

Операции по прогреванию зоны поглощения и изоляции поглощающего горизонта продолжаются несколько часов, после чего оборудование перемещается на другую скважину или базу предприятия. В соответствии с этим все оборудование размещено на самоходной транспортной базе. Для защиты оборудования от атмосферных осадков агрегат снабжен фургоном на раме, в котором смонтированы устройства для спуска и подъема электронагревателя, контрольно-измерительные приборы, электрическое оборудование и сам нагреватель. Ближайшим аналогом такого агрегата являются самоходные каротажные станции или агрегаты для электротепловой обработки нефтяных скважин.

Забойный электронагреватель [6] состоит из двух основных частей: головной части и рабочего органа (рис. 1). Головная часть, выполнена в виде стального конуса, служащего для фиксации, герметизации и подключения кабеля к трубчатым электронагревателям (ТЭН). Рабочий орган выполнен в виде трех U-образных ТЭНов.

Благодаря возможности погружения нагревателя непосредственно в нагреваемую жидкость обеспечивается высокой КПД установки. ТЭНы не выходят из строя из-за вибрации или ударов и срок их службы составляет 5–8 лет. Для свободного спуска электронагревателя в скважину зазор между его корпусом и стенками скважины должен быть не менее 3 мм.

Для подвода электроэнергии к нагревателю используется грузонесущий кабель, который обладает достаточной разрывной прочностью, высокой прочностью защитной оболочки, термовлажностойкостью, маслостойкостью и имеет малое электрическое сопротивление.

Термопластичный материал

Проведенные исследования физико-механических свойств ТПМ [7] подтвердили воз-

можность его применения в качестве тампонажного материала для изоляции поглощающих горизонтов скважин (горных выработок).

Применяемый ТПМ химически инертный, на него не действуют разрушающе агрессивные воды. Он легко разбуривается и не налипает на технологический инструмент. Его физико-механические свойства не зависят от срока хранения; стоимость его сопоставима со стоимостью цемента и намного меньше стоимости синтетических смол. Благодаря низкой вязкости расплава (6–8 сП при температуре 130–150 °С) ТПМ легко проникает в горные породы с незначительным раскрытием трещин (от 0,5 мм). Прочность тампонажного камня, полученного при остывании расплава ТПМ, сопоставима с прочностью цементного камня (рис. 2), причем на ранней стадии твердения прочность ТПМ на порядок выше прочности на одноосное сжатие цементного камня.

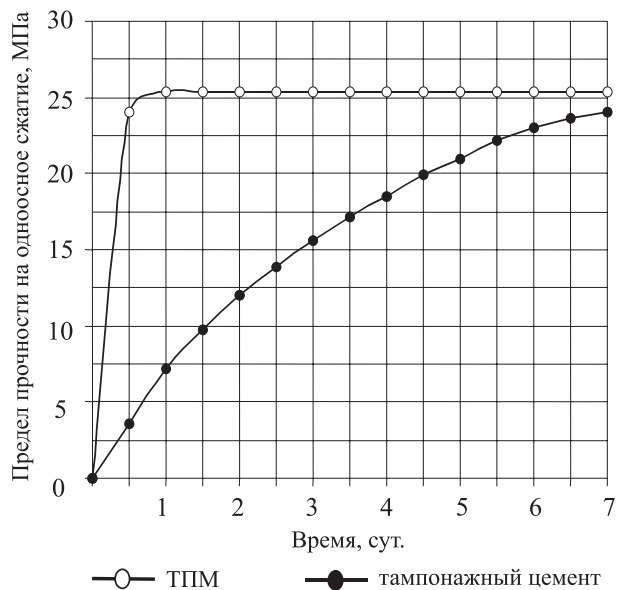


Рис. 2. Кинетика роста прочности тампонажного камня во времени

4. ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТАМПОНИРОВАНИЯ

С учетом критериев подобия разработан и изготовлен экспериментальный стенд, позволяющий моделировать процессы в поглощающем горизонте с различным раскрытием трещин. В результате стендовых исследований была установлена зависимость изменения температуры в поглощающем пласте от мощности электронагревателя и времени нагревания. Доказана возможность плавления ТПМ в среде нагретой скважинной жидкости. Найдена зависимость температуры жидкости от количества вводимого в нее ТПМ. Установлено, что растекаемость ее в каналах погло-

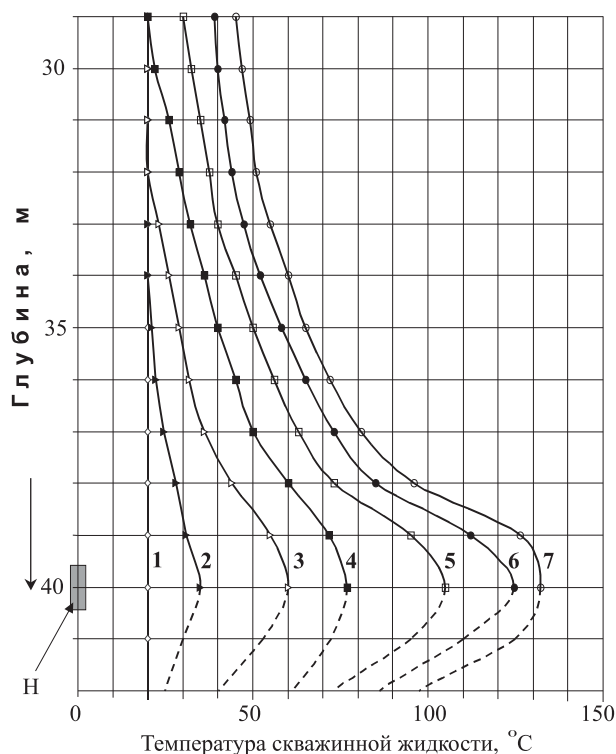


Рис. 3. Зависимость изменения температуры скважинной жидкости по оси скважины от глубины во времени: 1 – 0 мин; 2 – 30 мин; 3 – 60 мин; 4 – 90 мин; 5 – 120 мин; 6 – 150 мин; 7 – 180 мин; Н – электронагреватель

щения незначительна, но достаточна для образования надежной изоляционной оболочки, что позволяет резко сократить расход тампонажного материала. Расплав ТПМ легко отделяется от скважинной жидкости и перетекает из скважины в поглощающий пласт. ТПМ заполняет и закупоривает трещину слоями ступенчато. При этом нижние слои имеют больший радиус распространения, чем верхние. Радиус распространения расплава ТПМ превышает (в 1,5–2 раза) контур температуры скважинной жидкости, равной температуре его плавления. Это объясняется тем, что скорость течения расплава ТПМ превышает скорость его остывания. Доказано, что для перекрытия каналов поглощения достаточно нагреть только скважинную жидкость до температуры, при которой обеспечивается полное расплавление всей массы ТПМ, не затрачивая времени на прогревание пласта вглубь.

В результате скважинных исследований была установлена зависимость изменения температуры скважинной жидкости по оси скважины во времени (рис. 3).

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ПОГЛОЩАЮЩЕГО ГОРИЗОНТА

Комплекс работ по проектированию изоляции поглощающего горизонта термопластичным материалом с применением забойного электронагревателя состоит из следующих этапов:

- сбор и обработка геологической информации о характере трещиноватости, пластовом давлении, месте расположения и интенсивности поглощения поглощающих пластов;
- расчет необходимых размеров изоляционной оболочки и объема расплава ТПМ;
- выбор типа ТПМ и добавок к нему;
- расчет режима электротепловой обработки зоны поглощения и выбор мощности электронагревателя.

После завершения работ по изоляции поглощающего горизонта вокруг скважины в зоне осложнения должна образоваться непроницаемая оболочка (рис. 4). Следует отме-

тить, что растекание расплава в поглощающем горизонте – процесс многофакторный. На его величину влияют такие факторы: скважинное и пластовое давление; глубина залегания горизонта и температура расплава; связанная с температурой вязкость расплава и скорость его течения в каналах поглощения. Попытки учесть влияние всех факторов, от которых зависит предельная величина радиуса распространения расплава ТПМ и его потребный расход, до настоящего времени не давали положительных результатов и приводили к занижению вычисляемых величин. Поэтому радиальный размер изоляционной оболочки можно определить по эмпирической зависимости, полученной на основании математической обработки результатов стендовых исследований процесса изоляции поглощающего горизонта [5]:

$$R = 14,4 \cdot \delta^{0,38}, \quad (1)$$

где R – радиус изоляционной оболочки, м; δ – среднее раскрытие трещин, м. Среднее раскрытие трещин и коэффициент поглощающей способности горизонта определяется на основе выражений, предложенных И. И. Вахромеевым и Л. М. Ивачевым.

Расчетный радиус, а следовательно, и толщина изоляционной оболочки должны отвечать требованиям прочности. Расчеты, произведенные по методике В. И. Крылова, показывают, что минимально допустимая толщина изоляционной оболочки, созданной с применением ТПМ, должна быть в пределах 0,04–0,05 м.

Объем расплава ТПМ $S_{\text{тр}}$ определяется на основании геометрических размеров оболочки и скважности пласта по формуле Л. М. Ивачева [1]:

$$S_{\text{тр}} = 0,785 [(D^2 - D_0^2) M m + D_0^2 (M + h_n + h_b) K_k], \quad (2)$$

где D и D_0 – диаметры оболочки и скважины соответственно; M – мощность поглощающего горизонта, м; m – скважность; h_n – вели-

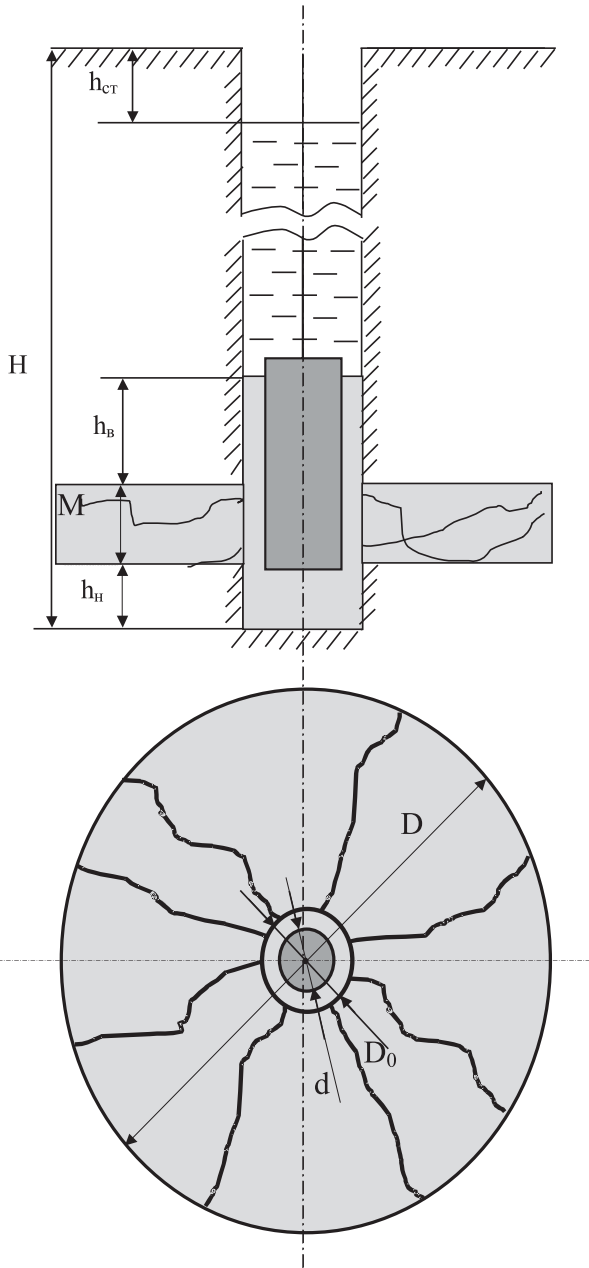


Рис. 4. Схема к расчету геометрических размеров изоляционной оболочки

на, учитывающая заполнение скважины расплавом ниже зоны поглощения ($h_n = 1-2$ м); h_b – величина, учитывающая необходимость заполнения расплавом скважины выше зоны поглощения ($h_b = 2-3$ м); K_k – коэффициент, учитывающий наличие каверн в скважине.

Для того чтобы обеспечить расплавление всей массы ТПМ в зоне осложнения, скважинная жидкость должна быть нагрета до температуры t_n , которая позволит его нагреть и расплавить. Эта температура определяется по формуле [8]

$$t_n = \frac{c_1 m_1 t_{\text{агр}} + c_2 m_2 (t_{\text{агр}} - t_T) + \psi m_2}{c_1 m_1}, \quad (3)$$

где $t_{\text{агр}}$ – температура плавления ТПМ, °С; t_T – температура скважинной жидкости в зоне поглощающего горизонта, °С; ψ – удельная теплота плавления ТПМ, Дж/кг; m_1 и m_2 – масса скважинной жидкости и термопластичного материала соответственно, кг; c_1 и c_2 – удельные теплоемкости скважинной жидкости и ТПМ соответственно, Дж/(кг·°С).

Зная температуру t_n , по графику (рис. 5) можно определить необходимую мощность электронагревателя при заданной продолжительности прогрева зоны осложнения.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЛУБИНЫ И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТАМПОНИРОВАНИЯ

Общая стоимость проведения изоляционных работ при выполнении единичного тампонирувания с доставкой ТПМ в контейнере зависит от затрат на спуск и подъем электронагревателя с контейнером и на нагревание скважинной жидкости до температуры ее перегрева над точкой плавления ТПМ. При этом общая стоимость C_0 создания изоляционной оболочки определяются как

$$C_o = C_{\text{тр}} + C_n, \quad (4)$$

где $C_{\text{тр}}$ и C_n – стоимость транспортировки электронагревателя по стволу скважины и нагревания скважинной жидкости в зоне тампонирувания соответственно.

Стоимость транспортировки электронагревателя по скважине определяется следующим образом:

$$C_{\text{тр}} = C_{\text{ст.ч}} \left(\frac{H}{V_c} + \frac{Qgh + qgH^2}{N_{\text{л}}} \right), \quad (5)$$

где $C_{\text{ст.ч}}$ – стоимость станко-часа работы буровой установки, грн; H – глубина залегания поглощающего горизонта, м; V_c – скорость спуска электронагревателя, м/ч; g – скорость свободного падения, м/с²; $N_{\text{л}}$ – мощность привода лебедки, кВт; Q и q – масса электронагревателя и 1 м кабеля соответственно, кг.

Стоимость нагревания скважинной жидкости с учетом мощности нагревателя определяется по формуле

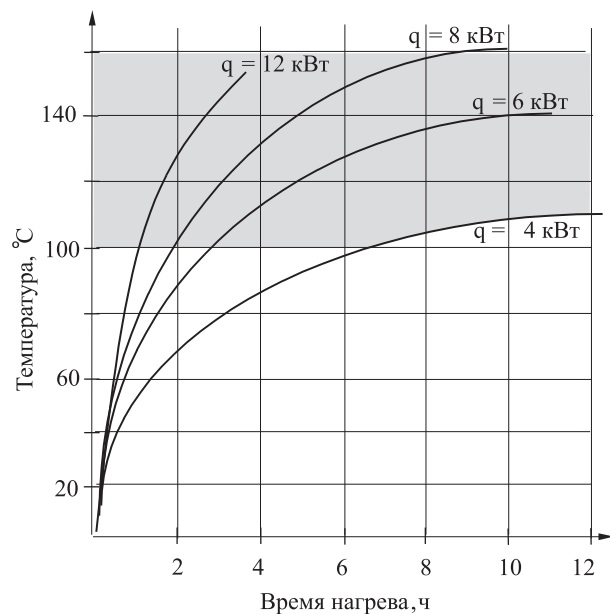


Рис. 5. Зависимость температуры скважинной жидкости в зоне действия электронагревателя от его мощности и времени нагревания

$$C_n = \frac{c_2 m_2 \left[t_n - \left(\frac{H}{\nabla} + t_n \right) \right]}{N_n} \times (C_{ст.ч} + N_n C_э), \quad (6)$$

где N_n – мощность нагревателя, кВт; $C_э$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, грн; ∇ – геотермическая ступень, м/°С; t_n – температура перегрева скважинной жидкости, °С; t_n – температура нейтрального слоя, °С.

Из формул (5) и (6) следует, что с ростом глубины H залегания поглощающего горизонта затраты на транспортировку электронагревателя в скважине увеличиваются, а на нагревание за счет естественной температуры горных пород – снижаются. Это свидетельствует о двойственном влиянии глубины выполнения тампонажных работ с применением ТПМ на их стоимость. В этой связи представляется целесообразным определить оптимальное значение глубины H , соответствующей минимуму C_0 .

Исследование зависимости $C_0 = f(H)$ на экстремум с учетом выражений (5) и (6) позволило определить оптимальную глубину применения ТПМ с использованием забойных электронагревателей:

$$H_0 = \frac{N_n}{2qg} \left(\frac{C_2 m_2}{\nabla N_n} - \frac{1}{V_c} - \frac{Qg}{N_n} \right). \quad (7)$$

Решение уравнения (7) показало, что оптимальная глубина применения предлагаемой технологии изоляции поглощающих горизонтов составляет 350–400 м.

Предлагаемая технология может быть применима при ремонте эксплуатационных скважин и ликвидации осложнений в процессе бурения разведочных, эксплуатационных и технических скважин диаметром более 76 мм, а также при проходке горных выработок любого сечения в трещиноватых устойчивых породах с раскрытием трещин не менее

0,5 мм. Максимальная глубина применения предлагаемой технологии зависит от величины геотермического градиента в скважине и равна глубине, при которой температура горных пород поглощающего горизонта станет равной температуре плавления ТПМ. В условиях Украины эта глубина составляет 3 000–4 000 м.

7. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТАМПОНИРОВАНИЯ ПОГЛОЩАЮЩИХ ГОРИЗОНТОВ ТАМПОНАЖНЫМИ ТПМ

Производственные испытания технологии ликвидации поглощения промывочной жидкости тампонажными ТПМ с использованием забойного теплового источника были проведены на базе Геологоразведочной экспедиции № 37 ГПП "Кировгеология" (г. Кировоград) в период с 20 по 25 сентября 1999 г. в скважине № 3645 на Анновском участке. При бурении скважины методом расходометрии выявлен поглощающий горизонт в интервале 127,6–130,2 м с интенсивным поглощением промывочной жидкости. Статический уровень составил 38 м. Диаметр скважины в кровле поглощающего горизонта составил 79 мм.

По данным расходометрии были рассчитаны параметры изоляционной оболочки: раскрытие трещин – $3,1 \cdot 10^{-3}$ м; радиус изоляционной завесы – 0,065 м; количество материала для изоляции 1 м поглощающего горизонта промывочной жидкости – 13,5 кг. Расход времени на проведение комплекса скважинных исследований составил 0,28 станко/смен (ст./см). Для ликвидации осложнения в зону поглощения промывочной жидкости на грузонесущем кабеле был опущен забойный электронагреватель. После трехчасового нагревания скважинной жидкости нагревателем и его извлечения из скважины к поглощающему горизонту было доставлено 36 кг ТПМ (время доставки составило 0,01 ст./см). После этого в течение 0,036 ст./см был осу-

ществен процесс плавления гранулированного ТПМ. Задавливание расплава в поглощающий горизонт осуществлялся за счет повышения давления в скважине путем доливания в нее 0,2 м³ промывочной жидкости. Контроль качества проведения тампонажных работ осуществлялся по уровню жидкости в скважине в течении 0,01 ст./см. По завершению изоляционных работ бурение продолжалось.

Поглощение было ликвидировано, выход промывочной жидкости восстановлен в полном объеме. Поглощения промывочной жидкости в интервале 127,6–130,2 м после проведения тампонажных работ с применением технологии изоляции поглощающих горизонтов термопластичными материалами не возобновлялись.

Затраты на тампонирующее поглощающее горизонт составили 69,9 грн.

По проведенной оценке экономическая эффективность от внедрения разработанного способа тампонирующего поглощающих горизонтов с применением термопластичных материалов составит 459 000 грн в год при объеме проведения тампонажных работ в ста скважинах.

8. ВЫВОДЫ

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований решена актуальная проблема, заключающаяся в разработке технологии изоляции поглощающих горизонтов термопластичными смесями, расплав которых, проникая в каналы поглощения с последующим изменением агрегатного состояния, образует прочную изоляционную оболочку.

В ходе выполнения работ получены следующие результаты:

1. Разработана и обоснована рецептура тампонажной смеси, защищенная патентом Украины.
2. Предложена новая технология изоляции поглощающих горизонтов тампонажными

ми ТПМ с применением забойных тепловых источников, защищенная патентом Украины.

3. Для различных геолого-технических условий разработаны технологические схемы и способы изоляции поглощающих горизонтов термопластичными материалами, а также методика их проектирования.
4. На основании экспериментальных и теоретических исследований установлена оптимальная глубина применения предлагаемой технологии, а также условия изоляции поглощающих горизонтов.
5. Экспериментально и расчетным путем установлена зависимость температуры нагревания скважинной жидкости от теплофизических свойств термопластичного материала.
6. На основании аналитических исследований составлена математическая модель температурного поля, описывающая процесс теплопередачи при электротепловой обработке скважины в зоне осложнения.
7. Проведена оценка и доказана экономическая эффективность применения технологии изоляции поглощающих горизонтов тампонажными термопластичными материалами. Стоимость проведения технологических операций, связанных с тампонирующим поглощающих горизонтов по сравнению с цементированием может быть снижена на 4 500 грн. за одну операцию.
8. В производственных условиях осуществлена опытная проверка эффективности применения разработанной технологии изоляции поглощающих горизонтов термопластичными материалами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рафисенко И. И. Эффективные методы ликвидации поглощений промывочной жидкости при бурении. – М.: Недра, 1967. – 158 с.

2. **Титков Н. И., Гайворонский А. А.** Изоляция поглощающих горизонтов при бурении скважин. – М.: Гостоптехиздат, 1960. – 248 с.
3. **Мехтиев Э. Х.** Бурение скважин с очисткой забоя аэрированными жидкостями. – М.: Недра, 1980. – 77 с.
4. **Ивачев Л. М.** Борьба с поглощениями промывочной жидкости при бурении геологоразведочных скважин. – М.: Недра, 1982. – 293 с.
5. Патент UA 21629 A, МКИ E21 B19/00. Спосіб тампонування свердловин. / А. М. Бражененко, М. А. Дудля, О. М. Давиденко, А. К. Судаков (UA). – № 97020756. Замовлено 20.02.97; Друк. 30.04.98; Бюл. № 2.
6. Патент UA 42311A. Вибійне теплове джерело. / В. Ф. Сірик, А. К. Судаков (UA). – Друк. 30.9.00; Бюл. № 9.
7. Патент UA 40259A, МКИ E21 B19/00. Тампонажна термопластична суміш. /А. М. Бражененко, А. К. Судаков (UA). – Друк. 30.06.00; Бюл. № 5.
8. **Судаков А. К.** Технология изоляции зон поглощения буровых скважин с применением термопластичных материалов: Дис. канд. техн. наук. – Днепропетровск, 2000. – 204 с.