

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы на тему:

«Разработка эффективной технологии глубокой очистки воды от взвешенных твердых частиц для поддержания пластового давления на нефтяных месторождениях»,

представленной на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D070800 – «Нефтегазовое дело»

СЕЙДЕН АСЕЛЬ

Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы:

Практика показала, что поддержание пластового давления позволяет не только увеличить темп отбора, но и позволяет достичь максимального коэффициента извлечения нефти и газа. Отличительной особенностью эксплуатации месторождения на средних и последних стадиях разработки является ежегодный рост обводненности добываемой продукции, которая может достичь до 80-90 % и выше, что в свою очередь значительно осложняет условия эксплуатации объектов сбора и подготовки нефти, газа и воды. Очистка больших объемов попутной пластовой воды требует значительных материальных, энергетических и трудовых затрат.

Так, например, на месторождении Озень общий объем извлекаемой из недр пластовой воды превышает 45 млн. кубических метров в год. Из-за повышенной нагрузки по жидкости, поступающей на УПСВ, происходит нарушение времени отстоя продукции в технологических аппаратах, что приводит к ухудшению параметров воды, подготавливаемой для ППД и несоответствию качества воды, подаваемой для закачки в пласты, требованиям нормативной документации РК.

На месторождениях из-за несовершенства технологии и техники подготовки пластовой воды нормы по содержанию мехпримесей не более 50 мг/л во многих случаях не соблюдаются. В этих нормах не предусмотрено ограничение по размерам и количеству взвешенных глинистых твердых частиц. Взвешенные глинистые частицы при отстаивании пластовой воды не осаждаются на дне резервуаров и вместе с водой они поступают через нагнетательные скважины в призабойную зону нефтяного пласта, снижая проницаемость породы-коллектора. Следовательно, процесс водоподготовки требует усовершенствования в части удаления механических примесей и взвешенных глинистых частиц.

Научные исследования по теме диссертации осуществлялись в рамках выполнения гранта «AP05130484-OT-18» по теме: «Научное обоснование создания и эффективной комплексной технологии поддержания

пластового давления и повышения дебита нефтяных скважин», на 2018-2020 г.г.

Актуальность темы диссертации:

Основные методы очистки нефтепромысловых сточных вод в отрасли - механические и физико-химические. Подготовка воды, закачиваемой в нефтяной пласт, предусматривает: отстаивание пластовой воды, осветление мутных вод коагулированием; декарбонизацию; обезжелезивание; ингибирование и окончательную очистку фильтрованием. Однако, при таком способе окончательной очистки промысловой пластовой воды поры фильтра (песка или дробленого антрацита) быстро заполняются мелкими твердыми и взвешенными частицами. Поэтому подготовка пластовой воды в основном осуществляется отстаиванием ее в отстойниках-резервуарах, которые не обеспечивают в полной мере очистку пластовой воды от взвешенных глинистых частиц.

Размеры твердых взвешенных частиц в воде, закачиваемой в нефтяные пласты, соизмеримы с порами горной породы – коллектора (0,8...1,0 мкм и выше). Взвешенные глинистые частицы постепенно загрязняют фильтрующую поверхность призабойной зоны пласта снижая приемистость нагнетательных скважин. Имеется много случаев, когда нагнетательные скважины не принимают закачиваемую воду из-за закупоривания глинистыми частицами призабойных зон нефтяного пласта. Существующие методы и технологии подготовки пластовой воды подлежат к дальнейшей модернизации на основе теоретических и экспериментальных исследований процессов глубокой очистки пластовой воды от взвешенных глинистых твердых частиц. Нами получен патент на способ очистки пластовой воды от взвешенных глинистых частиц применением зернистых фильтров с переменными размерами частиц и проведены исследования по установлению его рациональных параметров и режимов работы.

Цель диссертационной работы:

Разработка технологии глубокой очистки пластовой воды от взвешенных глинистых частиц для поддержания пластового давления, обеспечивающей повышение нефтеотдачи залежи и увеличение дебита скважин.

Задачи исследования:

- Разработать способ глубокой очистки пластовой воды со взвешенными глинистыми частицами для поддержания пластового давления с целью повышения нефтеотдачи пластов.
- Установить рациональные параметры зернистого фильтра с переменными размерами пор для очистки пластовой воды со взвешенными глинистыми частицами для поддержания пластового давления.

- Разработка научных рекомендаций к созданию новой технологии глубокой очистки пластовой воды от взвешенных глинистых частиц для поддержания пластового давления, обеспечивающей повышение нефтеотдачи залежи и увеличение дебита скважин.

Объекты исследования:

попутная пластовая вода, поступающая с установок предварительного сброса воды (УПСВ-1, УПСВ-2) и центрального пункта подготовки нефти (на примере месторождения Узень), а также процесс глубокой очистки пластовой воды в зернистом фильтре с переменными размерами и последовательно сужающимися порами.

Предмет исследования:

попутная промысловая пластовая вода, закачиваемая с блочно-кустовой насосной станции (БКНС) в нагнетательную скважину для поддержания пластового давления и повышения нефтеотдачи пластов.

Методы исследования:

Для решения поставленных задач в диссертационной работе применялись методы: анализ отечественного и зарубежного опыта применения технологий очистки промышленных сточных вод на казахстанских месторождениях, таких как Узень, Кумколь, Арысқум, Алибекмола и Жанаталап; обобщение результатов лабораторных исследований по очистке воды при различных условиях на нефтегазовых месторождениях; проведение экспериментов с использованием пластовой воды месторождения Узень и использованием взвешенных глинистых частиц; статистическая обработка результатов лабораторных исследований, и построение диаграмм, и графиков; обработка и обобщение результатов лабораторных исследований полученных при очистке пластовой воды; обработка результатов исследований по керну проницаемости и пористости месторождения Узень с использованием программного с использованием модуля *STAR* из программного обеспечения *CMG Computer Modeling*. Помимо теоретических и лабораторных методов, включают технологии анализатора частиц *Malvern Zetasizer Nano ZS* характеризующий размер наночастиц, термо шкаф *Binder FED53*, спектрометр рентгенофлуоресцентный *Epsilon 3X Malvern Panalytical*, центрифуга лабораторная *Hermle Z 206 A*, микроскоп для анализа и оценки лабораторных образцов *Motic Biological Microscope*, электронные лабораторные весы *Shimadzu*, программную платформу *Eclipse Reservoir Simulator 2009*.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Технология подготовки пластовой воды, предусматривающая ограничение по размерам и количеству взвешенных глинистых твердых микрочастиц, которые при отстаивании не осаждаются на дне резервуаров и вместе с водой они поступают через нагнетательные скважины в призабойную

зону нефтяного пласта снижая проницаемость породы-коллектора существенно уменьшает продуктивность скважин.

- Метод подготовки закачиваемой в пласт воды без взвешенных глинистых частиц применением зернистых фильтров с переменными размерами частиц и последовательно сужающими порами позволяет осуществить глубокую очистку пластовой воды от микро- и наноразмерных глинистых частиц, в результате которой не уменьшается проницаемость призабойной зоны пласта и увеличится приемистость нагнетательных скважин, а также повышается нефтеотдача пластов.

Научная новизна исследования:

- Выявлено, что глинистые твердых взвешенные частицы (в среднем 40 – 500 мк), имеющие в закачиваемой в пласт воде, соизмеримы с размерами пор и трещин нефтяного пласта (0 – 2 мм и выше), которые закупоривают призабойную пласта нагнетательных скважин и значительно снижает нефтеотдачу пласта, приводит к преждевременному прорыву воды к добывающим скважинам и обводненности добываемой нефти.

- При глубокой очистке пластовой воды через зернистый фильтр с переменными размерами и последовательно сужающими порами взвешенные в потоке глинистые частицы не закупоривают поры фильтра и осаждаются на на нижней установки.

- Установлено, что рекомендуемый зернистый фильтр с переменной фракцией зернистого материала, имеющий толщину рабочего зернистого слоя в пределах 400 – 500 мм и размерами частиц 0,2 – 0,4 мм полностью очищают пластовую воду от взвешенных глинистых частиц.

Обоснованность и достоверность:

Обоснованностью и достоверностью научных положений, являются результаты и рекомендации, которые базируются на использовании стандартных апробированных методах исследований и разработанного песчано-гравийного фильтра. Высокой сходимостью результатов теоретических и экспериментальных данных, применением методов статистической обработки результатов экспериментов с высоким показателем зависимости.

Существенным различием разработанной технологии очистки пластовой воды от существующих технологий является её рентабельность и экономически выгодное применение на нефтегазовых месторождениях.

Теоретическая и практическая значимость работы:

Предложен новый метод глубокой очистки пластовой воды от взвешенных твердых глинистых частиц, обеспечивающий стабильный процессе поддержания пластового давления и повышения нефтеотдачу пластов. Представлены результаты опытов по установлению закономерности процесса фильтрации пластовой воды со взвешенными глинистыми

частицами через пористую среду с переменными размерами пор и зернистых частиц. Разработана научная рекомендация по выбору рациональных параметров и режимов работы нового фильтра для подготовки пластовой воды.

Соответствие направлениям развития науки или государственным программам:

Диссертация посвящена актуальной проблеме по повышению нефтеотдачи пласта по теме: «Разработка эффективной технологии глубокой очистки воды от взвешенных твердых частиц для поддержания пластового давления на нефтяных месторождениях», соответствующему к приоритетному направлению 6D070800 – «Нефтегазовое дело», утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан.

Диссертационная работа выполнялась в рамках проекта государственных грантовых финансирования по теме: «Научное обоснование разработки эффективной комплексной технологии поддержания пластового давления и повышения дебита скважины» (программа ИРН: AP05130484-OT-18) и получены положительные научно-экспериментальные результаты.

Личный вклад автора:

Результаты проведенных экспериментальных данных в лабораторных условиях, 3D моделирование были получены лично соискателем. Постановка задачи, обсуждение результатов и расчеты экономической эффективности проводились совместно с научным консультантом.

Достоверность результатов:

Достоверность научных выводов работы подтверждается воспроизводимостью экспериментальных результатов, согласованностью полученных результатов с теоретическими предпосылками и выводами, полученными другими авторами в близких по содержанию работах, использованием апробированных методик критического анализа.

Апробация работы

Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались в опубликованных научных статьях, на международных научно-практических конференциях:

– Булатовские чтения: материалы III Международной научно-практической конференции "Разработка нефтяных и газовых месторождений". (Краснодар, 2019)

– Международная научно-практической конференция «Наука нового времени: сохраняя прошлое – создаем будущее» (Санкт-Петербург, 2017)

– Международная научно-практической конференция «Генезис научных воззрений в контексте парадигмы устойчивого развития» (Санкт-Петербург, 2018).

Вклад докторанта в подготовку каждой публикации:

Результаты проведенных экспериментальных данных в лабораторных условиях, 3D моделирование получены лично соискателем. Постановка задачи, обсуждение результатов расчеты экономической эффективности проводились совместно с научным консультантом.

По материалам диссертационной работы опубликовано 15 научных работ, в том числе: 1- в международном рецензируемом научном журнале, входящий в БД Scopus, 6 - в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК, 2 - в других зарубежных научных журналах и изданиях, 6 - в сборниках международных научно-практических конференциях.

1 «Treatment of formation water at oil fields using granular filters with varying particle sizes». Подбор материалов для обзора, написание обзора и введения, обработка и описание результатов экспериментов, написание заключения.

2 «Оптимизация технологии подготовки воды для поддержания пластового давления на месторождении Узень». Подбор материалов для обзора и его написание, написание введения, методики и заключения, подготовка графиков и их описание, оформление статьи.

3 «Качественная подготовка воды для поддержания пластового давления на месторождении Узень». Подбор материалов для обзора и его написание, написание введения, методики и заключения, подготовка графиков и их описание, оформление статьи.

4 «Разработка эффективной технологии глубокой очистки воды от взвешенных твердых частиц для поддержания пластового давления на нефтяных месторождениях». Написание разделов: введение, методика, проведение экспериментов и их результаты, оформление статьи.

5 «Решение проблемы глубокой очистки воды от взвешенных твердых частиц для системы поддержания пластового давления на примере месторождения Узень». Написание разделов: введение, методика, проведение экспериментов и их результаты, оформление статьи.

6 «Мұнай кен орындарында қабат қысымын ұстап тұру жүйесіне арналған қалқымалы қатты бөлшектерден суды терең тазарту процесін зерттеу». Написание разделов: введение, методика, проведение

экспериментов и их результаты, оформление статьи.

7 «Мұнай кен орындарында қабат қысымын ұстап тұруға арналған қалқымалы қатты бөлшектерден суды терең тазарту технологияларын жетілдіру». Написание разделов: введение, методика, проведение экспериментов и их результаты, оформление статьи.

8 «High performance water treatment technology for the reservoir pressure maintenance at oil fields». Поиск публикаций для обзора и его написание, написание разделов: методика исследований, результаты исследований, оформление графики, ответы на замечания рецензентов.

9 «Development of effective technology of deep water treatment from suspended solid particles for formation pressure maintenance at the oil fields». Написание разделов: введение, методика исследований, математическая обработка и обсуждение результатов экспериментов, оформление статьи.

10 «Проблемы водоподготовки в нефтедобыче». Написание разделов: введение, методика, проведение экспериментов и их результаты, оформление статьи.

11 «Существующие проблемы промышленной подготовки воды на нефтяных месторождениях». Составление плана статьи, подбор материалов для обзора, написание введения, обзора и заключения.

12 «Подготовка нефтепромысловых вод для использования в системе поддержания пластового давления на месторождении Узень». Составление плана статьи, написание разделов: обсуждение результатов исследований и заключения, оформление статьи.

13 «Промысловая подготовка воды на месторождении Узень». Составление плана доклада и его полная подготовка.

14 «Определение рациональных параметров технологии подготовки пластовой воды применением фильтров из зернистых материалов с переменной крупностью частиц». Разработка плана доклада, подбор материалов, написание основной части с обсуждением результатов исследований.

15 «Advanced water treatment technologies to maintain reservoir pressure at the oil fields». Подбор материала и его систематизация, написание основных разделов, оформление доклада.

Основное содержание работы

Становится очевидным, что для многих месторождений, находящихся на поздней стадии разработки и характеризующихся значительными недоизвлеченными запасами нефти из пропластков с ухудшенными коллекторскими свойствами, повышение качества закачиваемых вод приобретает важное значение.

И технические решения по повышению качества сточных вод, закачиваемых в продуктивные пласты, как на рассмотренных нами, так и на других месторождениях РК, будут способствовать реализации требования Правительства по увеличению конечного КИН. Задача снижения содержания механических примесей в сточной воде остается актуальной, так как способствует увеличению коэффициента извлечения нефти (КИН).

Наглядным тому примером может служить месторождение Узень, на котором за более 50-летний период разработки, не смотря на реализацию таких активных методов воздействия на продуктивные пласты, как блоковое, очаговое, площадное, термальноступенчатое, фигурное заводнения, закачка ПАВ, разукрупнение эксплуатационных объектов, уплотнения сетки скважин, увеличения градиентов давлений, текущий КИН не превысил 0,4, и есть все основания полагать, что на этом эксплуатационном объекте, без создания и внедрения оригинальных технических решений, придется, в лучшем случае, ограничиться достижением проектного КИН - 0,45. Поэтому применение новых технологий, позволяющих значительно увеличить нефтеотдачу уже разрабатываемых продуктивных пластов, являются актуальным.

При любой системе водоподготовки в воде всегда остается некоторое количество взвеси твердых частиц, которое постепенно загрязняет фильтрующую поверхности призабойной зоны пласта. Интенсивность затухания фильтрации зависит от характера взвеси и размера поровых каналов заводняемого пласта. Проницаемость пласта в призабойной зоне за счет сильного загрязнения фильтрационной поверхности уменьшается в десятки раз, и промышленная закачка воды становится невозможной. Поэтому нельзя допускать систематического прогрессирующего загрязнения фильтрующих поверхностей нагнетательных скважин. Несмотря на важность вопроса и достаточно большое число публикаций, посвященных исследованиям глубокой очистки пластовой воды от взвешенных твердых частиц и равномерной закачки ее в нефтяной пласт вышеуказанная проблема остается актуальной на сегодняшний момент.

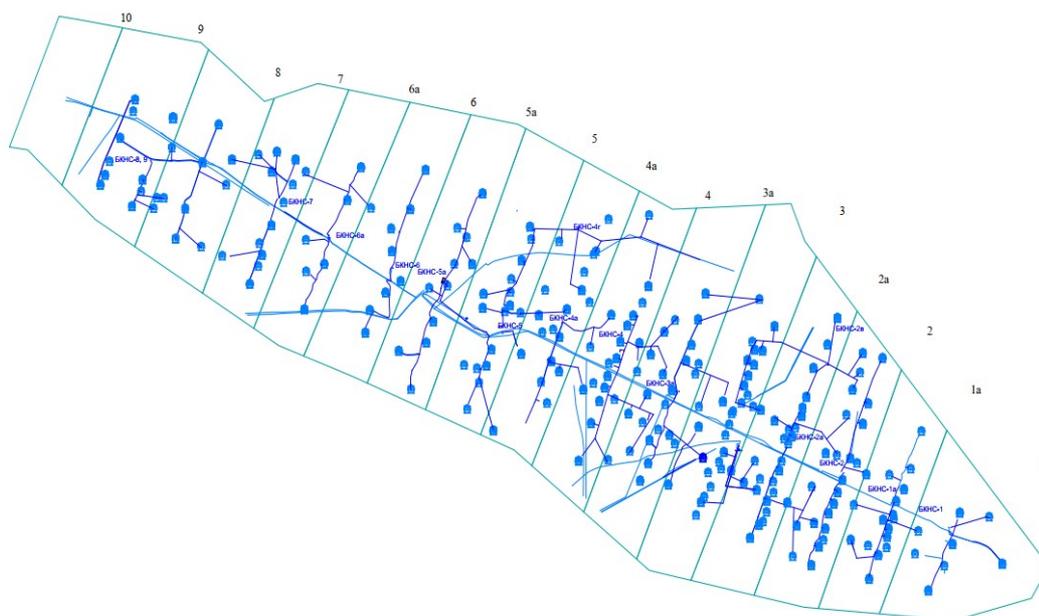


Рисунок 1 – Система поддержания пластового давления на месторождении Узень

Продуктивные пласты месторождения Узень представлены относительно плотно сцементированными терригенными породами. Поэтому с самого начала разработки месторождения в продукции скважин было отмечено незначительное наличие мехпримесей. Возможно, причиной являлось эксплуатация скважин при забойных давлениях ниже давления насыщения, при которых возрастают скорости фильтрации, способствующая срыву и выносу мехпримесей из коллекторов призабойной зоны пласта. Необходимость улучшения качества воды, используемой в системе ППД, в связи с фильтрационно–емкостными характеристиками пластов требует новационную установку для подготовки воды на промыслах. Изобретение, которое может быть использовано на нефтяных промыслах.

В связи с высоким содержанием в закачиваемой воде мехпримесей, приемистость нагнетательных скважин снижается, ухудшаются процессы вытеснения нефти из низкопроницаемых интервалов пласта, что приводит к уменьшению КИН. Емкостные свойства коллектора продуктивного пласта высоки, и нагнетательная скважина способна аккумулировать в себя большие объемы мехпримесей без ощутимого снижения приемистости

Призабойная зона пласта (ПЗП) нагнетательных скважин подвержена отрицательному влиянию мехпримесей, которые снижают приемистость скважин.

Таблица 1 - Результаты контроля мехпримесей и нефтепродуктов (среднемесячные показатели) в закачиваемой воде месторождения Узень

Показатель	Наименование организации		
	ООО РН-Уфанипинефть	КазНИПИнефть	ТОО "ИТЦ"
рН	≥7	5,7 - 6,8	6 - 6,5
Плотность, г/л	1,036 - 1,048	1,027 - 1,055	1,035 - 1,090
Общая минерализация, г/л	42,54 - 45,03	26 - 75	32,68 - 103,28
Тип воды по Сулину	хлоркальциевый	хлоркальциевый	хлоркальциевый
Сероводород, мг/л	17	2 - 510	7,4 - 37
Сульфатовосстанавливающие бактерии, кл/мл	10-10 ²	10-10 ⁵	нет данных
Содержание нефти на выходе с (мг/л):	ЦППН	8-780	87-530
	УПСВ-1	19,8-87	51-702
	УПСВ-2	38,4-71,8	110-803
Содержание механических примесей на выходе с (мг/л):	ЦППН	160-760	2,5-470
	УПСВ-1	310-350	54-237
	УПСВ-2	320-360	50-163
Содержание механических примесей на входе БКНС	300-1030	40-176	нет данных

По полученным данным видно, что содержание мехпримесей в закачиваемой воде на входе БКНС установлены концентрации, превышающие нормативные показатели. Следовательно, процесс водоподготовки требует усовершенствования в части удаления механических примесей

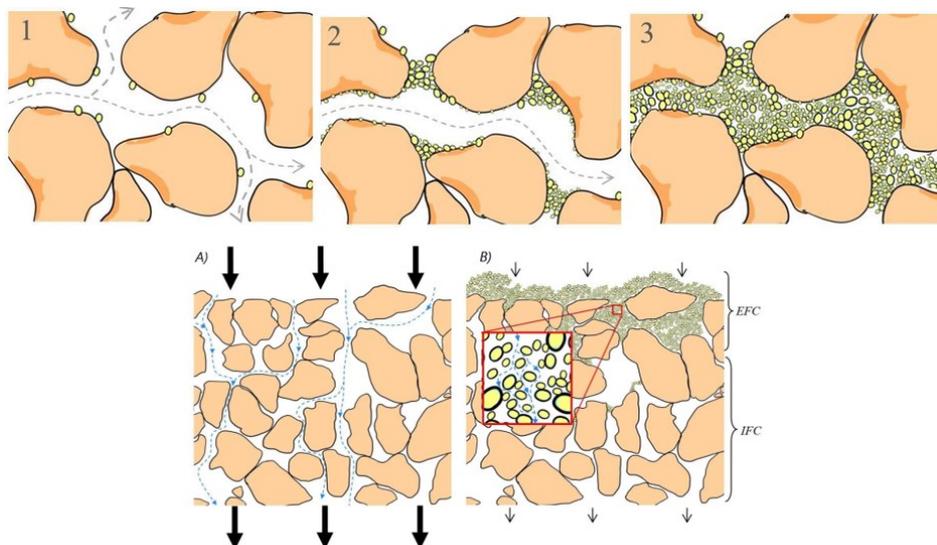


Рисунок 2 – I. Схематическое изображение (1, 2, 3) образования IFC (внутренний фильтрационный осадок) и EFC (внешний фильтрационный осадок) в тонком диске с последующими повреждениями пласта.

II. Схематический рисунок тонкого диска до (А) и после (В) тестирования с закачкой жидкости. Черная стрелка указывает на скорость потока.

При закачке воды в пласт, сложенный смешанными коллекторами, ее движение в основном происходит по системе трещин, откуда она фильтруется в межзернистую пористую среду пласта или наоборот. Это коллекторы наиболее распространенные. По некоторым данным установлено, что независимо от породы пласта поддержание высокого давления нагнетания позволяет в течении ряда лет сохранить высокую приемистость скважин. Очевидно, в этом случае приемистость скважины определяется количеством трещин в коллекторах и величиной их раскрытия. Для таких пластов, по мнению специалистов, требования к качеству закачиваемых нефтепромысловых сточных вод могут быть значительно снижены.

Для обоснования необходимости создания новой технологии подготовки пластовой воды, обеспечивающей глубокой очистки пластовой воды без взвешенных глинистых частиц, составим уравнения расходов радиальной фильтрации пластовой воды согласно закону Дарси. Дебит добывающих скважин не уменьшается, если первоначальный расход (приемистость) радиальной фильтрации вытесняющей нефть воды Q_1 не будет изменяться в течение всего времени эксплуатации скважин.

Однако из-за наличия большого количества взвешенных твердых глинистых частиц в составе закачиваемой воды, закупоривающих поры горной породы, проницаемость нефтяного пласта существенно снижаются. При этом первоначальный расход (приемистость) радиальной фильтрации вытесняющей нефть воды снижается до величины Q_2 . Согласно закону Дарси эти параметры могут быть определены как

$$Q_1 = \frac{A k_1 dp}{\mu_1 dR} \geq Q_2 = \frac{A k_2 dp}{\mu_2 dR},$$

где A – площадь фильтрации призабойной зоны пласта, k_1 и k_2 – проницаемости пластов при закачке пластовой воды соответственно без и со взвешенными глинистыми частицами, dp – изменение давления от забойного p_0 до пластового p давлений, μ_1 и μ_2 – вязкости закачиваемой воды соответственно без и со взвешенными глинистыми частицами, dR – изменение контура области дренирования скважины (контура питания скважины) от 0 до R .

После интегрирования переменных параметров получим

$$Q_1 \int_0^R dL = \frac{A k_1 dp}{\mu_1} \int_{p_0}^p dp \geq Q_2 \int_0^R dL = \frac{A k_2 dp}{\mu_2} \int_{p_0}^p dp$$

$$Q_1 = \frac{A k_1 (p-p_0)}{\mu_1 R} \geq Q_2 = \frac{A k_2 (p-p_0)}{\mu_2 R}, \quad (1)$$

После сокращения одноименных параметров получим

$$\frac{k_1}{\mu_1} \geq \frac{k_2}{\mu_2} \quad \text{или} \quad k_1 \geq \frac{k_2}{\mu_2} \mu_1$$

Полученные зависимости показывают о том, снижение приемистости нагнетательных скважин происходит с увеличением проницаемости призабойной зоны нефтяного пласта и вязкости закачиваемой воды за счет взвешенных глинистых частиц. Безусловно, при этом увеличивается сопротивление перемещению воды, вытесняющей нефть из пласта и увеличение потребляемой мощности насосных станций. Существенно уменьшается дебит добывающих скважин, так как уменьшается объем закачиваемой воды в нефтяные пласты за единицу времени. Это говорит о том, что необходимо создания новой технологии подготовки пластовой воды, обеспечивающей глубокой очистки пластовой воды без взвешенных глинистых частиц

Нами получен патент на способ глубокой очистки пластовой и сточной воды со взвешенными твердыми частицами. Этот способ осуществляется путем подачи очищаемой воды *I* (Рисунок 3а) из нижнего отсека 1 установки с входным патрубком 2 вертикально с низу в верх последовательно через перфорированную перегородку 3 и несколько слоев зернистого материала с переменными размерами частиц в вертикальном направлении. Нижний 4 и верхний 5 слои зернистого материала имеют максимальные габаритные размеры частиц, а средний слой 6 – минимальные габаритные размеры частиц. Благодаря этому взвешенные твердые частицы не закупориваются в порах фильтра и опускаются вниз и накапливаясь в нижней клинообразной части установки. Вода перемещаясь с низу вверх свободно проходит через поры фильтра. Очищенная пластовая вода *II* выводится через выходной патрубок 7. Через нижний патрубок 8 периодически выводится напором очищенной воды накопившиеся глинистые частицы *III* после их коагуляции реагентами. При необходимости на верхнем отсеке установки очищенная от взвешенных твердых частиц вода с сульфидовостанавливающими бактериями может подвергаться равномерному воздействию окисляющего газа *IV* (например, азона), подача которого осуществляется через отверстия равномерно распределенных по площади перфорированных трубок 9 и вывод отработанного газа *V* – через выпускной патрубок 10.

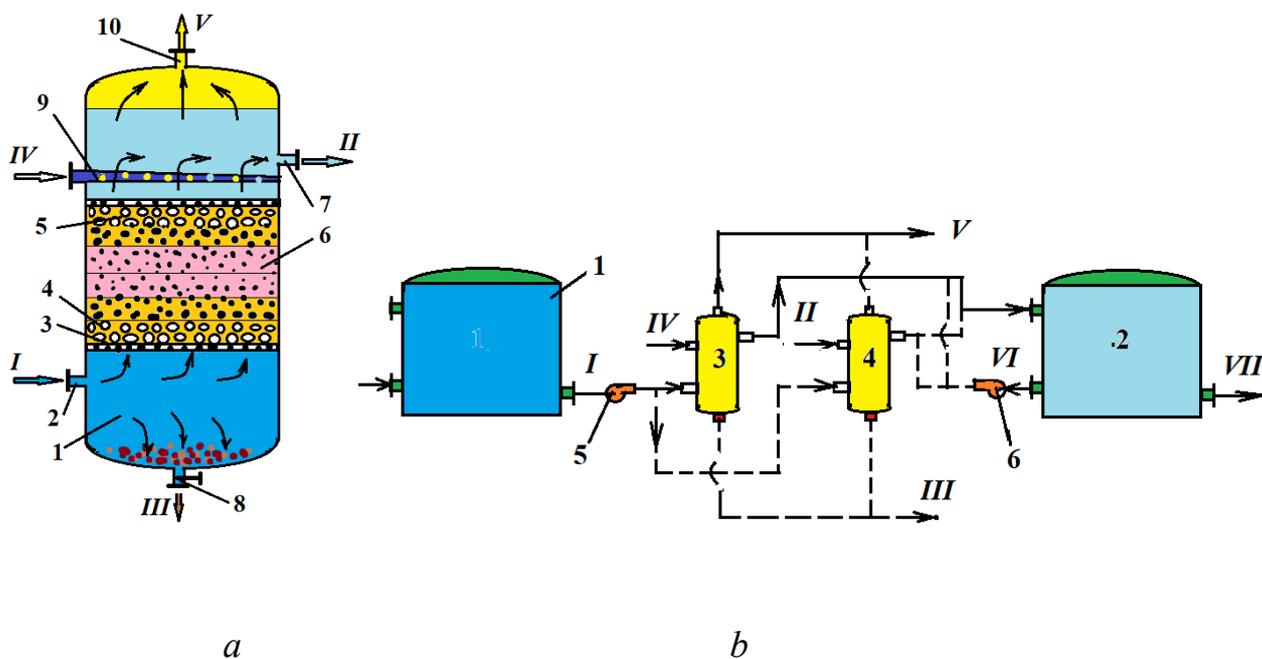


Рисунок 3. Схемы зернистого фильтра (а) с переменными размерами частиц и комплекса оборудования (б) для подготовки пластовой воды без взвешенных глинистых частиц.

Зернистый фильтр прижимается с двух сторон перфорированными пластинами для поддержания в плотном состоянии зернистых частиц. Накопившиеся в нижнем отсеке установки взвешенные твердые частицы периодически выводятся через нижний выпускной патрубок нагнетанием водой. Очищенная от взвешенных твердых частиц вода направляется для поддержания пластового давления и равномерного вытеснения нефти из пласта.

На основании данного способа глубокой очистки воды разработана новая технология подготовки пластовой воды для закачки ее в нефтяные пласты. Схема расположения комплекса оборудования для осуществления данной технологии показана на Рисунок 3б. Комплекс оборудования состоит из резервуаров 1 и 2 для очищаемой I и очищенной II воды, двух зернистых фильтров 3 и 4, а также насосной установки 5 и 6. Поток очищаемой воды из резервуара 1 поступает одному из двух зернистых фильтров 3 или 4 и подвергается к очистке от взвешенных твердых глинистых частиц. Затем очищенная вода направляется к резервуру 2 для дальнейшей подачи ее к скважинам с помощью насосной станции.

По мере накопления глинистых частиц в нижней части зернистого фильтра в установленное время прекращают подачу очищаемой воды. Через нижний патрубок 8 выводится напором очищенной воды накопившиеся глинистые частицы III после их когуляции реагентами. При этом для очистки пластовой воды подключают в работу другой зернистый фильтр. Подача газа IV осуществляется через отверстия равномерно распределенных по площади перфорированных трубок и вывод отработанного газа V – через выпускной патрубок.

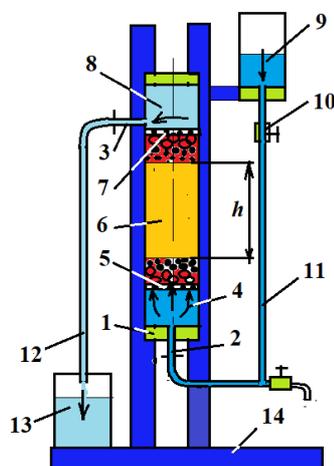
Для установления рациональных параметров рекомендуемой новой технологии подготовки воды для поддержания пластового давления проведено экспериментальное исследование процесса фильтрации пластовой воды через зернистый фильтр с переменными размерами частиц. Экспериментальная установка (Рисунок 3 а и б) состоит из вертикального цилиндрического корпуса 1 (Рисунок 4а) из оргстекла и входного 2 и выходного 3 патрубков. Длина цилиндрического корпуса составляет 670 мм, а диаметр его 90 мм. Внутри цилиндрического корпуса последовательно расположены нижний отсек 4, нижний перфорированный металлический диск 5, фильтр 6 из нескольких слоев зернистых материалов, верхний перфорированный металлический диск 7 и верхний отсек 8. Верхний и нижний перфорированные диски прижаты к друг к другу по середине болтовым соединением.

Очищаемая вода подается из емкости 9 из оргстекла через кран 10 и трубку 11 в нижний отсек цилиндрического корпуса. Очищенная вода поступает через трубку 12 в емкость 13. Цилиндрический корпус и емкости для воды установлены на раме 14.

Зернистый фильтр состоит из пяти слоев с переменными размерами частиц: по порядку с низу первый и пятый слой составлены из керамических шариков с размерами частиц от 3 до 5 мм и имеют высоту 25 мм; второй и четвертый слой составлены из мелких камушек и крупного песка с размерами частиц от 1 до 2 мм и имеют высоту также 25 мм; третий рабочий слой составлен из песка с размерами частиц 0,7 до 1,0 мм и имеет высоту h . Все слои фильтра кроме средней (третьей) имеют постоянную высоту и способствуют постепенному уменьшению и увеличению пор фильтра. Переменные размеры частиц слоев фильтра повышает эффективность глубокой очистки пластовой воды от взвешенных твердых глинистых частиц. Так как все слои с двух сторон прижимаются перфорированными дисками, то поры рабочего слоя фильтра не изменяется под напором потока очищаемой воды. Значения толщины рабочего слоя зернистого фильтра были приняты в следующие значения: $h = 50, 100, 200, 300$ мм.



a



b

Рисунок 4. Общий вид (а) и принципиальная схема (б) экспериментальной установки для очистки пластовой воды от взвешенных глинистых твердых частиц.

Для проведения опытов были приняты образцы пластовой воды со взвешенными глинистыми частицами 1,8 и 3,2 г/л месторождения «Озень» (Казахстан). Основными критериями оценки работы зернистого фильтра с переменными размерами частиц эксперимента были приняты: масса в мг взвешенных частиц в одном литре пластовой воды C (г/л) и максимальные размеры частиц взвешенных частиц в мкм в пластовой воде до и после прохождения ее через фильтр.

Очищаемая вода от взвешенных глинистых частиц из нижнего отсека цилиндрического корпуса перемещается вертикально с низу в верх и проходит последовательно через слои зернистого фильтра с переменными размерами частиц. Благодаря тому, что нижние и верхние слои зернистого фильтра имеет постепенно уменьшающиеся размеры частиц, то взвешенные твердые частицы не закупориваются в порах фильтра и опускаются вниз и накапливаясь в нижней части цилиндрического корпуса. Вода перемещаясь с низу вверх свободно проходит через поры фильтра. Очищенная пластовая вода выводится через выходной патрубок цилиндрического корпуса. Масса взвешенных твердых частиц в пластовой воде до и после очистки ее определялась стандартным методом, т.е. пропускание воды через бумажные фильтры и взвешиванием высушенных твердых частиц.

Экономическая эффективность предложенной технологии очистки воды выражается в расчете прибыли от дополнительной добычи нефти. При этом учитываются все статьи затрат: затраты на подготовительные работы, очистка воды через фильтры, эксплуатационные затраты, затраты на электроэнергию, налоговые исчисления.

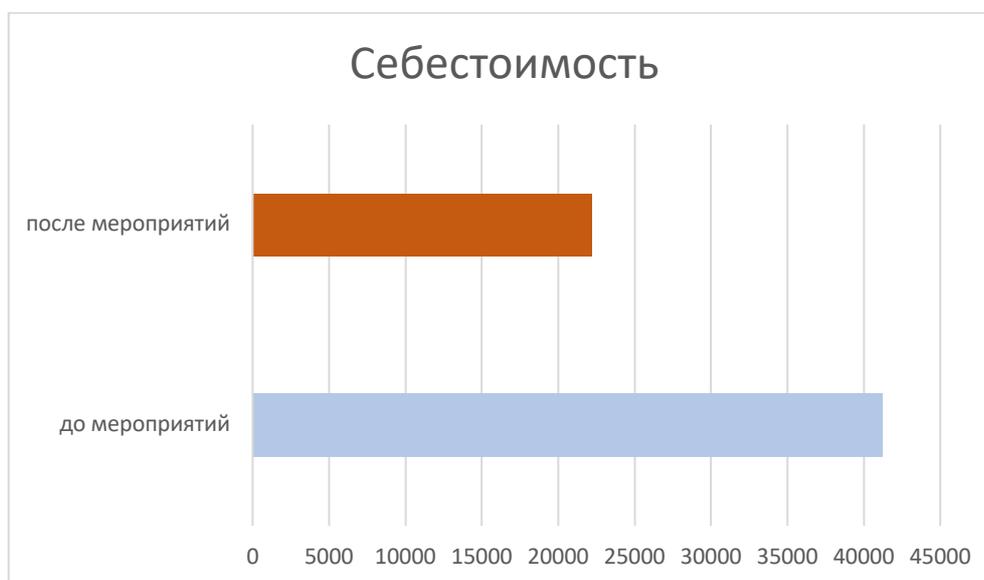


Рисунок 5 – Количество и себестоимость полученной нефти в процессе очистки воды для ППД.

Из результатов вышеназванных расчетов следует, что годовая экономическая эффективность одной скважины после очистки воды для ППД составляет 22937672 тенге.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной диссертационной работе показаны теоретические и экспериментальные исследования технологии глубокой очистки пластовой воды от взвешенных твердых частиц для поддержания пластового давления на нефтяных месторождениях, из которых были сделаны следующие выводы:

– Проведенный анализ литературных источников и оценка разработки месторождений в Казахстане как Кумколь, Арыскум, Узень, Алибекмола и Жанаталап и других, показали, что преобладающим фактором высокой обводненности на месторождениях до 90 % является некачественная закачиваемая в пласт вода, подготавливаемая для ППД, и несоответствие качества воды, подаваемой для закачки в пласты, требованиям нормативной документации РК. Также нарушение времени отстоя продукции в технологических аппаратах приводит к ухудшению параметров воды.

– По месторождению Узень основываясь на данных фильтрационно-емкостных свойствах коллекторских пород, имеется необходимость обеспечения подготовки закачиваемой воды до кондиции содержанию механических примесей согласно требованиям стандарта РК. На основе разработанной модели закачки воды в пласт по керну месторождения Узень установлено, что идет ухудшение коллекторских свойств пласта.

– Разработан способ глубокой очистки воды применением зернистого фильтра с переменными размерами частиц решает проблему снижения проницаемости призабойной зоны и приемистости нагнетательных скважин. Очищаемая вода от взвешенных глинистых частиц из нижнего отсека цилиндрического корпуса фильтра перемещается вертикально с низу в верх и проходит последовательно через зернистые слои с переменными размерами частиц. Благодаря тому, что нижние и верхние слои зернистого фильтра имеют постепенно уменьшающиеся размеры частиц, то взвешенные твердые частицы не закупориваются в порах фильтра и опускаются вниз и накапливаясь в нижней части цилиндрического корпуса.

– Установлены рациональные параметры зернистого фильтра с переменными размерами пор для очистки пластовой воды со взвешенными глинистыми частицами для поддержания пластового давления. Применение зернистых фильтров с переменными размерами частиц в системе подготовки пластовой воды для поддержания пластового давления существенно повысит

дебиты добывающих скважин (минимум в 1,5 – 2 раза) за счет увеличения проницаемости нефтяного пласта и приемистости нагнетательных скважин.

– Экспериментально выявлено, что при высоте зернистого слоя свыше 100 мм в пластовой воде после ее очистки количество взвешенных твердых частицами достигает до нуля. Для повышения надежности работы фильтра высоту зернистого слоя можно принять в пределах 200 – 300 мм. Были экспериментально определены значения коэффициента сопротивления перемещению воды через зернистый фильтр в зависимости от высоты зернистого слоя, которые дают возможность установить потребляемая мощность насосных установок.

– Разработка научных рекомендации для новой технологии глубокой очистки пластовой воды от взвешенных глинистых частиц для поддержания пластового давления, обеспечивающей повышение нефтеотдачи залежи и увеличение дебита скважин.

– Техничко-экономическая эффективность предлагаемой технологии повышения коэффициента извлечения нефти была обоснована расчетами. Данный метод экономически эффективен не только для данного месторождения, но и для всех месторождений, находящихся в близких условиях.