

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 21.04.01. Нефтегазовое дело
 Отделение школы (НОЦ) Нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Совершенствование эффективных систем заводнения и применения технологии полимерного заводнения на нефтяных месторождениях

УДК 622.276.43-036.6-048.32

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ7Т	Черненко Игорь Константинович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Зятиков Павел Николаевич	Д.Т.Н		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Максимова Юлия Анатольевна			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романюк Вера Борисовна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Зятиков Павел Николаевич	Д.Т.Н		

Томск – 2019 г.

Код результата	Результат обучения
<i>Общие по направлению подготовки</i>	
P1	Применять естественнонаучные, математические, гуманитарные, экономические, инженерные, технические и глубокие профессиональные знания в области современных нефтегазовых технологий для решения прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем, соответствующих профилю подготовки
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные исследования с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в сложных и неопределённых условиях; использовать принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности
P3	Проявлять профессиональную осведомленность о передовых знаниях и открытиях в области нефтегазовых технологий с учетом передового отечественного и зарубежного опыта; использовать инновационный подход при разработке новых идей и методов проектирования объектов нефтегазового комплекса для решения инженерных задач развития нефтегазовых технологий, модернизации и усовершенствования нефтегазового производства
P4	Выбирать оптимальные решения в многофакторных ситуациях, владеть методами и средствами технического моделирования производственных процессов и объектов нефтегазовой отрасли; управлять технологическими процессами, обслуживать оборудование, использовать любой имеющийся арсенал технических средств, обеспечивать высокую эффективность при разработке нефтегазовых объектов
P5	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности; активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности
P6	Работать эффективно в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и оперативные планы всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, нести ответственность за результаты работы; координировать работу групп по извлечению и совершенствованию добычи нефти, газа и газового конденсата, передавать знания через наставничество и консультирование
P7	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений</i>	
P11	Контролировать выполнение требований регламентов для обеспечения добычи нефти, газа и газового конденсата и повышение интенсификации притока скважинной продукции
P12	Совершенствовать, разрабатывать мероприятия и/или подготавливать бизнес-предложения по технологическому процессу и технологическим мероприятиям при добыче нефти, газа и газового конденсата на основе производственного менеджмента и планирования работ в сфере нефтегазодобычи
P13	Корректировать программы работ по добыче нефти, газа и газового конденсата, выбирать и принимать решения в нестандартных ситуациях, опираясь на государственные стандарты в области нефтегазодобычи

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа	Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки	21.04.01. Нефтегазовое дело
Отделение школы (НОЦ)	Нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ7Т	Черненко Игорю Константиновичу

Тема работы:

Совершенствование эффективных систем заводнения с применением технологии полимерного заводнения на нефтяных месторождениях	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Пакет технической, технологической и нормативной информации по системам заводнения, тексты и графические материалы отчетов и исследовательских работ, фондовая и научная литература
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Общие сведения о системах заводнения, , определение факторов влияющих на эффективность системы заводнения, анализ эффективности нестационарного заводнения, социальная ответственность при работе с насосными станциями, экономическая эффективность от внедрения нестационарного заводнения. Полимерное заводнение, факторы, влияющие на полимерное заводнение. Критерии применения современных методов заводнения.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Доцент Романюк Вера Борисовна
Социальная ответственность	Ассистент Абраменко Никита Сергеевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Введение	
Вытеснение нефти водой в послойно и зонально неоднородном по коллекторским свойствам пласте при различных вариантах размещения скважин	
Влияние площадной анизотропии пласта на коэффициент охвата заводнением	
Применение метода поддержания пластового давления при реализации системы горизонтальных скважин	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель / консультант :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Зятиков П. Н.	д.т.н		
Старший преподаватель	Максимова Ю. А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ7Т	Черненко Игорь Константинович		

РЕФЕРАТ

Данная аттестационная работа написана на 103 страницах, содержит 18 рисунков и 17 таблиц.

Ключевые слова: МЕСТОРОЖДЕНИЕ, ГОРИЗОНТ, ЗАЛЕЖЬ, ПЛАСТ, ОБЪЕКТ, СКВАЖИНА, ЗАВОДНЕНИЕ, ПОДДЕРЖАНИЕ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ, НЕСТАЦИОНАРНОЕ ЗАВОДНЕНИЕ, МЕСТОРОЖДЕНИЕ, НЕФТЬ, ПОЛИМЕРНОЕ ЗАВОДНЕНИЕ, НЕОДНОРОДНОСТЬ, ПРИЕМИСТОСТЬ, МОДЕРНИЗАЦИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ,

Объектом исследования являются системы заводнения применяемые на месторождениях России

Цель работы – Оценка целесообразности применения полимерного воздействия, нестационарного заводнения на выбранных участках. Исследование применения технологий заводнения с целью увеличения темпов отбора, коэффициента нефтеизвлечения, технико-экономических показателей.

В выпускной квалификационной работе приведены сведения о современных технологиях заводнения, применяемых на месторождениях России. Проведены расчеты экономической эффективности при внедрении нестационарного метода заводнения. Проанализирован процесс работы методов заводнения в условиях месторождений России. Магистерская работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, и Microsoft Excel.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

КИН – коэффициент извлечения нефти;
ППД – поддержание пластового давления;
КНС – кустовая насосная станция;
ДНС – дожимная насосная станция;
ИНФП – изменение направления фильтрационных потоков;
ПАВ – поверхностно активные вещества;
НЗ – нестационарное заводнение;
НГДУ – нефтегазодобывающее управление;
ГНК – газонефтяной контакт;
ВНК – водонефтяной контакт;
ГВК – газоводяной контакт;
ВНЗ – водонефтяная зона;
НТД – нормативно-техническая документация;
НПО – нефтепромысловое оборудование;
ВУС – вязко-упругие составы
ВНФ – водо-нефтяной фактор
ГИС – геофизические исследования скважин
ПДС – полимерно-дисперсные системы
КРС – капитальный ремонт скважин
ОПЗ – обработка призабойной зоны
ПЗП – призабойная зона пласта
ПАА – полиакриламид
ПНП – повышение нефтеотдачи пласта
ППД – поддержание пластового давления
СПС – сшитая полимерная система

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1. ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС ВЫТЕСНЕНИЯ ПРИ ЗАВОДНЕНИИ.....	12
1.1. Вытеснение нефти водой в послойно и зонально неоднородном по коллекторским свойствам пласте при различных вариантах размещения скважин	13
1.2. Влияние площадной анизотропии пласта на коэффициент охвата заводнением	15
1.3. Применение метода поддержания пластового давления при реализации системы горизонтальных скважин	19
2. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЗАВОДНЕНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫХ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ.....	23
2.1. Нестационарный метод заводнения	23
2.1.1. Механизм нестационарного заводнения	23
2.1.2. Реализация поочередной остановки зон закачки.....	24
2.1.3. Перемена направлений фильтрационных потоков.....	26
2.1.4. Механизм перемены направлений фильтрационных потоков при нестационарном заводнении.....	27
2.1.5. Импульсное циклическое заводнение	28
2.1.6. Анализ применения технологии циклического воздействия на Аганском месторождении Западной Сибири.....	29
2.1.7. Результаты применения технологии нестационарного заводнения на Аганском месторождении	33
2.2. Полимерное заводнение.....	34
2.2.1. Выбор участков применения технологии полимерного заводнения	35
2.2.2. Схема реализации полимерного воздействия	39
2.2.3. Критерии оценки эффективности опытно-промышленных исследований, опытно-промышленных и промышленных работ	40
2.2.4. Техника и технология использования полимерного заводнения	44
2.2.5. Результаты проведения полимерного заводнения и анализ эффективности с учетом естественного падения добычи нефти.....	49

3. КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАВОДНЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО МЕТОДА ЗАВОДНЕНИЯ И ПОЛИМЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.	53
3.1. Условия эффективного применения полимерного заводнения	53
3.2. Условия эффективного применения нестационарного заводнения	57
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	65
4.1. Расчет экономического эффекта циклической закачки рабочего агента в пласт на примере Аганского нефтяного месторождения	65
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ РАБОТЕ ОПЕРАТОРА С ОБОРУДОВАНИЕМ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ.	73
5.1. Производственная безопасность	73
5.2. Анализ вредных производственных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте.....	74
5.3. Анализ опасных производственных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте.....	78
5.4. Экологическая безопасность.....	82
5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	91

ВВЕДЕНИЕ

Неотъемлемой частью современной технологии разработки нефтяных месторождений России и мира в целом является метод заводнения пластов. Основная часть месторождений России на сегодняшний день производит добычу нефти за счет заводнения.

Развитие и внедрение технологии заводнения нефтяных месторождений происходило в течение достаточно большого промежутка времени. В начале 30-х годов заводнение было применено впервые в мире на экспериментальном участке месторождения Восточного Техаса в США. А уже в 40-х годах в промышленных масштабах был освоен и применен метод законтурного заводнения.

Метод заводнения пластов является эффективным и недорогим средством увеличения нефтеотдачи, а за счет совместного применения технологий циклического заводнения, перемены направления фильтрационных потоков и оптимизации давления нагнетания становится еще более эффективным средством повышения нефтеотдачи.

В совокупности с наиболее значимыми за последнее время достижениями в нефтегазовой индустрии такими как, распространенное использование горизонтальных скважин, гидроразрывов пластов, одновременно-раздельной эксплуатации, энергосберегающих технологий по реализации системы закачки воды применение их для проектирования систем заводнения позволит реализовать многие научно-технические задачи в области разработки месторождения.

В свою очередь полимерное заводнение является одним из высокоэффективных методов физико-химического воздействия на продуктивный пласт.

Широкое распространение полимерного заводнения обусловлено его достоинствами. Метод хорошо подходит для извлечения нефти в условиях различных стадий разработки месторождений с неравномерной проницаемостью, различных по свойствам и строению коллекторов,

осуществляется при небольших расходах реагента, не требует применения дорогостоящего и сложного оборудования. Однако, ограничения полимерного заводнения, связанные с коллекторными свойствами пласта (ограничения по проницаемости), и ограничения, связанные с физико-химическими свойствами нефти (вязкость нефти) определяют данный метод как избирательный при выборе объекта полимерного воздействия.

Поскольку основным методом искусственного воздействия на нефтяные пласты остается, и в ближайшие годы будет оставаться заводнение, повышение его эффективности является задачей первостепенной важности. Одной из причин недостаточной эффективности заводнения является высокое соотношение вязкостей добываемой нефти в пластовых условиях и закачиваемой воды, при этом неоднородность пористой среды усугубляет неравномерность продвижения фронта вытеснения. В неоднородных по проницаемости пластах (при коэффициенте вариации проницаемости 0,7 и выше) добыча даже маловязкой нефти сопровождается преждевременными прорывами вытесняющего агента по наиболее проницаемым зонам, что приводит к снижению охвата пласта процессом вытеснения и нефтеотдачи в целом. Повышению эффективности системы заводнения может способствовать применение методов физико-химического воздействия на продуктивные пласты.

В результате применения методов на основе заводнения пластов средняя нефтеотдача пластов возрастает более чем в 2 раза, в сравнении с применением режима истощения пласта.

Эффективность систем заводнения отчасти зависит от геолого-физических условий коллекторов. При идеальных условиях геологической и технической составляющей в результате заводнения конечная нефтеотдача не превышает 50-60% от начальных запасов нефти, а при приближенных к реальным условиям составляет около – 30-40%. Так же из негативных факторов неблагоприятно влияющих на работу систем заводнения можно выделить основные такие как высокая неоднородность пластов и повышенная

вязкость нефти, которые в совокупности создают условия при которых наблюдается большой удельный расход воды и низкие показатели коэффициента нефтеизвлечения.

На сегодняшний день в целях разработки месторождений с различными по характеру геолого-физическими условиями разработан и испытан обширный комплекс технологий воздействия на основе метода заводнения. В связи с этим классификация существующих систем заводнения, а также результаты, опыт внедрения и развитие метода имеют огромное значение для совершенствования разработки месторождения в целом.

Таким образом, выбор оптимальной системы и рационального размещения скважин для различных геолого-физических условий и стадий разработки, определение условий для эффективного применения метода заводнения, дальнейшее совершенствование существующих технологий систем заводнения и применение новых технологий в этой сфере являются актуальными проблемами современной нефтедобычи.

1. ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕСС ВЫТЕСНЕНИЯ ПРИ ЗАВОДНЕНИИ

В процессе разработки, возникает множество факторов, влияющих на процесс ППД, как в целом, так и по каждой отдельной скважине. Зачастую, информация по нагнетательным скважинам, накопленная на месторождении, используется не эффективно или вовсе не используется. Комплексный контроль некоторой системы подразумевает под собой измерение большого объема физических параметров, характеризующих работу ее отдельных элементов и системы в целом. На данном этапе контролю систем ППД уделяется недостаточно внимания, по-видимому, из-за кажущейся отдалённости их от процесса нефтеизвлечения.

При закачке воды возникает множество трудностей, таких как:

- уменьшение приёмистости скважин со временем;
- кинжальные прорывы по высокопроницаемым пропласткам;
- прорывы воды к забоям добывающих скважин;
- утечка нагнетаемой воды в другие, не целевые пласты;
- образование трещин автоГРП.

Всё это приводит к неэффективной закачке воды.

Для регулирования системы ППД и контроля за ней необходимо учитывать множество факторов, таких как:

- геологическое строение залежи;
- тип коллектора;
- ФЕС пласта;
- состояние разработки месторождения; -
- контроль качества нагнетаемой воды для ППД;
- загрязнение ПЗП в ходе нагнетания;
- существующие проблемы, характерные для данного объекта разработки;

Выбор оптимальных режимов работы нагнетательных скважин необходимо проводить с учётом выше перечисленных факторов.

1.1. Вытеснение нефти водой в послойно и зонально неоднородном по коллекторским свойствам пласте при различных вариантах размещения скважин

Опыт разработки месторождений свидетельствуют о том, что зональная, слоистая неоднородность коллекторских свойств, прерывистость пластов, линзовидное их строение являются главными факторами, снижающими эффективность разработки, коэффициент извлечения нефти и повышающими обводненность. В связи с необходимостью преодоления негативного проявления зональной неоднородности коллекторских свойств, которые нельзя было учесть при проектировании первоначальной системы заводнения, были созданы очаговые и избирательные системы

На примере моделирования разработки Турнейского яруса Западно-Сиреневского месторождения проведены исследования с размещением скважин по двум вариантам, которые различаются тем, что:

- Вариант 1. Скважины под нагнетание воды осваиваются в пониженной, слабопроницаемой, частично заводненной зоне
- Вариант 2. Скважины под нагнетание воды осваиваются в повышенной, среднепроницаемой зоне структуры, неохваченной заводнением (Рисунок 1)

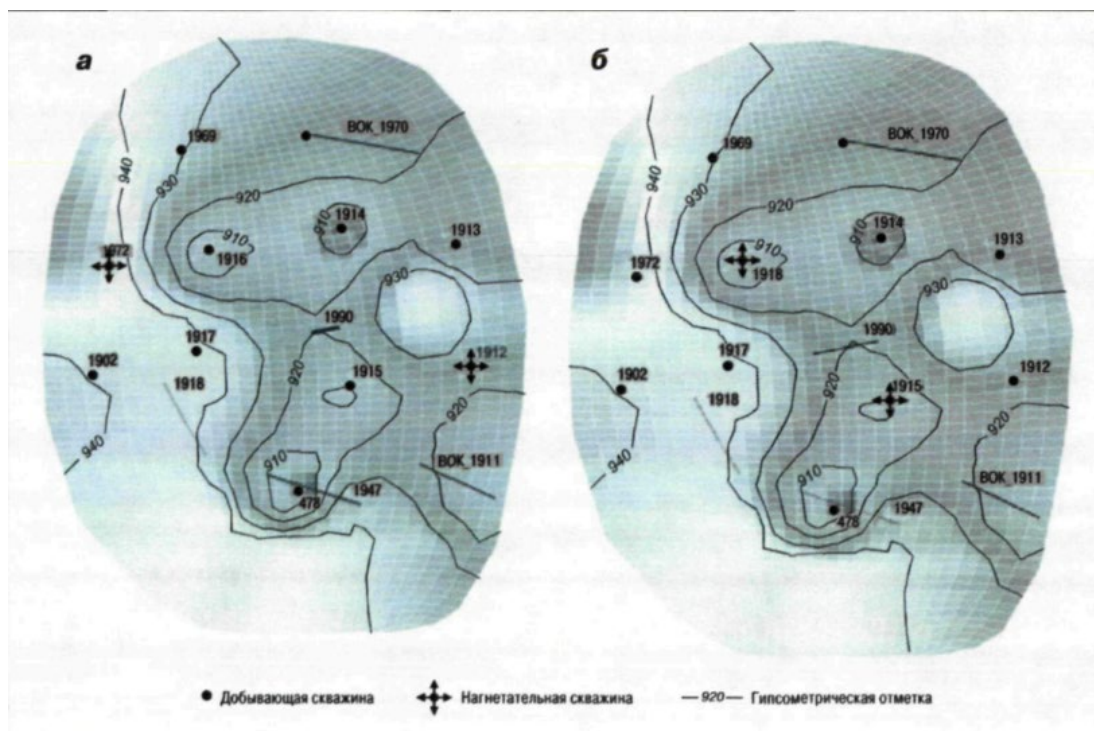


Рисунок 1 - Варианты размещения скважин на Западно-Сиреневском месторождении а) 1 вариант, б) 2 вариант

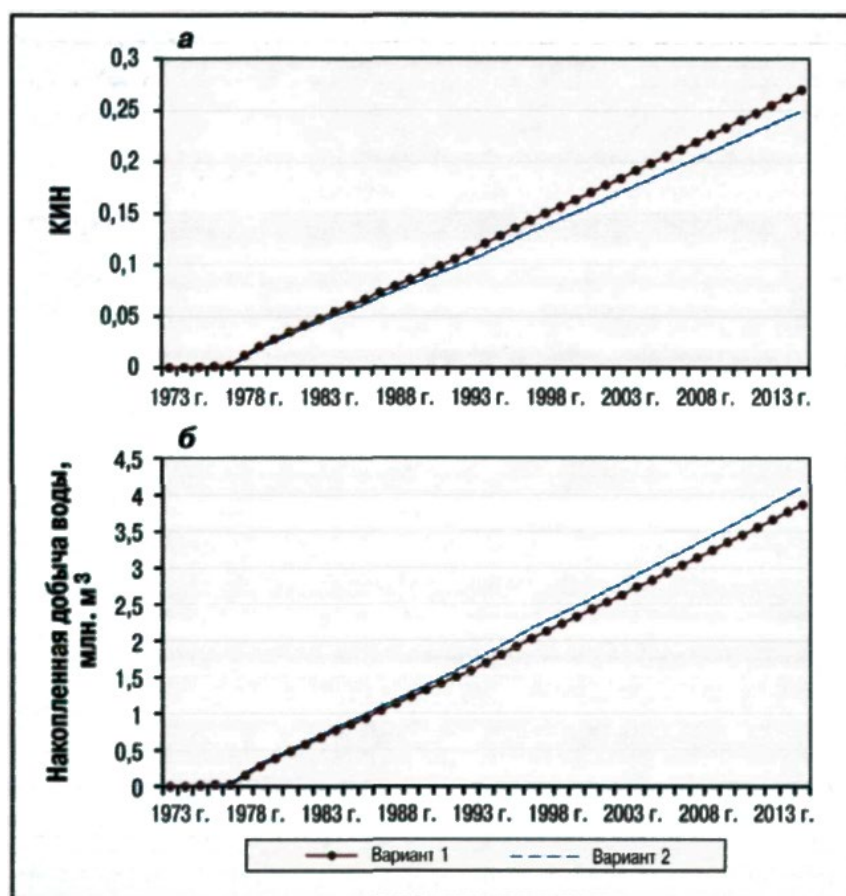


Рисунок 2 - Технологические параметры при моделировании участка Западно-Сиреневского месторождения

Результаты показывают, что относительно размещения скважин по второму варианту, расположение их в пониженной, слабопроницаемой, частично заводненной зоне является наиболее эффективным в плане конечного увеличения коэффициента нефтеотдачи и снижения обводненности продукции добывающих скважин.

Анализ результатов моделирования показывает, что по КИН более эффективно вытеснение нефти водой из слабонефтенасыщенных, частично заводненных зон к более нефтенасыщенным; из пониженных участков к повышенным; из слабопроницаемых и менее пористых коллекторов к более проницаемым и более пористым; из расчлененных анизотропных зон к менее расчлененным зонам или зонам слияния пропластков с образованием там зон стягивания контура вытеснения.

1.2. Влияние площадной анизотропии пласта на коэффициент охвата заводнением

Давно замечено, что продуктивные пласты месторождений нефти отличаются анизотропией коллекторских свойств. Первые сведения получены в результате анализа кернавого материала. Было обнаружено, что коэффициенты проницаемости образцов породы вдоль и поперек напластования нередко отличаются между собой. В последние годы все большее внимание начинает привлекать площадная анизотропия коллекторских свойств пласта. Она объясняется особенностями осадконакопления, но в значительной степени - тектоническими процессами. При формировании будущей ловушки продуктивный пласт подвергается сжимающим усилиям, которые приводят к развитию и формированию системы трещин определенной направленности. Особенно это касается карбонатных коллекторов.

Отрицательное влияние трещиноватости из-за быстрого прорыва воды в добывающие скважины отмечено в работе по залежам Чечено-Ингушетии, по объектам Татарстана, по залежам Куйбышевской и Оренбургской областей.

Отрицательные последствия объясняются тем, что трещины имеют большую проводимость и протяжённость, сопоставимую с расстоянием между скважинами, что приводит к преждевременному прорыву воды и снижению охвата пласта заводнением.

При анализе разработки карбонатных залежей, характеризующихся трещиноватостью, отмечается анизотропный характер фильтрации флюидов. Наряду с лабораторными определениями стали развиваться методы оценки анизотропии пласта по фактическим данным исследований скважин.

С целью изучения анизотропии коллекторских свойств продуктивных карбонатных пород составляются карты удельной ёмкости (произведение эффективной толщины на открытую пористость) семилюкского горизонта.

Главной тенденцией изменения удельной ёмкости пород семилюкского горизонта является то, что по площади залежи выделяются локальные поля, имеющие преимущественно линейно-вытянутые формы субпараллельных региональному разлому и совпадающих по ориентации направлением развития основных систем тектонических трещин. Анизотропия фильтрационных свойств также определена путём прослеживания темпа снижения пластового давления в скважинах, которые введены в эксплуатацию до начала заводнения, и когда давление в залежи было выше давления насыщения.

Существуют аэрокосмические методы выделения зон трещиноватостей карбонатных коллекторов. Исследования показывают, что направления трещиноватости, определенные по изменению характера и интенсивности пластового давления, дебитов скважин, обводнённости, совпадают с аэрокосмогеологическими исследованиями.

Довольно эффективным способом является закачка в пласт (вместе с нагнетаемой водой) различных индикаторов. Важным инструментом становится применение методов гидропрослушивания пласта. Использование современных методов сейсморазведки, результатов геофизических и гидродинамических исследований скважин, керновых данных позволяет

устанавливать объемную анизотропию коллекторских свойств и ориентацию систем трещин.

К особенностям проектирования разработки низкопродуктивных коллекторов, характеризующихся трещиноватостью, следует отнести взаимное размещение добывающих и нагнетательных скважин относительно простирания основных трещин. Тем самым задача осложняется и сводится не только к выбору вида системы заводнения, но и выбору местоположения добывающих и нагнетательных скважин относительно простирания основных направлений трещин.

Оптимальным направлением продвижения фронта воды, несмотря на низкую эффективность на первом этапе, является направление, перпендикулярное простиранию основных систем тектонических трещин. Продвижение фронта воды в крест простиранию трещин обеспечит вытеснение нефти из менее проницаемой части породы блоков.

При пятиточечной системе нагнетания, когда нагнетательные и добывающие скважины расположены под острым углом к основным направлениям трещин, самая низкая величина коэффициента охвата вытеснением. При девятиточечной системе две добывающие скважины расположены по основным направлениям трещин, а одна под острым углом к трещинам, коэффициент охвата вытеснением занимает промежуточное положение. Линейная система заводнения, при которой нагнетательные и добывающие ряды расположены параллельно направлению трещин, коэффициент охвата вытеснением - максимальный.

Из всего приведенного следует, что использование анизотропных свойств трещиноватых коллекторов является наиболее перспективным направлением в решении вопроса оптимального размещения добывающих и нагнетательных скважин, конфигурации элементов систем заводнения и их ориентации относительно трещин.

С учетом анизотропии разработана разновидность системы заводнения, учитывающую тензорную природу проницаемости коллекторов. Она

включает рациональное размещение нагнетательных и добывающих скважин в элементах неправильной (деформированной) формы с расстоянием между скважинами, определяемым оптимальной плотностью сетки и ориентацией системы относительно главных осей тензора проницаемости.

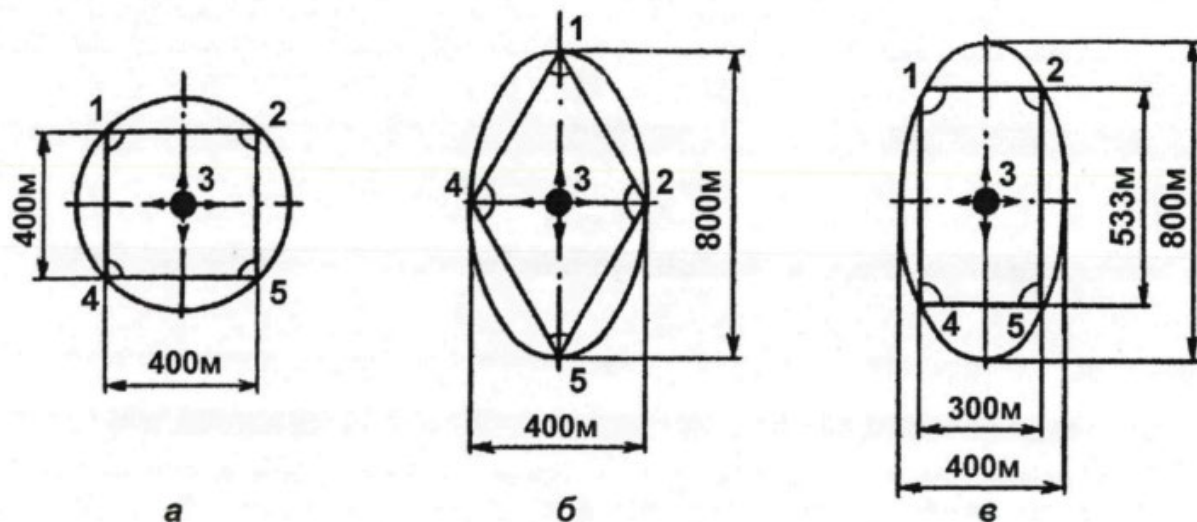


Рисунок 3 - Пятиточечная система заводнения

а) равномерное размещение скважин и б,в) варианты деформирования сетки

На рисунке 3 приведены варианты видоизменения схем (деформирования) системы заводнения пятиточечной с учетом площадной анизотропии пласта. Добывающие скважины размещают по контуру эллипса, у которого отношение большой и малой оси равно показателю анизотропии проницаемости пласта в 0,5-ой степени, а систему заводнения ориентируют по большой оси эллипса параллельно направлению трещин.

Скважины по контуру эллипса размещают равномерно или с одинаковыми расстояниями между скважинами в ряду и рядами. При этих условиях соблюдается принцип симметричности расположения элементов схемы заводнения. В зависимости от решаемых задач принципы размещения скважин могут быть иными.

С учетом анизотропных свойств пласта добывающие скважины пятиточечной системы заводнения располагаются по контуру эллипса в виде ромба или прямоугольника (рисунок 3 б, в). Вид таких схем заводнения

зависит от расположения осей координат относительно осей симметрии многоугольника.

Все остальные более сложные виды заводнения можно получить на основе этих 2-х элементарных схем, обрамляя их добывающими скважинами, расположенными по контуру эллипса. Расстояния между рядами и скважинами в рядах предопределяются оптимальной плотностью сетки скважин, показателем начальной интенсивности системы заводнения и показателем анизотропии пласта.

1.3. Применение метода поддержания пластового давления при реализации системы горизонтальных скважин

В настоящее время наблюдается огромный интерес во всем мире к использованию горизонтальных скважин при разработке нефтяных месторождений. Прежде всего, привлекательность горизонтальных скважин связана с тем, что они отличаются большой поверхностью фильтрации, и это позволяет при той же депрессии на пласт получать больший дебит скважины.

Анализ фактических данных бурения и эксплуатации показывает, что в среднем дебиты горизонтальных скважин превышают дебиты окружающих вертикальных скважин в 2-3 раза. Стоимость горизонтальных скважин в 1,8-2,0 раза превышает стоимость вертикальных скважин.

В некоторых случаях горизонтальные скважины не имеют преимущества перед вертикальными. Из-за отсутствия системы ППД происходит быстрое снижение пластового давления, что сводит на нет их эффективность.

Следовательно, организация поддержания пластового давления на залежах, разрабатываемых на основе использования горизонтальных скважин, требует более тщательного исследования. Важно правильно представлять последствия использования горизонтальных скважин в системах разработки реальных объектов, необходима организация системы ППД с соблюдением определенных условий как при организации всей системы разработки, так при размещении нагнетательных и добывающих скважин.

На сегодняшний момент в связи с огромным интересом во всем мире к использованию горизонтальных скважин при разработке нефтяных месторождений существует необходимость проектирования систем заводнения с учетом производительности горизонтальных скважин, что привело как к модификации существующих систем размещения, так и к созданию новых.

В большинстве случаев горизонтальные скважины вписывают в известные системы размещения, заменяя одной такой скважиной две вертикальные, но далеко не во всех работах имеется научное обоснование данного подхода. На месторождениях Западной Сибири наиболее актуальна проблема выработки трудноизвлекаемых запасов, одним из признаков которых является неоднородность коллекторских свойств по площади и разрезу.

Данный факт приводит к необходимости использования площадных систем заводнения. С другой стороны, развитие горизонтального бурения приводит к активному внедрению горизонтальных скважин в площадные системы заводнения. При этом появляется огромное количество комбинаций, что порождает ряд дополнительных вопросов о длине горизонтальных стволов, соотношении горизонтальных и вертикальных скважин, расположении стволов по разрезу, сопряжении элементов системы.

При использовании горизонтальных скважин возникает ряд проблем, таких как:

- сложность сопряжения элементов,
- определение оптимальной длины горизонтального ствола в элементе,
- раннее обводнение добывающих горизонтальных скважин в некоторых случаях,
- отсутствие аналитических зависимостей для расчета показателей разработки.

При разработке месторождений площадными системами с применением горизонтальных скважин существует два подхода. В первом случае одну

вертикальную скважину заменяют одной горизонтальной (Рисунок 4). Во втором случае происходит замена двух вертикальных скважин одной горизонтальной (Рисунок 5)

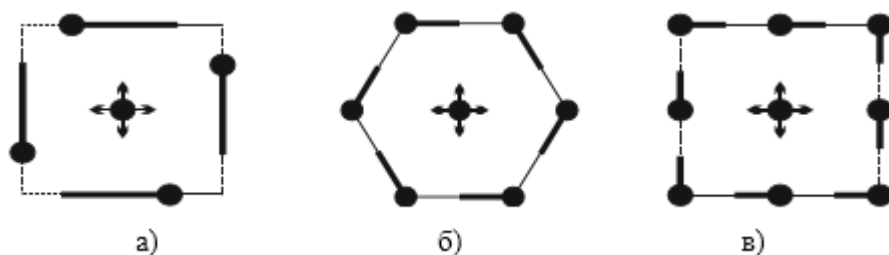


Рисунок 4 - Элементы площадных систем разработки с заменой одной вертикальной скважины одной горизонтальной

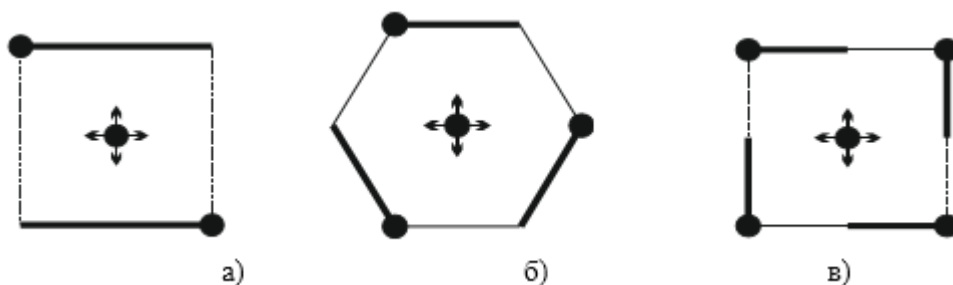


Рисунок 5 - Элементы площадных систем разработки с заменой двух вертикальных скважин одной горизонтальной

Для определения эффективности замены вертикальных добывающих скважин в площадной системе разработки на горизонтальные была проанализирована гидродинамическая модель, в ней на геологофизических данных одного из месторождений Западной Сибири были рассмотрены различные варианты размещения горизонтальных скважин. При этом для сравнения были рассчитаны показатели разработки для элементов с вертикальными скважинами, они приняты в качестве базовых. Для всех элементов была выбрана плотность сетки скважин 16 га/скв. Сравнение было сделано по нескольким показателям.

По результатам сравнения:

- Дебит, полученный из элемента с вертикальными скважинами значительно ниже, чем в варианте с горизонтальными скважинами.

- Накопленная добыча нефти, полученная из элемента с горизонтальными скважинами значительно больше, чем в варианте с вертикальными скважинами.

- Обводненность вертикальных скважин, меньшего всего.

Самый высокий дебит получен из варианта трансформации семиточечной системы, в котором две горизонтальные скважины были заменены одной с длиной горизонтального ствола 400м.

Значительно меньше дебит получен из варианта с горизонтальными скважинами, в котором каждая вертикальная была заменена горизонтальной с длиной горизонтального ствола 200м

Исходя из этого, можно сделать следующие выводы:

- Применение горизонтальных скважин в площадных системах разработки целесообразно,
- При замене вертикальных скважин горизонтальными достаточно эффективны оба вида замен: а) вместо одной вертикальной одна горизонтальная, б) вместо двух вертикальных одна горизонтальная
- Обводнение вертикальных скважин происходит медленнее, чем горизонтальных.

2. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЗАВОДНЕНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫХ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

2.1. Нестационарный метод заводнения

Нестационарное заводнение - это воздействие на пласты, осуществляемое при периодических изменениях давления (расхода) нагнетаемой и отбираемой жидкости. При этом в нефтяной залежи возникают условия для непрерывного проявления упругих сил. В неоднородном пласте между различными пластами (зонами) возникают градиенты гидродинамических давлений, способствующих интенсификации перетоков жидкостей из одних слоев в другие из трещин в блоки

Основные критерии эффективного применения метода по сравнению с обычным заводнением, следующие:

- наличие слоисто-неоднородных или трещиновато-пористых гидрофильных коллекторов;
- высокая остаточная нефтенасыщенность (более раннее применение метода: на начальной стадии ведет к повышению нефтеотдачи на 5-16 % и более, тогда как на поздней - лишь 1-1,5 %);
- технико-технологическая возможность создания высокой амплитуды колебаний давления (расходов),
- возможность компенсации отбора закачкой (в полупериод повышения давления нагнетания объем закачки должен увеличиваться в 2 раза, а в полупериод снижения давления - сокращаться до нуля в результате отключения нагнетательных скважин).

2.1.1. Механизм нестационарного заводнения

Суть метода нестационарного воздействия заключается в том, что в пластах, обладающих неоднородностью по размерам пор, по проницаемости слоев, пропластков, зон, участков и неравномерной их нефтенасыщенностью, вызванной этими видами неоднородности, искусственно создается нестационарное давление.

Оно достигается с помощью периодического изменения режима работы залежи путем остановки и возобновления закачки воды и отбора, благодаря чему более полно используются капиллярные и гидродинамические силы. Это способствует проникновению воды в области пласта, которые ранее не поддавались воздействию.

Циклическое заводнение эффективно применяется на месторождениях, где используется обычное заводнение, особенно в гидрофильных коллекторах, которые капиллярно лучше удерживают внедрившуюся в них воду, а также для мощных слоисто-неоднородных пластов и трещиновато-пористых коллекторов.

В неоднородных пластах эффективность циклического заводнения выше, чем эффективность обычного заводнения. Это обусловлено тем, что в условиях заводнения неоднородного пласта остаточная нефтенасыщенность участков пласта с худшими коллекторскими свойствами существенно выше, чем нефтенасыщенность основной заводненной части пласта. При повышении давления упругие силы пласта и жидкости способствуют внедрению воды в участки пласта с худшими коллекторскими свойствами, капиллярные же силы удерживают внедрившуюся в пласт воду при последующем снижении пластового давления.

2.1.2. Реализация поочередной остановки зон закачки

Поочередная остановка зон закачки на примере Северного участка ижевского месторождения приведено на рисунке 6, на котором показано разделение объекта на четыре зоны, которые поочередно (в направлении по часовой стрелке) останавливались, тогда как остальные зоны находились в работе. По окончании периода остановки продолжительностью двое суток скважины данной зоны переводились на шестидневный цикл закачки, а следующая зона останавливалась.

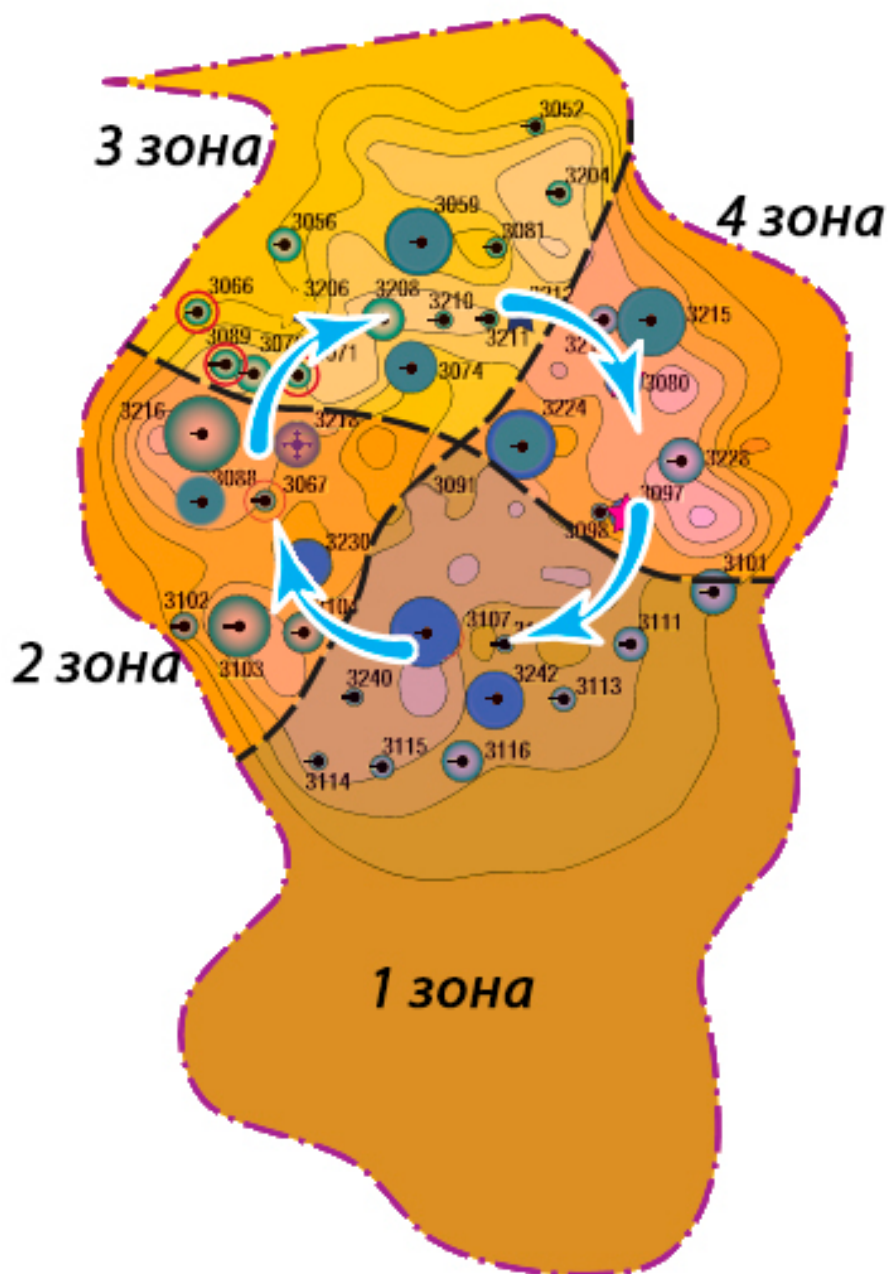


Рисунок 6 – Поочередная остановка зон закачки на северном участке
Ижевского месторождения

Такой режим циклов был выбран исходя из особенностей геологического строения продуктивных пластов и технических возможностей инфраструктуры. Зоны и скважины были подобраны таким образом, чтобы объем ограничения приемистости был равным, при этом закачка от кустовой насосной станции (КНС) обеспечивала 100%-ную компенсацию отбора.

2.1.3. Перемена направлений фильтрационных потоков

Циклическое заводнение тесно связано с изменением направления фильтрационных потоков (ИНФП). В связи с этим существуют как классические варианты применения технологии нестационарного заводнения (через одну в ряд, через ряд, блочно-угловое), так и предложены новые схемы, основанные на особенностях геолого-физических свойств коллектора, а также условиях проведения данного метода (круговое, синусоидальное, рядное линейно-попеременное, блочно-площадное) (Рисунок 7).

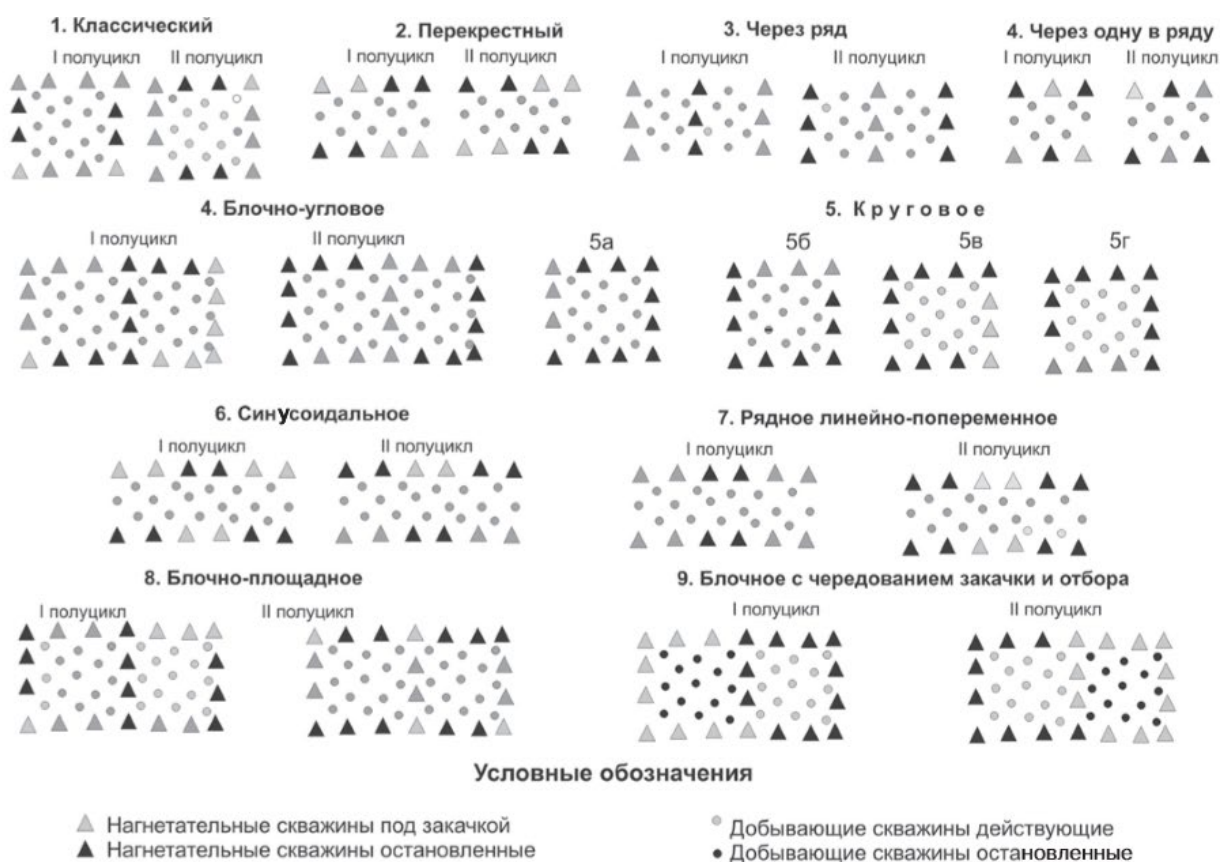


Рисунок 7 - Разновидности метода циклического заводнения

В результате изменения закачки происходит изменение фильтрационных потоков, меняются направленность и величины градиентов давления, за счет чего на участки, ранее не охваченные заводнением, воздействуют более высокие градиенты давления, и нефть из них вытесняется в заводненную, проточную часть пластов, чем достигается увеличение нефтеотдачи.

2.1.4. Механизм перемены направлений фильтрационных потоков при нестационарном заводнении

Физическая сущность ИНФП можно выразить следующим образом. При обычном заводнении пласта вязкостная неустойчивость вытеснения водой обуславливает образование целиков нефти, обойдённых водой. Также, при вытеснении водой нефти снижается водонасыщенность пласта вдоль направления фильтрационных потоков.

При изменении формы фронта воды внутри пласта происходит изменение градиентов давления как по направлению, так и по величине, что обуславливает внедрение нагнетаемой воды в недренируемые области с низкой проницаемостью, перпендикулярным линиям тока, и дальнейшее вытеснение нефти из них в зоны интенсивного продвижения закачиваемой воды. Объем закачиваемой воды вдоль фронта целесообразно распределять пропорционально остаточной нефтенасыщенности (обратно пропорционально водонасыщенности)

В результате нестационарного воздействия, изменяющегося во времени воздействия на пласты, в них периодически проходят волны повышения и понижения давления. Слои и участки малой проницаемости, насыщенные нефтью, располагаются в пластах бессистемно, обладают низкой пьезопроводностью, а скорости распространения давления в них значительно ниже, чем в высокопроницаемых нефтенасыщенных участках, поэтому между нефтенасыщенными и заводненными зонами возникают различные по знаку перепады давления.

При повышении давления в пласте, т.е. при увеличении объема нагнетания воды или снижении отбора жидкости, возникают положительные перепады давления – в заводненных зонах давление выше, а в нефтенасыщенных ниже. При снижении давления в пласте, т.е. при уменьшении объема нагнетательной воды или повышении отбора жидкости, возникают отрицательные перепады давления – в нефтенасыщенных зонах давление выше, а в заводненных ниже. Под действием знакопеременных

перепадов давления происходит перераспределение жидкостей в неравномерно насыщенном пласте, направленное на выравнивание насыщенности и устранение капиллярного неравновесия на контакте нефтенасыщенных и заводненных зон, слоев, участков.

Возникновение знакопеременных значений давления между слоями разной насыщенности способствует ускорению капиллярной, противоточной пропитки водой нефтенасыщенных зон (слоев) – внедрению воды из заводненных зон в нефтенасыщенные по мелким порам и перетоку нефти, из нефтенасыщенных зон в заводненные по крупным поровым каналам. Без знакопеременных перепадов давления между зонами с разной насыщенностью самопроизвольно капиллярный противоток жидкостей происходить не может в силу переменного сечения поровых каналов, в которых капиллярное вытеснение нефти водой носит прерывистый характер.

Технология ИНФП позволяет стабилизировать уровень добычи нефти, снизить обводненность скважинной продукции и увеличить охват пласта вытеснением. В условиях повышенной неоднородности коллекторских свойств, высокой вязкости нефти и начальной стадии разработки метод является наиболее эффективным.

2.1.5. Импульсное циклическое заводнение

Одной из активных модификаций нестационарного заводнения является метод чередующейся (импульсной) работы нагнетательных и добывающих скважин.

Сущность его заключается в следующем. В период закачки в работе находятся только нагнетательные скважины (добывающие остановлены), за счет чего в пласте создается упругий запас энергии, давление в течение определенного времени возрастает. На следующем этапе в эксплуатацию вводятся добывающие скважины, а нагнетательные останавливаются: расходуется накопленная пластовая энергия. Приток жидкости происходит не только по линиям гидродинамической связи между нагнетательными и

добывающими скважинами, которые обычно бывают высокообводненными, но также за счет притока нефти из зон, ранее не дренируемых.

Это позволяет охватить разработкой низкопроницаемые зоны, которые при стационарном и длительном циклическом заводнении по одной модификации обычно не вырабатываются. По предлагаемому методу также исключается передача давления на объект разработки даже через зоны слияния пластов, так как в период отбора жидкости закачка полностью отсутствует.

Чередующийся (импульсный) метод закачки и отбора жидкости позволяет более полно охватить воздействием зону дренажа скважин, что в конечном итоге снижает обводненность продукции, увеличивает конечную нефтеотдачу пластов.

2.1.6. Анализ применения технологии циклического воздействия на Аганском месторождении Западной Сибири

Технологическая эффективность от применения комплексной технологии определялась по анализу динамики технологических показателей как всего опытного участка, так и показателей работы реагирующих добывающих скважин.

Комплексная технология нестационарного заводнения применяемая на опытном участке Аганского месторождения включает в себя как классическое применение метода нестационарного заводнения с циклической остановкой закачки в пласт, так и применение метода изменения фильтрационных потоков.

В результате реализации комплексной технологии на опытном участке Аганского месторождения технологическая эффективность рассчитанная по методу характеристик вытеснения, дополнительная добыча оценивается в 21723т нефти.

На рисунке 9 представлена динамика месячной добычи нефти по опытному участку. На рисунке видно увеличение добычи нефти. Оценка дополнительно добытой нефти по линейному тренду динамики помесечной

добычи нефти показывает, что в результате применения нестационарного заводнения. Дополнительно добыто 21723 т нефти. При этом необходимо отметить снижение темпа роста обводненности добываемой продукции.

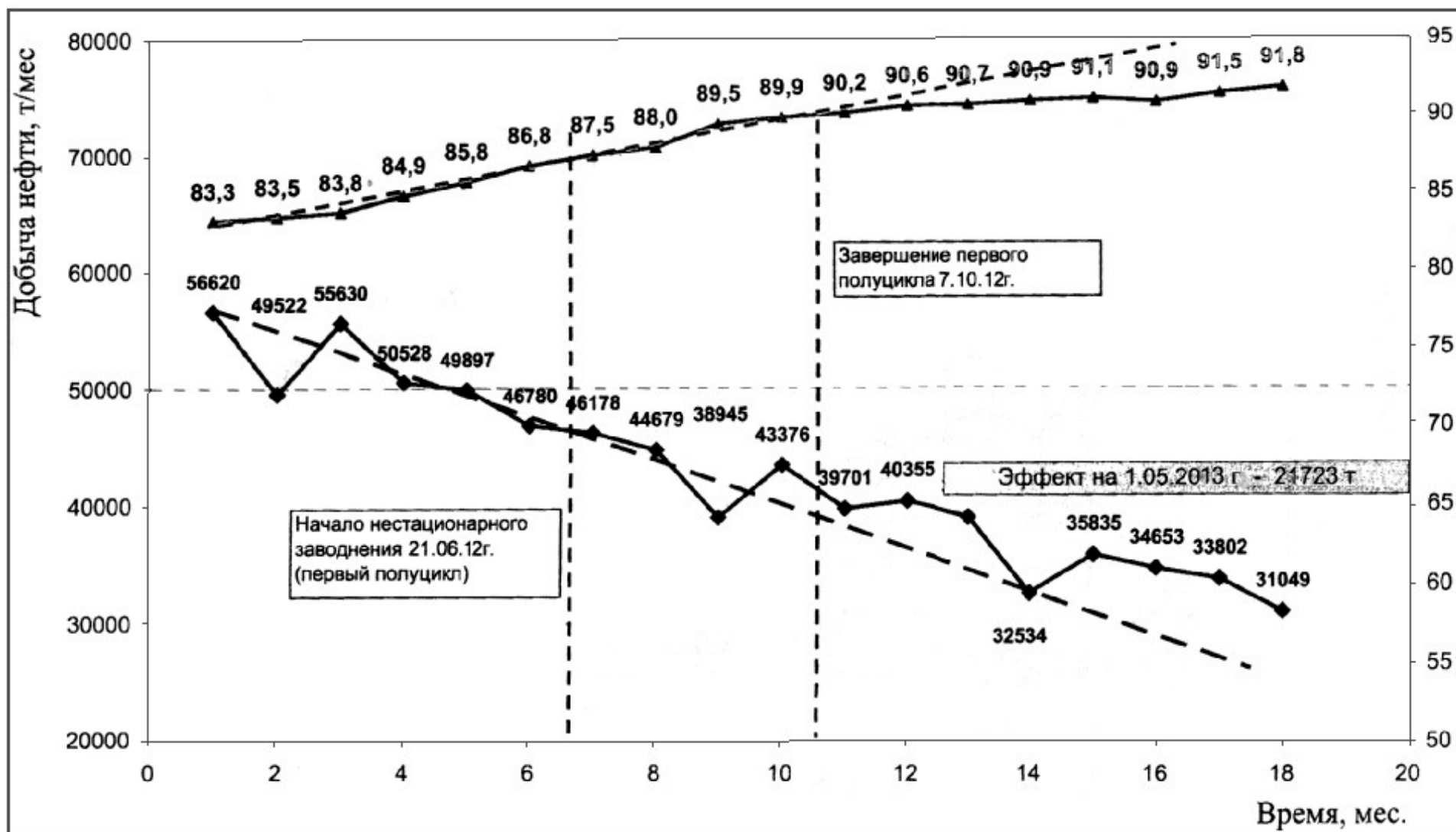


Рисунок 9 – Динамика технологических показателей по опытному участку Аганского месторождения с применением циклического заводнения

Кроме того, был проведен анализ работы всех добывающих скважин опытного участка с точки зрения изменения параметров работы в результате проведенных мероприятий. По каждой из скважин были построены кривые динамики месячной добычи нефти и обводненности, а также кривые падения. В качестве примера на рисунке 10 представлена динамика добычи нефти и обводненности по скважинам 1731 и 1755.

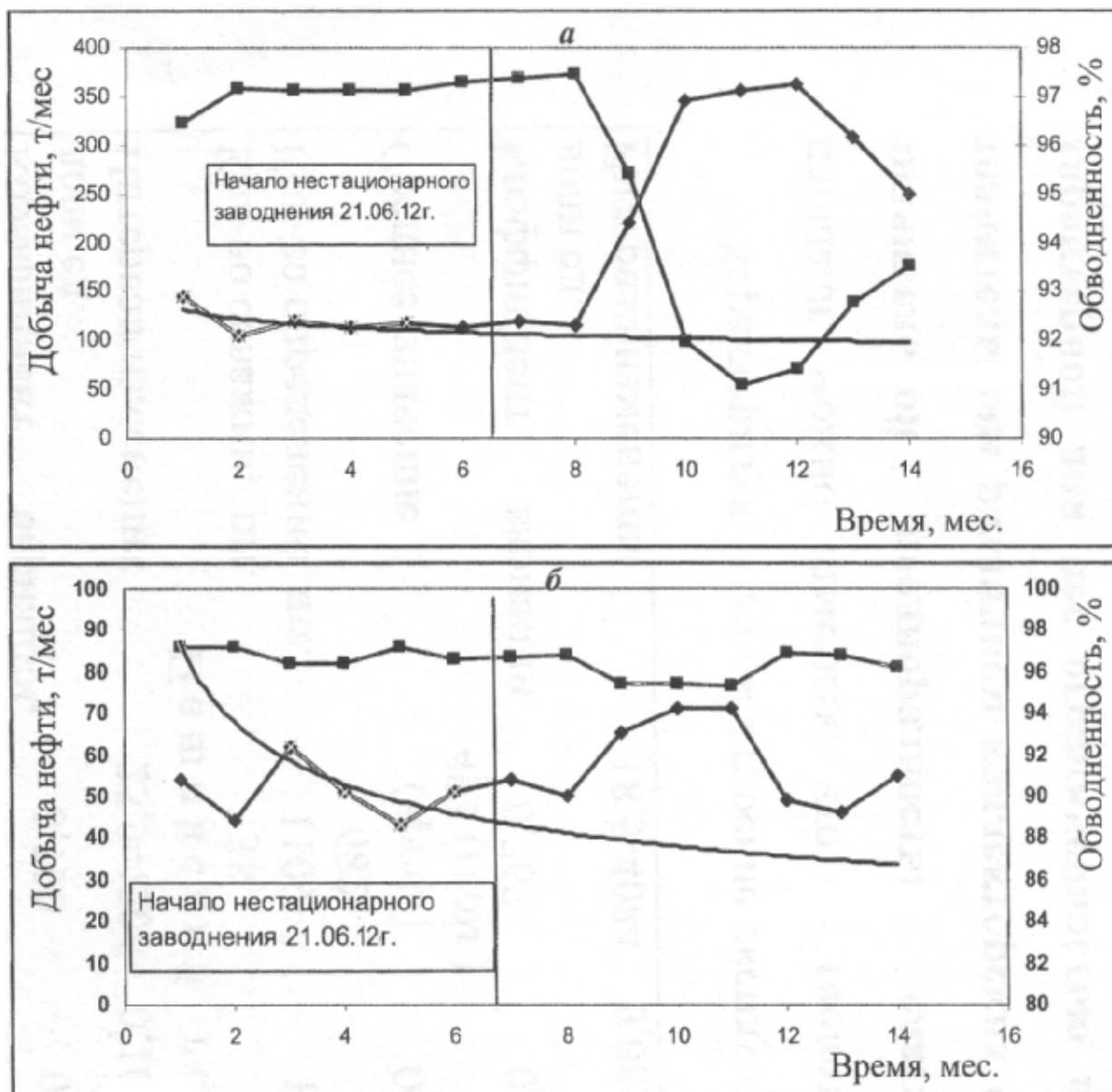


Рисунок 10 – Динамика месячной добычи нефти и обводненности по скв. 1731 (а) и скв. 1755 (б) Аганского месторождения

2.1.7. Результаты применения технологии нестационарного заводнения на Аганском месторождении

В результате проведенного анализа было получено, что применение технологии циклического заводнения благоприятно повлияло на работу 29 скважин, т. е. произошло увеличение дебита, в том числе в 25 скважинах была зафиксирована стабилизация обводненности.

Благодаря реализации технологии, на опытном участке Аганского месторождения дополнительно получено 21723т нефти

Таким образом, проведенные опытно-промышленные работы показали целесообразность применения технологии нестационарного воздействия в сочетании с обработками скважин, направленными на перераспределение фильтрационных потоков, подтвердили правильность выбора объекта разработки и расчета параметров реализации технологии.

Анализ результатов применения технологий нестационарного заводнения показывает их практическую эффективность. В сочетании с технологиями перемены направления фильтрационных потоков технологии нестационарного заводнения показали высокую эффективность применения. Наряду с высокой эффективностью привлекательность данного вида технологий заключается в минимальных затратах на их применение.

Основными причинами промысловой эффективности технологий являются следующие:

- гидродинамическим внедрением воды в низкопроницаемые нефтенасыщенные элементы пласта за счет неравномерного перераспределения давления, вызываемого макронеоднородностью среды;
- капиллярным замещением нефти водой в малопроницаемых зонах пласта, вызываемым микронеоднородностью среды.

2.2. Полимерное заводнение

Полимерное заводнение – это технологически простой и высокоэффективный метод повышения нефтеотдачи пластов, основанный на добавке к воде небольшого количества водорастворимых полимеров при обычном заводнении нефтяных пластов.

Полимерное заводнение дает гораздо более заметное повышение нефтеотдачи по сравнению с традиционными технологиями заводнения. Типичный проект полимерного заводнения предполагает смешивание и закачивание полимера, осуществляемое в течение длительного периода времени, пока полимером не будет заполнено до половины порового объема коллектора.

При закачивании в коллектор воды она идет по пути наименьшего сопротивления (обычно это слои, характеризующиеся более высокой проницаемостью) в сторону соседних добывающих скважин, с более низким давлением. Если содержащаяся в пласте нефть имеет более высокую вязкость, чем нагнетаемая вода, то вода будет просачиваться через эту нефть и обходить ее. Это приведет к снижению степени охвата коллектора процессом вытеснения, а также уровня извлечения нефти.

Улучшить соотношения вязкостей и частично выровнять профили приемистости и отдачи возможно, добавляя к закачиваемой воде полимер.

Сущность метода заключается в изменении соотношения подвижности вытесняющей жидкости и пластовой нефти вследствие увеличения вязкости закачиваемой воды за счет содержания в ней высокомолекулярных полимеров. Увеличение вязкости и снижение подвижности воды способствуют выравниванию фронта вытеснения, замедляя ее продвижение в высокопроницаемых зонах, уменьшая вязкостное языкообразование. Эти факторы вызывают повышение коэффициентов охвата и вытеснения при заводнении.

Накоплен огромный лабораторный, промысловый и теоретический материал, показывающий высокую эффективность полимерного заводнения.

Для полимерного заводнения применяются высокомолекулярные полимеры трех типов:

- на основе акриламида,
- полиэтиленоксиды
- полисахариды.

Полимерные растворы обладают свойством снижать фазовую проницаемость для воды и сохранять ее для нефти. Водный раствор полимера поступает преимущественно в высокопроницаемые пропластки, причем чем выше проницаемость пропластка, тем больше поступает в него полимера, и тем значительней повышается фильтрационное сопротивление высокопроницаемых слоев. Это свойство растворов полимеров широко используется для выравнивания профилей приемистости и отдачи при разработке нефтяных месторождений на любой стадии.

Технологическая и экономическая целесообразность применения полимерного заводнения на любой стадии разработки месторождения несомненна. Однако существуют оптимальные условия использования полимерного заводнения, при которых основные показатели разработки месторождения наилучшие.

2.2.1. Выбор участков применения технологии полимерного заводнения

Выбор участков для полимерного заводнения производился на основе данных геолого-физических данных по месторождению XXX, а также с использованием вышеприведенных критериев применимости.

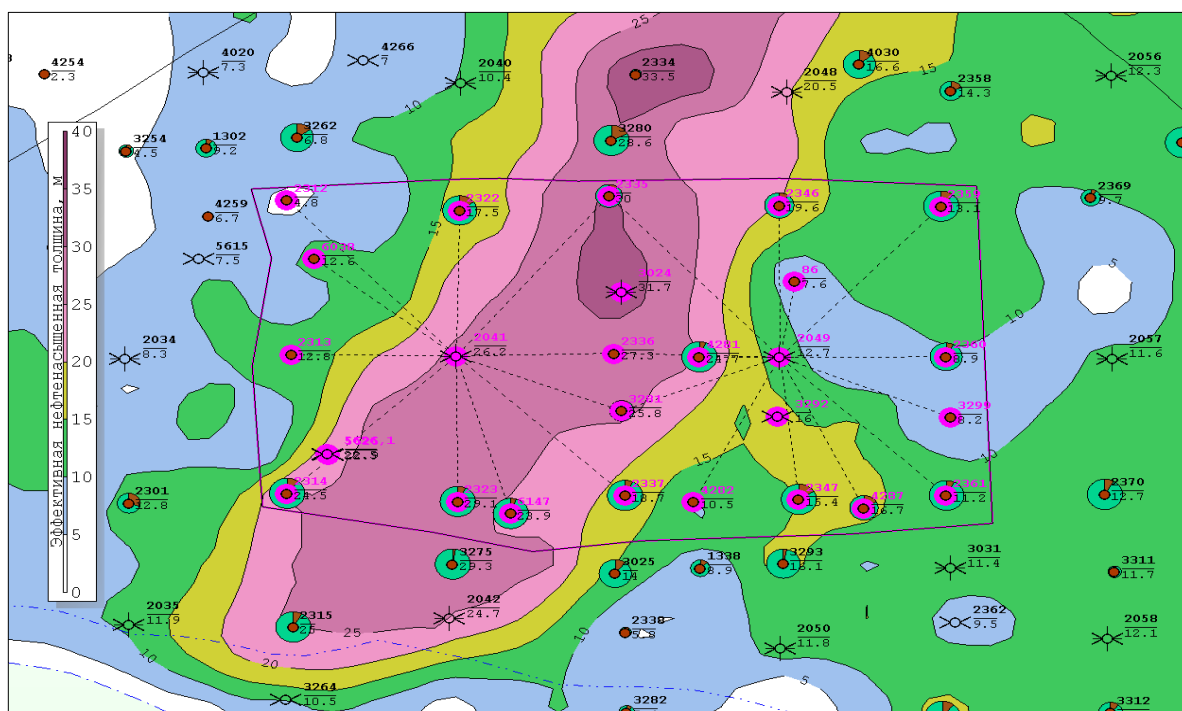
Выбор объектов базировался на детальном анализе геологического строения пласта, фильтрационно-емкостных характеристик, степени проницаемостной неоднородности, а также рабочих характеристик скважин. Приоритет при выборе реагирующих скважин отдавался скважинам в зоне влияния закачки. Далее прогнозные значения рассчитывались в границах 9-ти точечного элемента разработки. Немаловажным фактором явилось техническое состояние скважин.

Проведение многовариантного анализа по различным сценариям использования критерий применимости позволил подобрать участки с оптимальными параметрами. В результате были выделены участки планирования работ по полимерному воздействию по пласту Ю-1 - участки нагнетательных скважин 2041 и 2049 (рисунки 11 – 12).

Краткая характеристика участков скв. 2041-2049 пласта Ю-1

Участки, предлагаемые под полимерное заводнение, находятся к западу от центрального субмеридианального разлома. Участки характеризуется наличием песчаного тела, вытянутого в северо-восточно – юго-западном направлении, с эффективной толщиной до 29 м.

Скважины участков принадлежат области пласта с высокими фильтрационными характеристиками.



Максимальное значение текущей нефтенасыщенности достигает величины 0,7 д. ед. (район скв. №4282) (рисунок 12)

Показатели разработки и состояние геологических и извлекаемых, а также текущих извлекаемых запасов нефти по участкам скважин 2041 и 2049 объекта Ю-1 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Текущие показатели разработки участков скв.2041-2049

Наименование параметра	Участок скв.2041-2049
Пласт	Ю-1
Номера нагнетательных скважин	2041; 2049
Средняя эффективная нефтенасыщенная толщина пласта, м	15
Средняя проницаемость, мкм ² (керна/геофизика)	0.423/ 0.493
Средняя пористость, д.ед.	0.24
Номера реагирующих добывающих скважин	86, 2312, 2313, 2314, , 2322, 2323, 2335, 2336, 2337, 2346, 2347, 2359, 2360, 2361, 3281, 3299, 4281, 4282, 4287, 6038, 6147
Средняя текущая нефтенасыщенность добывающих скважин, д. ед.	0.51
Начальные балансовые запасы нефти, млн.т	4.156
Поровый объем, тыс. м ³	6183
Суммарный дебит нефти по участку, т/сут	132
Суммарный дебит жидкости по участку, т/сут	1234.9
Средняя обводненность, %	89.7
Накопленная компенсация отбора закачкой, %	50.05
Средний дебит по нефти скважин участка, т/сут	5.25
Средний дебит по жидкости скважин участка, т/сут	46.85
Приемистость скважин по тех.режиму на 2кв.2014, м ³ /сут	280 (скв.2041), 265 (скв.2049)
Максимальная средняя за месяц приемистость по истории разработки, м ³ /сут	388 (скв.2041), 404 (скв.2049)
Средняя минерализация попутно добываемой воды по скважинам участка, г/л	124.55
ВНФ (тек.), д.ед.	8.55
ВНФ (нак.), д.ед.	2.75
Минерализация закачиваемой воды, г/л	113.9

Средняя проницаемость вскрытых перфорацией интервалов нагнетательной скважины 2041 – 4417.3 мД, проницаемость колеблется в диапазоне min/max соответственно 419/25276 мД. Средняя проницаемость вскрытых перфорацией интервалов нагнетательной скважины 2049 – 367.6 мД, проницаемость колеблется в диапазоне min/max соответственно 67/947 мД. По добывающим скважинам максимальная проницаемость составляет 1627 мД при среднем значении 553.02 мД.

2.2.2. Схема реализации полимерного воздействия

Схема организации полимерного заводнения на опытном участке

Анализ результатов показал, что прирост коэффициента вытеснения нефти при закачке раствора полимера с концентрацией 1,5 г/л на трех моделях керна составил в среднем 11,0 % по сравнению с коэффициентом вытеснения водой (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициент вытеснения нефти растворами полимеров

Модель керна №	Коэффициент начальной нефтенасыщенности, д. ед	Коэффициент нефтевытеснения, д. ед.		
		После вытеснения нефти водой	После вытеснения нефти полимером и водой	Прирост значения коэффициента вытеснения нефти, %
1	0,763	0,643	0,731	8,8
2	0,751	0,531	0,623	9,8
3	0,775	0,527	0,669	14,2

Применение полимерного воздействия на участке скв. № 2041+2049 позволит дополнительно добыть за шестилетний период времени 86378.6 т нефти. Результаты расчета эффективности полимерного воздействия на различных сетках скважин в условиях месторождения XXX приведены в таблице 3

Таблица 3 – Сводная таблица расчета эффективности применения полимерного заводнения на различных сетках скважин участков месторождения XXX

№ п/п	Параметр	Участок скв. №2041+2049
1	Сетка скважин, м	400
2	Количество добывающих скважин участка, шт.	21
3	Дополнительная добыча нефти с применением полимерного заводнения, т	86378.6
4	Удельная эффективность применения технологии полимерного заводнения, т/скв.	4113.3

Согласно таблице 2, удельная эффективность применения полимерного воздействия на участках № 2041+2049 составит соответственно 4113,3 т нефти на скважину.

2.2.3. Критерии оценки эффективности опытно-промышленных исследований, опытно-промышленных и промышленных работ

Назначение и область применения

Оценка технологической эффективности производится путем сравнения эксплуатационных показателей нефтедобывающих объектов (скважины, участка), полученных в результате применения метода полимерного заводнения, с показателями базового варианта, которые были бы характерны для этого объекта без применения мероприятия.

Для получения достоверной информации, используемой при определении технологического эффекта, необходимо выполнять следующие требования:

- при применении полимерного заводнения должны в полном объеме выполняться промысловые исследования пластов и скважин;
- все скважины должны быть оснащены устьевой арматурой, оборудованием и средствами измерений согласно требованиям технологического регламента;
- при оценке технологической эффективности в качестве исходной информации о фактической добыче нефти, жидкости, воды и другой необходимой информации, должны использоваться результаты измерений этих величин, удовлетворяющие требованиям нормативных документов.

В настоящей работе применяются следующие термины с соответствующими определениями:

- технологический эффект от применения полимерного заводнения – показатель технологической эффективности, равный массе дополнительной нефти и определяемый как разность между фактическим значением накопленной добычи нефти и значением накопленной базовой добычи нефти, рассчитанной при прогнозной базовой добыче жидкости, на дату оценки эффекта.
- характеристики вытеснения (кривые обводнения и кривые падения) - различные зависимости между отборами нефти, воды, жидкости и временем или обводненностью.
- интегральные характеристики вытеснения - зависимости между накопленными отборами нефти, воды и (или) жидкости.
- эмпирическая модель - наилучшая прогнозная модель разработки, выбранная из совокупности характеристик вытеснения, построенных на основе данных добычи жидкости, нефти, воды с учетом начальных балансовых запасов и порового объема
- базовый интервал - интервал времени, на котором по промысловым данным определяются параметры математических моделей, используемые для экстраполяции - для расчёта базовых показателей добычи продукции скважины.
- базовая добыча продукции скважины (жидкости, воды, нефти) - уровень добычи нефти, от которого определяется технологический эффект, рассчитываемый экстраполяцией предыстории на дату оценки эффекта.
- аппроксимация - приближенное выражение каких-либо величин через другие, более известные или более простые (например, выражение дискретных значений текущей добычи жидкости через полиномы различных степеней).

При проведении анализа эффективности полимерного заводнения

нужно учитывать, что локальное применение метода осуществляется с целью изменения КИН относительно базового варианта. Поэтому оценка эффективности заключается в необходимости анализа прироста извлекаемых запасов, который осуществляется по участку пласта по отклонению фактической добычи нефти после применения мероприятия от эмпирической кривой. Для этого при расчетах используются модифицированные характеристики вытеснений, с использованием значений начальных балансовых запасов нефти и порового объема пород объекта. В связи с этим рекомендуется проводить оценку эффективности в целом по пласту (технологическому блоку), с учетом изменения режима работы добывающих скважин.

Расчет базового варианта разработки

Процесс анализа эффективности заводнения складывается из двух этапов. На первом строится геолого-фильтрационная модель. На втором производится собственно анализ эмпирических моделей (характеристик вытеснения) по объектам разработки (пластами и месторождению в целом, другими технологическими блоками). Прогнозные показатели строятся по эмпирической модели разработки (рисунок 7.1). По такой модели могут быть спрогнозированы основные промысловые показатели (добыча нефти, воды, жидкости, обводненность) на любой момент времени.

Анализ эффективности полимерного заводнения включает в себя сопоставление фактических промысловых результатов после начала применения полимерного заводнения с экстраполированными показателями базовой добычи продукции.

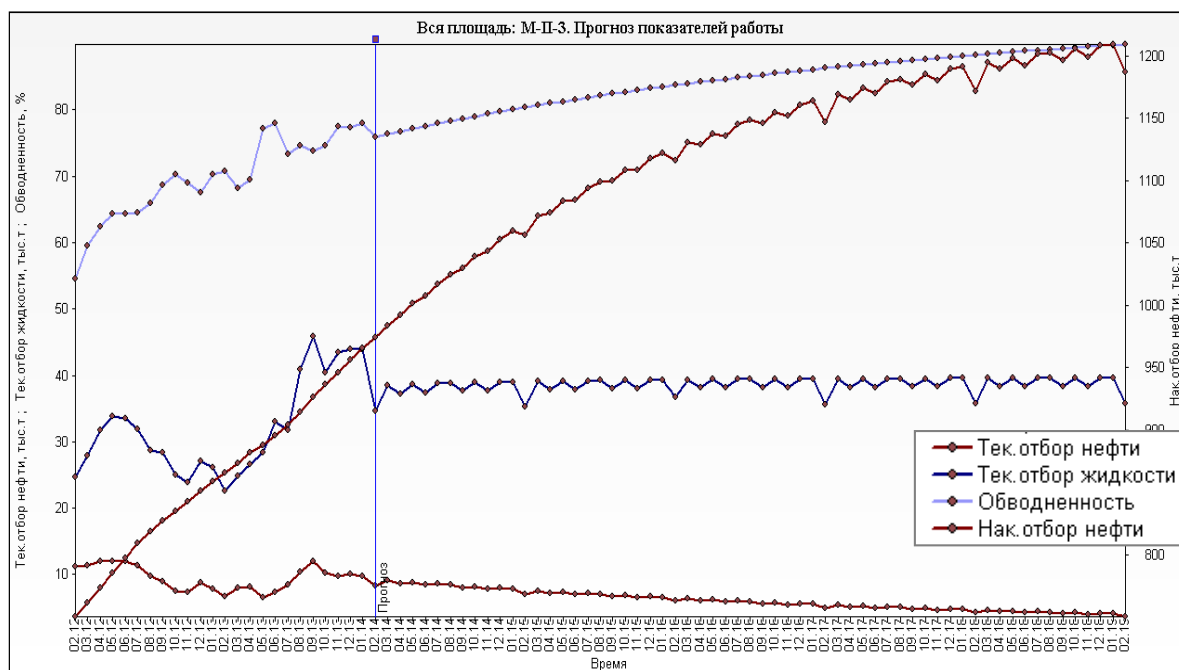


Рисунок 13 – График прогноза показателей разработки

Построение эмпирических моделей

После выделения стадий разработки для текущей стадии строится эмпирическая модель разработки. Под эмпирической моделью понимается наилучшая прогнозная модель разработки, выбранная из характеристик вытеснения, построенных на основе данных этой стадии.

Расчет эффективности примененного метода

Для оценки эффективности в качестве базового варианта используются эмпирические модели разработки, построенные до проведения мероприятия (за период базы сравнения). Оценивается дополнительная добыча нефти, как разность между фактическим объемом добытой нефти и количеством нефти, которое могло бы быть добыто при базовом режиме разработки.

После определения отклонения фактических показателей работы скважины от базового уровня, вычисляется величина дополнительной добычи нефти. Расчет проводится с определенным шагом по времени в зависимости от степени дискретизации имеющейся промысловой информации (обычно по месяцам) и продолжается до тех пор, пока действие эффекта не прекратится (рисунок 13).

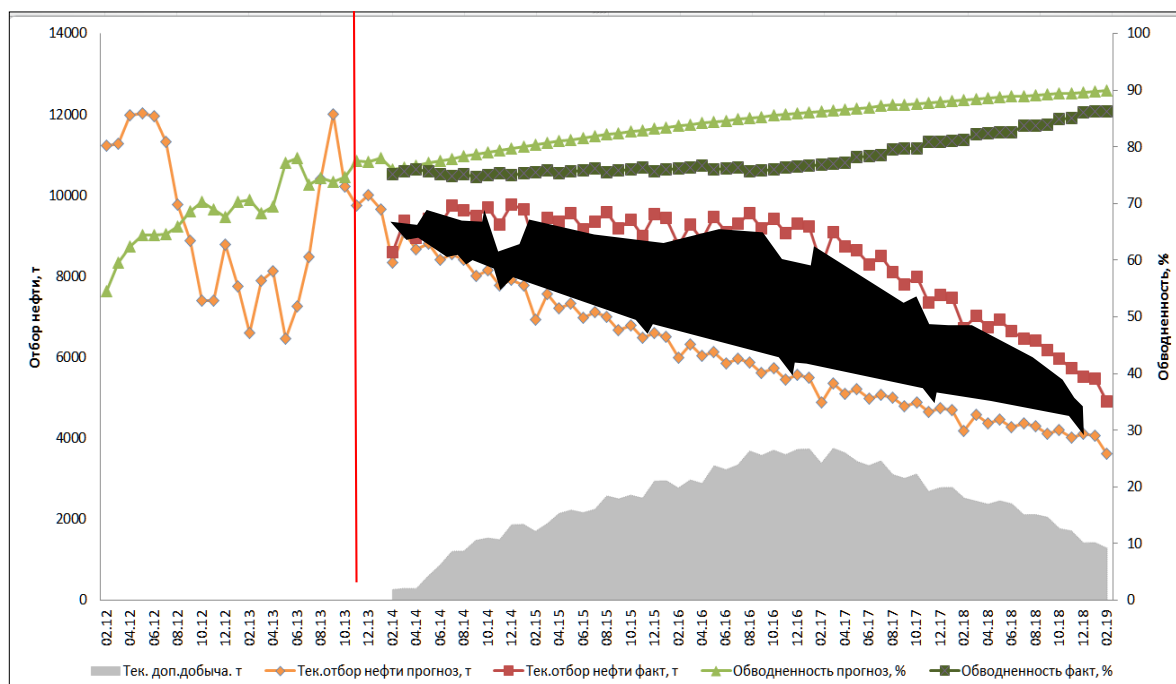


Рисунок 14 – График определения дополнительной добычи нефти

2.2.4. Техника и технология использования полимерного заводнения

Полимерное заводнение один из наиболее распространённых третичных методов повышения нефтеотдачи пластов. Применение технологии полимерного заводнения может быть реализована как на одной, так и на нескольких скважинах участка. При проектировании полимерного заводнения важными аспектами являются: геологическое обоснование участка проведения работ, выбор химии и технико-технологические вопросы реализации проекта.

При проработке технико-технологических вопросов важными критериями являются:

1. Инфраструктура системы ППД (распределение БКНС, линий нагнетания, ВРП);
2. Параметры работы системы ППД (давление на участках системы ППД, температура закачиваемой воды, расход воды);
3. Химический состав воды, содержание механических примесей и остатков нефтепродуктов;
4. Расположение источников энергоснабжения;

5. Характеристики оборудования для полимерного заводнения;
6. Схема подключения установки полимерного заводнения к системе ППД.

Описание установки полимерного заводнения и схема подключения

Для проведения работ по полимерному заводнению наша компания планирует использовать высокотехнологичное оборудование французского производства компании SNF Floerger. Данное оборудование имеет компактную структуру и оборудовано уникальными блоками размельчения и приготовления полимера, а также азотной станцией способствующей предохранению полимерного раствора деструкции.

Предлагаемый комплекс оборудования по полимерному заводнению разрешен к применению на опасных производственных объектах.

Предлагаемое оборудование обеспечивает закачку полимерного раствора одновременно, отдельно в 2 скважины, и соответствует следующим требованиям:

- Наличие специализированного модуля для измельчения полимера, ускорения его созревания и соблюдения однородности полимерного раствора;
- Наличие азотной станции, используемой при приготовлении полимерного раствора и его обработки перед закачкой, с целью предотвращения окисления и распада полимерного раствора;
- Плунжерные насосы с керамическими вставками;
- Наличие компьютеризированной системы контроля работы установки и параметров закачки полимерного раствора;
- Расход сухого порошка – до 100 кг/ч;
- Концентрация полимера – до 15 000 мг/кг;
- Производительность каждого насоса - до 180 л/мин;
- Объём баков дозревания оснащённых электромеханическими мешалками - не менее 5 м³;
- Диапазон давления – 7-140 бар;

- Макс. температура жидкости – 80 °С;
- Энергоемкость установки – до 150 кВт.

На рисунке 15 представлена технологическая линия приготовления и заправки полимера.

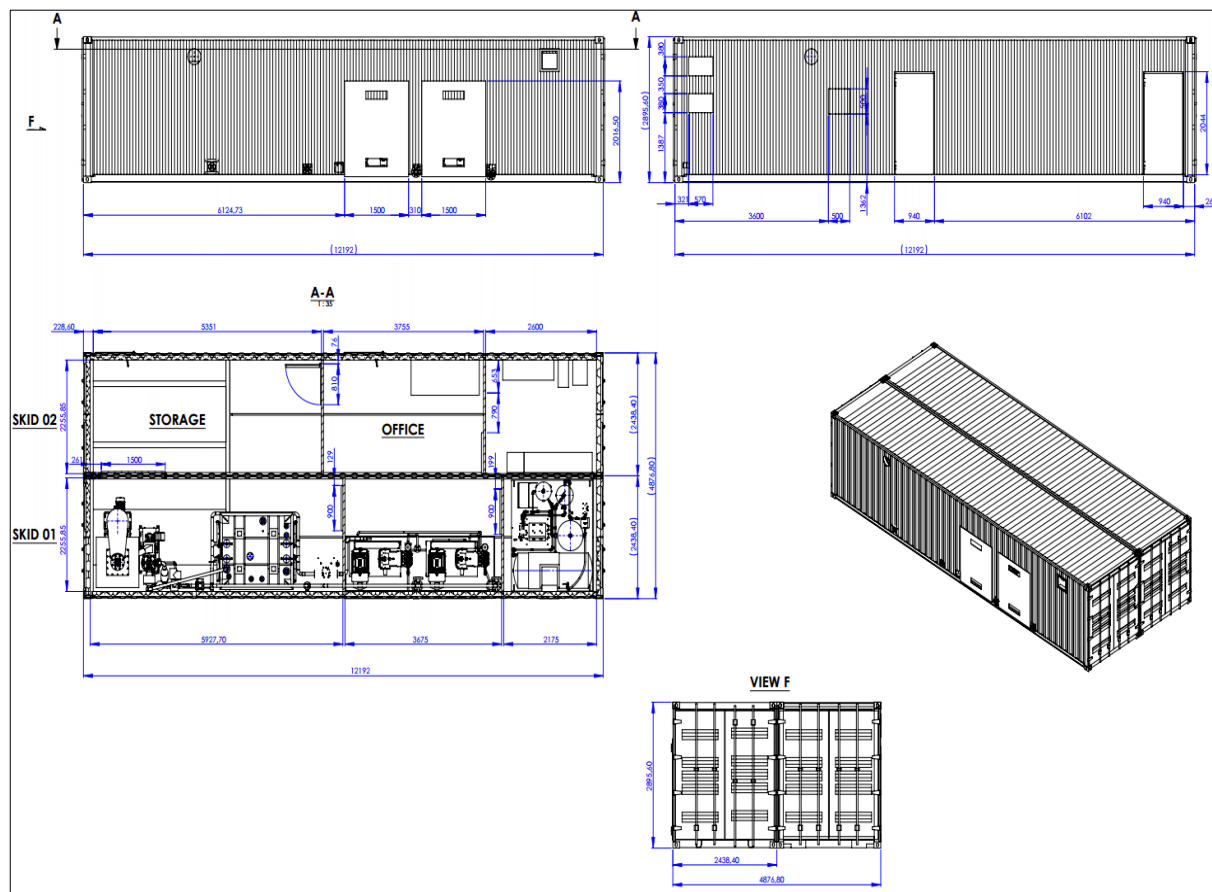


Рисунок 15 – Технологическая линия приготовления и заправки полимера
В SKID №1 входит следующее оборудование:

- 1) Бункер для приёма и подачи полимера к аппарату PSU, вместимостью до 1500кг сухого полимера
- 2) Аппарат PSU, функции которого, предварительное смачивание, размельчение и окончательное смешивание с водой. Обеспечивает концентрацию вплоть до 15 000 мг/кг. Производительность до 100кг/ч.
- 3) Блок дозревания маточного раствора. Представляет собой 4-х секционную ёмкость, объёмом 4-е кубических метра. Каждая секция оснащена электромеханической мешалкой.
- 4) Далее приготовленный маточный раствор при помощи дожимного

насоса подаётся в узел закачки.

- 5) Узел закачки это два инъекционных насоса высокого давления, рассчитанных для закачки полимерного раствора в две скважины одновременно.
- 6) Для максимальной защиты маточного полимерного раствора от преждевременного окисления и создания инертной среды в баках дозревания, смонтирована азотная станция, которая обеспечивает непрерывную подачу азота в процессе приготовления полимерного раствора.

В SKID №2 размещается:

- 1) Отсек для хранения полимера в мешках по 25кг на европолетах. Вместимость 4тн.
- 2) Электрощитовая. Включает в себя силовое и низковольтное оборудование, преобразователи частоты, полный пакет КИПиА.
- 3) Операторская. Оснащена панелью управления электрикой и системой HMI (управление и контроль процессом приготовления и закачки).

Установка оснащена системой обнаружения пожара и газа.

Программа закачки полимерного раствора

Работы по закачке полимерного раствора с использованием марки полимера Superpusher K-129 должны производиться согласно программе работ, как показано в таблице **3**

Таблица 4 – Программа закачки для опытного участка

Параметры закачки			Параметры полимера					
Номер дня закачки	Число дней	Концентрация полимера	Вязкость полимера	Приемистость скважины 2041	Приемистость скважины 2049	Количество полимера по скважине 2041	Количество полимера по скважине 2049	Накопленный полимер
		(мг/кг)	(сП)	м3/сут	м3/сут	(т)	(т)	(т)
1	1	500	2,5	250	250	0,12	0,12	0,25
2	1	1000	5	250	250	0,25	0,25	0,75
3	1	2000	19,7	250	250	0,5	0,5	1,75
4	1	3000	38	250	250	0,75	0,75	3,25
5-20	15	4000	60	250	250	15,0	15,0	33,25
21-22	2	3000	38	250	250	1,5	1,5	36,25
23-30	7	2000	19,7	250	250	3,5	3,5	43,25
31-60	30	2000	19,7	250	250	15	15	73,25
61-90	30	2000	19,7	250	250	15	15	103,25
91-120	30	2000	19,7	250	250	15	15	133,25
121-150	30	2000	19,7	250	250	15	15	163,25
151-180,5	30,5	2000	19,7	250	250	15,25	15,25	193,75
2015 год								
1-365	365	2000	19,7	250	250	182,5	182,5	559
2016 год								
1-366	366	2000	19,7	250	250	183	183	925
2017 год								
1-365	365	2000	19,7	250	250	182,5	182,5	1290
2018 год								
1-365	365	2000	19,7	250	250	182,5	182,5	1655

Необходимая концентрация полимера составит 2000 мг/кг, обеспечивая вязкость 19.75 сП. Программа закачки описана ниже:

- Закачка полимерного раствора будет производиться в нагнетательные скважины № 2041 и 2049 со средними значениями объемов закачки (приемистости) 250 м³/сут в каждую.
- Концентрация полимера в обеих скважинах будет одинаковой- от минимальной 500 мг/кг с увеличением в течение первых 5 дней до 4000 мг/кг с целью отслеживания реакции пласта и скважин на закачку полимера.
- После достижения максимальной концентрации закачка должна быть продолжена при концентрации 4000 мг/кг в последующие 15 дней. Цель

- создание высоковязкого экрана.
- После закачки высоковязкого экрана концентрация полимерного раствора должна быть снижена до концентрации 2000 мг/кг в течение 3 дней.
- В последующие 4 года планируется продолжать закачку полимера с концентрацией 2000 мг/кг.

Анализ эффективности полимерного заводнения

Проведен анализ результатов расчетов эффективности испытания полимерного заводнения на участке скважин № 2041, 2049. В эти скважины должны закачивать постоянно полимер марки Superpusher K 129 в объеме 1655 т за период 44 месяцев. Продолжительность эффекта 80 месяцев. При этом планируется дополнительная добыча 86 378,6 т нефти.

2.2.5. Результаты проведения полимерного заводнения и анализ эффективности с учетом естественного падения добычи нефти

Для оценки эффективности в качестве базового варианта используются эмпирические модели разработки, построенные до проведения мероприятия (за период базы сравнения). Оценивается дополнительная добыча нефти, как разность между фактическим объемом добытой нефти и количеством нефти, которое могло бы быть добыто при базовом режиме разработки.

Показатели разработки участка скв. 2041-2049 с прогнозом по характеристикам вытеснения приведены в виде графика на рисунках 16-17. Расчет технологического эффекта мероприятия приведен в таблице 4 и представлен на рисунке 18.



Рисунок 16 – График разработки с прогнозом (характеристика вытеснения) участка скважин 2041-2049. Месторождение XXX, пласт Ю-1

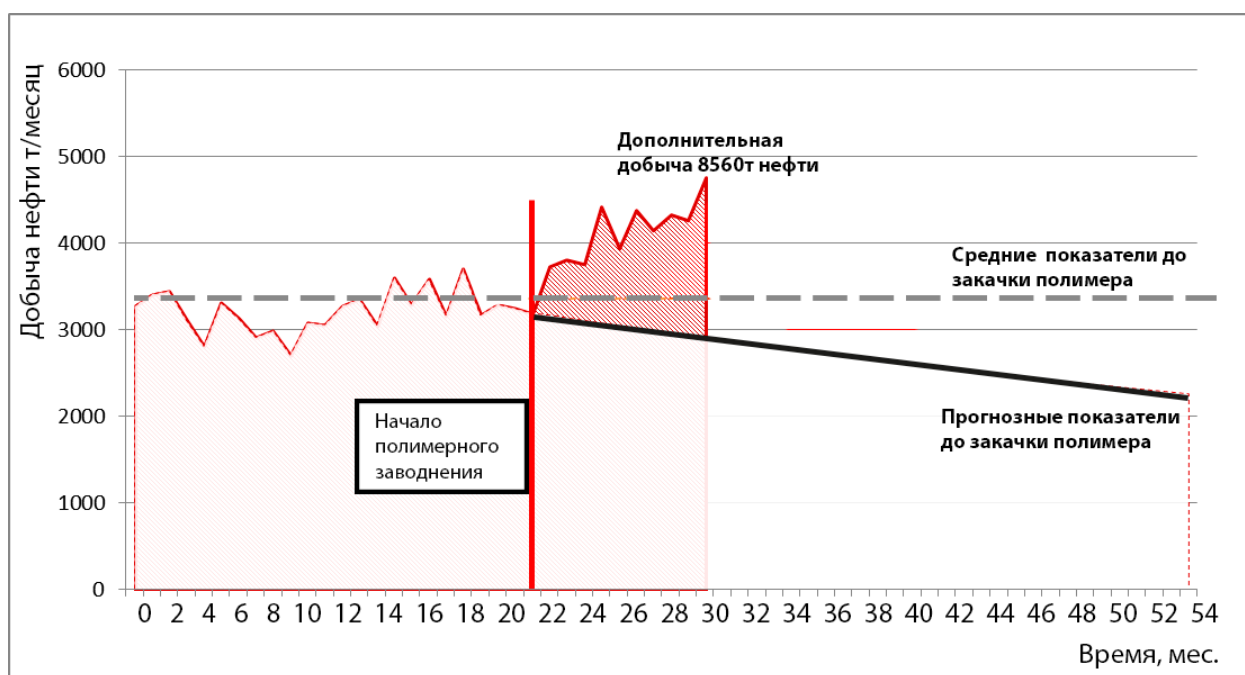


Рисунок 17 – График дополнительной добычи нефти с учетом её естественного падения по участку скважин 2041-2049. Месторождение XXX, пласт Ю-1

Таблица 5 – Сопоставление фактической и проектной доп. добычи нефти по прямому счёту на основе отчетных данных

Месяц.год	Накопл. доп. доб. нефти факт, т	Накопл доп. доб. нефти по проекту, т	Доп доб нефти факт, т	Доп доб нефти по проекту, т
10.14	372.6	341.0	372.6	341.0
11.14	905.9	682.0	533.3	404.5
12.14	1341.2	1086.5	435.3	452.4
01.15	2383.5	1538.9	1042.3	531.1
02.15	3259.4	2070.0	875.9	574.9
03.15	4281.6	2645.0	1022.2	657.6
04.15	5154.2	3302.6	872.6	721.1
05.15	6124.3	4023.7	970.0	707.2
06.15	7136.4	4730.9	1012.1	846.3
07.15	8560.4	5577.2	1424.0	879.8
08.15		6457.0		972.3
09.15		7429.3		1001.5
10.15		8430.9		1098.0
11.15		9528.8		1160.9
12.15		10689.8		1183.8

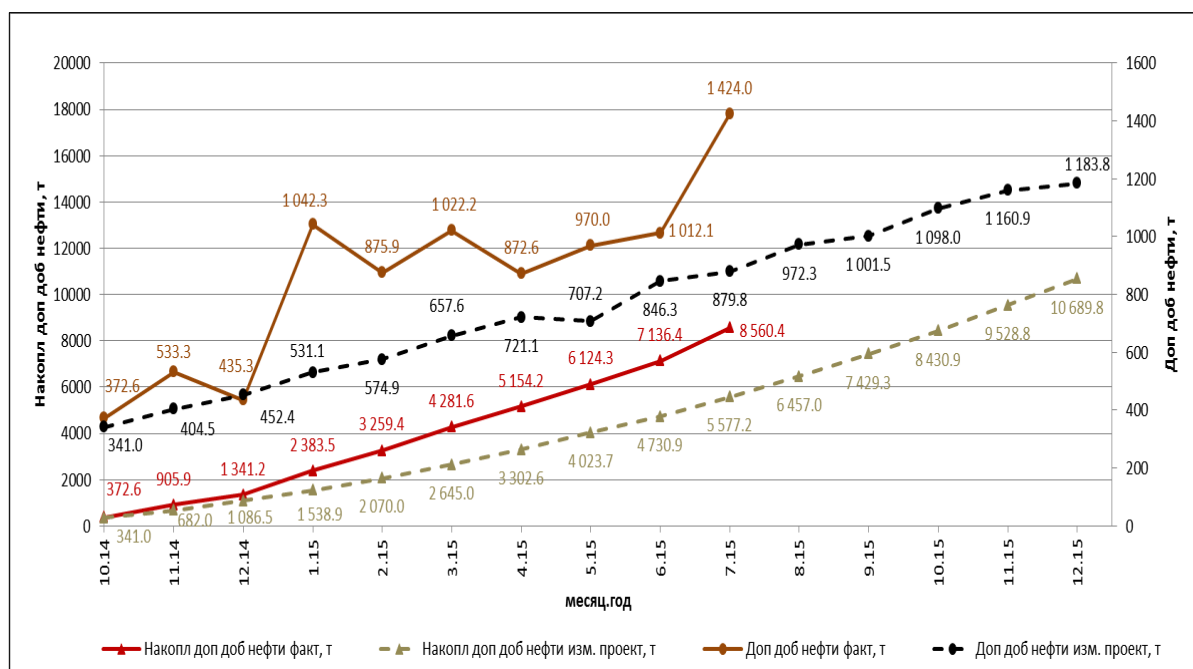


Рисунок 18 – График сопоставления фактической и проектной дополнительной добычи нефти по прямому счёту на основе отчетных данных

Благодаря реализации технологии, на 07.2015 г., на опытном участке месторождения дополнительно получено 8560 т нефти

С учетом естественного падения добычи нефти за 10 месяцев по отчетным данным доп. добыча нефти составила 11245,8 т, снижение обводненности – 5,2%. Падение добычи нефти по характеристикам вытеснения на участке скв. 2041-2049 составило не более 12 % за 1 год.

Таким образом, проведенные опытно-промышленные работы показали целесообразность применения технологии полимерного заводнения подтвердили правильность выбора объекта разработки и расчета параметров реализации технологии.

Проводимые работы по закачке полимерного раствора успешны и целесообразны для дальнейшего проведения площадного полимерного заводнения.

3. КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАВОДНЕНИЯ НА ОСНОВЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО МЕТОДА ЗАВОДНЕНИЯ И ПОЛИМЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.

Исходя из данных промысловой эксплуатации и результатов применения методов на практике в определенных геолого-физических условиях для участков нефтяных месторождений. А также исходя из опыта наработки технологии за многолетний опыт применения в различных условиях месторождений России и мира в целом.

С использованием доступных данных были исследованы и классифицированы следующие критерии эффективного применения технологий, основанных на полимерном и нестационарном воздействии на пласт.

3.1. Условия эффективного применения полимерного заводнения

Полимерные молекулы в водном растворе под действием различных факторов могут необратимо разрушаться вследствие их *деструкции*. Деструкция может быть:

- химической, при которой разрушение происходит в результате взаимодействия кислорода воздуха с полимерными молекулами;
- термической - происходит при температурах свыше 100 °С.
- механической (сдвиговой), обусловленной разрывом макромолекулярных ассоциаций под действием повышенных напряжений (при высоких скоростях движения) при течении растворов в нефтепромысловом оборудовании, призабойной зоне пласта.
- микробиологической, происходящей под действием аэробных бактерий, которые могут развиваться в пласте при закачке их с водой.

Микробиологическая и механическая деструкции ПАА уменьшают молекулярную массу полимера и, как следствие, его загущающую способность.

Поэтому для обеспечения эффективности предлагаемой технологии

полимерного заводнения и получения наилучших технико-экономических показателей разработки необходимо определить диапазон благоприятных свойств флюидов и пласта, то есть выделить критерии применимости данного метода. Эти критерии определяются на основе анализа технологических показателей, обобщения опыта применения полимерного воздействия в различных геолого-физических условиях, а также использования широких теоретических и лабораторных исследований.

Выделяются три категории критериев:

- геолого-физические (свойства пластовых жидкостей, толщины нефтенасыщенного пласта), параметры и особенности нефтесодержащего коллектора (насыщенность порового пространства, условия залегания), а также техническое состояние скважины;
- технологические (концентрация агентов в растворе, размещение скважин, давление нагнетания и т. д.);
- материально-технические (обеспеченность оборудованием, химическими реагентами, их свойства и др.).

При выборе объектов для применения полимерного заводнения основополагающими являются критерии первой категории.

Область применения полимерного заводнения ограничивается *обводненностью* заводняемого пласта не выше 95 %. Это связано с тем, что в этих условиях фильтрационное сопротивление пористой среды при обработке полимером практически не изменяется.

На вязкоупругие и реологические свойства растворов полиакриламида при фильтрации в пористой среде существенное влияние оказывает проницаемость пород. При снижении проницаемости пород линейно увеличиваются показатели реологических свойств фильтрующихся растворов, в особенности остаточный фактор сопротивления, который является основным при оценке действия полимеров и связан с сорбцией полимера породами пласта. При коэффициенте проницаемости пласта менее $0,1 \text{ мкм}^2$ процесс полимерного заводнения трудно реализуем, так как размеры молекул

раствора больше размеров пор и происходит либо его кольматация в призабойной зоне, либо механическое разрушение молекул полимера. В коллекторах с проницаемостью более $2,0 \text{ мкм}^2$ эффективность полимерного заводнения снижается из-за уменьшения величины адсорбции полимера пористой средой или из-за недостаточно высоких его концентраций в растворе [4].

Применение полимеров для глубокозалегающих пластов, сложенных малопроницаемыми коллекторами (менее $0,1 \text{ мкм}^2$) и имеющих высокую температуру (более $90 \text{ }^\circ\text{C}$) является неэффективным. Значительного эффекта нельзя ожидать также от закачки в сравнительно однородные пласты, содержащие маловязкие нефти (менее $5 \text{ мПа}\cdot\text{с}$) [5].

В условиях повышенной солености пластовых вод и содержания солей кальция и магния водные растворы полимеров становятся неустойчивыми, снижается вязкость раствора, т.к. под действием ионов пластовой воды и приложенного напряжения структура растворов полностью разрушается. С увеличением концентрации полиакриламида в растворе требуется большее количество соли для разрушения структуры. Так, при концентрации полиакриламида $0,1 \text{ \% масс.}$ вязкость раствора становится независимой от концентрации соли до $3 \text{ \%}$. Влияние минерализации пластовой воды (непосредственно в пласте) на стабильность раствора полимера неоднозначно. Увеличение минерализации пластовой воды снижает вязкость раствора, а фазовая проницаемость для раствора увеличивается, что способствует повышению нефтеотдачи. Результирующий эффект может быть различным в зависимости от свойств пластовой воды, пористой среды, типа полимера, свойств растворителя и концентрации раствора.

Дополнительная особенность *полимерного заводнения* заключается в проявлении адсорбции некоторой части растворенного в воде полимера, а передняя часть фронта вытесняющей воды оказывается без полимера, соответственно с обычной подвижностью воды. Увеличение содержания хлористого натрия, хлористого кальция и других электролитов от $0,5$ до $20 \text{ \%}$

многократно увеличивает адсорбцию полимера на породе. Адсорбция породами пласта из минерализованных растворов в несколько раз выше, чем из опресненных вод. Уменьшение степени адсорбции полимера снижает фактор сопротивления для воды и охват пласта заводнением. При высокой адсорбции фронт полимера значительно отстает от фронта вытеснения нефти водой. Поэтому необходимо определение оптимального диапазона адсорбции, который обеспечит эффективное вытеснение нефти на основе подбора реагентов и концентрации по лабораторным исследованиям [7].

Технологию полимерного заводнения на скважинах с наличием заколонных перетоков и негерметичностью эксплуатационной колонны производить не рекомендуется.

На примере испытываемого участка месторождения ХХХ были проанализированы оптимальные условия. В результате были сформированы критерии применимости технологии закачки.

Таблица 6– Критерии эффективного применения полимерного воздействия

Категория скважин	Наименование параметры	Оптимальное значение параметра
Нагнетательные скважины	Среднесуточная приемистость, м ³ /сут	свыше 100
	Проницаемость, мкм ²	0,1-1,5
	Эффективная толщина пласта, м	не менее 2
	Глинистость	менее 0.3
	Количество реагирующих добывающих	5 и более
	Герметичность э/колонны	герметична
	Заколонные перетоки	отсутствуют
	Выработанность запасов нефти по участку,	не более 85 %
	Средняя обводненность по участку, %	80,0-95,0
	Температура пласта	не более 90°С
Добывающие реагирующие скважины	Среднесуточный дебит нефти, т/сут	не менее 2.5
	Среднесуточный дебит жидкости, м ³ /сут	более 40
	Текущая нефтенасыщенность	более 0,45
	Минерализация пластовой воды, г/л	120-140

Проведение многовариантного анализа по различным сценариям, использование критериев применимости технологий с исключением участков с неблагоприятными факторами позволяет сократить количество рассматриваемых участков-кандидатов.

3.2. Условия эффективного применения нестационарного заводнения

Существуют критерии выбора объектов для применения нестационарного заводнения на основе различных типов геологического разреза месторождения, выделяемого на основании следующих параметров:

- Песчанистость ($<0,29$; $0,3-0,79$; $>0,8$);
- Степень зональной неоднородности ($<20\%$; $20-50\%$; $>50\%$);
- Степень послойной неоднородности (<2 ; $2-3$; >3)
- Расчлененность (<2 ; $2-3$; >4);
- Степень выработки запасов ($<0,2$; $0,2-0,8$; $>0,8$).

Для участков, на которых предполагается применение нестационарного заводнения, определяется степень предпочтительности его применения, которая варьируется от 0 до 1, таблица 6,7 и 8

Таблица 7- Блок-схема критериального анализа объектов с песчанистостью < 0,29

Объекты разработки с песчанистостью 0.29																										
Степень зональной неоднородности > 50%									Степень зональной неоднородности 20-50%									Степень зональной неоднородности < 20%								
Степень послыойной неоднородности									Степень послыойной неоднородности									Степень послыойной неоднородности								
Высокая >3			Средняя 2-3			Низкая <2			Высокая >3			Средняя 2-3			Низкая <2			Высокая >3			Средняя 2-3			Низкая <2		
Расчлененность									Расчлененность									Расчлененность								
Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая
>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2
Степень выработки запасов									Степень выработки запасов									Степень выработки запасов								
Низкая <0.2 Средняя 0,2-0,8 Высокая >0.8									Низкая <0.2 Средняя 0,2-0,8 Высокая >0.8									Низкая <0.2 Средняя 0,2-0,8 Высокая >0.8								
Степень предпочтительности									Степень предпочтительности									Степень предпочтительности								
0,7	0,5	0,4	0,6	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,8	0,5	0,4	0,6	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,15	0
0,5	0,4	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,4	0,4	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0
0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0

Таблица 8 - Блок-схема критериального анализа объектов с песчанистостью 0,3-0,79

Объекты разработки с песчанистостью 0,3-0,79																										
Степень зональной неоднородности > 50%									Степень зональной неоднородности 20-50%									Степень зональной неоднородности < 20%								
Степень послонной неоднородности									Степень послонной неоднородности									Степень послонной неоднородности								
Высокая >3			Средняя 2-3			Низкая <2			Высокая >3			Средняя 2-3			Низкая <2			Высокая >3			Средняя 2-3			Низкая <2		
Расчлененность									Расчлененность									Расчлененность								
Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая
>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2
Степень выработки запасов									Степень выработки запасов									Степень выработки запасов								
Низкая <0.2 Средняя 0,2-0,8 Высокая >0.8									Низкая <0.2 Средняя 0,2-0,8 Высокая >0.8									Низкая <0.2 Средняя 0,2-0,8 Высокая >0.8								
Степень предпочтительности									Степень предпочтительности									Степень предпочтительности								
0,8	0,7	0,4	0,8	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,8	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,25	0,2	0,1
0,7	0,5	0,3	0,6	0,4	0,1	0,4	0,4	0,1	0,6	0,4	0,2	0,4	0,3	0,1	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0
0,4	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0	0

Таблица 9 - Блок-схема критериального анализа объектов с песчанистостью >0,8

Объекты разработки с песчанистостью >0.8																										
Степень зональной неоднородности > 50%									Степень зональной неоднородности 20-50%									Степень зональной неоднородности < 20%								
Степень послонной неоднородности									Степень послонной неоднородности									Степень послонной неоднородности								
Высокая >3			Средняя 2-3			Низкая <2			Высокая >3			Средняя 2-3			Низкая <2			Высокая >3			Средняя 2-3			Низкая <2		
Расчлененность									Расчлененность									Расчлененность								
Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Низкая
>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2	>4	2-3	<2
Степень выработки запасов									Степень выработки запасов									Степень выработки запасов								
Низкая <0.2 Средняя 0,2-0,8 Высокая >0.8									Низкая <0.2 Средняя 0,2-0,8 Высокая >0.8									Низкая <0.2 Средняя 0,2-0,8 Высокая >0.8								
Степень предпочтительности									Степень предпочтительности									Степень предпочтительности								
1	0,8	0,6	0,9	0,7	0,5	0,6	0,5	0,4	0,9	0,7	0,5	0,7	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,7	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1
0,8	0,6	0,4	0,7	0,5	0,2	0,5	0,3	0,2	0,7	0,5	0,3	0,5	0,4	0,2	0,4	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0
0,5	0,3	0,2	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1	0	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0

Эффективность реализации нестационарного заводнения во многом зависит от правильности выбора участка на основе геолого-промысловой информации.

Объекты разработки, наиболее подходящие для применения и составления программы по нестационарному воздействию, имеют степень предпочтительности 0,7 и более, а объекты, степень предпочтительности для которых составляет 0.6 и менее, по тем или иным причинам не являются перспективными с точки зрения успешного применения нестационарного заводнения.

Так же возможно разделить все критерии эффективности нестационарного воздействия на следующие четыре группы:

- геологические,
- технологические,
- производственные
- экономические.

Наибольшая эффективность нестационарного воздействия достигается в послойно неоднородных коллекторах с высокой гидродинамической связью между пропластками, а также в трещиновато-пористых пластах. Если пласт разделен на два и более гидродинамически связанных прослоя, проницаемость которых отличается не менее, чем в несколько раз, то такой пласт представляется перспективным для внедрения нестационарного заводнения. Значение толщино-проницаемостной неоднородности для таких объектов превышает 0,5 д.ед. Благоприятное влияние на эффективность нестационарного воздействия оказывает гидрофильность коллектора.

Разница в скорости распространения упругих волн в жидкостях различной вязкости, возникающая при наличии обводненных каналов и недренируемых пропластков с высокой гидродинамической связью, обуславливает интенсификацию межслойного перетока жидкости. Эффективное применение нестационарного заводнения возможно при значениях вязкости нефти до 90 мПа·с. Таким образом, для организации нестационарного заводнения наиболее благоприятными являются нефти с пониженными значениями вязкости и повышенной газонасыщенностью.

Нестационарное заводнение наиболее эффективно при значениях начальной нефтенасыщенности пласта в пределах 55-75 %.

Нестационарное заводнение будет эффективно там, где его внедрение будет сопровождаться изменением направления фильтрационных потоков с обеспечением возможности вовлечения в активную разработку недренируемых запасов нефти.

Важным условием эффективности нестационарного заводнения является гидродинамическая связь возмущающих и реагирующих скважин по площади, определяемая отсутствием литологических экранов и коллекторов со

значениями глинистости более 6% (в случае, если в качестве вытесняющего агента используется пресная вода).

Основным технологическим критерием применения нестационарного заводнения является наличие возможности регулирования режимов работы нагнетательных и добывающих скважин.

Также важным критерием является наличие на участке применения нестационарного заводнения скважин, с большим разбросом значений текущей и накопленной обводненности, при этом вероятность успешности применения нестационарного заводнения тем выше, чем больше разброс значений.

Отбор от начальных извлекаемых запасов и дебиты скважин должны находиться на рентабельном уровне.

В условиях интенсивной и длительной закачки холодной воды технология может не дать ощутимого эффекта, что обусловлено структурными изменениями нефти в областях с низкой проницаемостью, происходящими в результате её охлаждения.

Выпадение парафинов приводит к значительному снижению проницаемости в области контакта низко- и высокопроницаемых пропластков. При значениях пластового давления ниже давления насыщения применение нестационарного заводнения не рекомендуется, так как разгазирование нефти приводит к значительному увеличению вязкости нефти и ухудшению фильтрационных свойств пласта.

Применение нестационарного воздействия приводит к необходимости усиленного контроля за разработкой участков и режимами работы эксплуатационных скважин.

Важными для применения указанной технологии является возможности предприятия по проведению необходимых исследований, а также работ по изменению режимов работы нагнетательных и добывающих скважин. При этом необходимо предварительно установить степень взаимодействия

нагнетательной и добывающих скважин методом гидропрослушивания, в отдельных случаях методом "меченых" жидкостей. По добывающим и нагнетательным скважинам периодически проводить замеры пластовых и забойных давлений, а в период простоя (накопления) проводить гидродинамические исследования скважин. Так как изменение режимов работы скважин производится достаточно часто, то желательным условием является доступность скважин, хорошие подъездные пути.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ7Т	Черненко Игорю Константиновичу

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	В данном разделе ВКР необходимо представить: график выполнения работ, в соответствии с ВКР; трудоёмкость выполнения операций; нормативно-правовую базу, используемую для расчётов; результаты расчётов затрат на выполняемые работы; оценить эффективность нововведений и др. Раздел ВКР должен включать: методику расчёта показателей; исходные данные для расчёта и их источники; результаты расчётов и их анализ.
Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе выполнения операций согласно справочников Единых норм времени (ЕНВ) и др.
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 18%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Расчет капитальных и текущих затрат и финансового результата реализации проекта
Планирование и формирование бюджета научных исследований	График выполнения работ
Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет экономической эффективности внедрения новой техники или технологии

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Организационная структура управления
Линейный календарный график выполнения работ
Графики динамики и сравнения показателей

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романюк В.Б.	к.э.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ37	Черненко Игорь Константинович		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1. Расчет экономического эффекта циклической закачки рабочего агента в пласт на примере Аганского нефтяного месторождения

В НГДУ «Мегионнефть» с целью оптимизации объемов закачки, экономии электроэнергии проводится применение метода нестационарного заводнения с изменением фильтрационных потоков на нагнетательном фонде скважин Аганского месторождения.

Сущность циклической закачки состоит в создании таких периодических изменений расходов жидкости на забоях нагнетательных скважин, которые обеспечивают наибольшее пластовое давление, и соответственно межзональных перетоков.

Перетоки между пластами способствуют перемещению воды в малопроницаемые слои, т. е. увеличению охвата пластов заводнением, и как следствие, интенсификации добычи.

За базу сравнения принимаются технико-экономические показатели в условиях без применения рассматриваемого метода.

Экономический эффект определяется от дополнительной добычи нефти. Дополнительная добыча нефти составила - 21723т.

Экономическая эффективность проекта выражается в расчете прибыли от дополнительной добычи нефти. Стоимость одного барреля нефти на данный момент 53\$, тонна сырой нефти 384,78\$, при нынешнем курсе рубля 65 за один доллар одна тонна сырой нефти на мировом рынке стоит 21162 рубля

Таблица 10 - Расчет себестоимости одной тонны дополнительно добытой нефти

№	Статьи затрат	Стоимость 1т нефти по НГДУ всего руб./т.	Расходы	
			Условно-постоянные, руб./т.	Условно-переменные (Себестоимость 1т дополнительно добытой нефти), руб./т
1	Расходы на энергию по извлечению нефти	1052,97		1052,97
2	Расходы по искусственному воздействию на пласт	1336,7		1336,7
3	Основная зарплата	170,4	170,4	
4	Отчисление на соц. страхование	60,6	60,6	
5	Амортизация скважин	427,7	427,7	
6	Расходы по сбору и транспорту нефти	840,6		840,6
7	Расходы по технологии и подготовки нефти	583,8		583,8
8	Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования	3002,43	3002,43	
9	Цеховые расходы	361	361	
10	Общепроизводственные расходы, всего в.т.ч. в помощь селу и налог на пользование автодорогами	1095,4	1095,4	
11	Прочие производственные расходы	91,1	91,1	
12	Производственная себестоимость	9022,7	5208,6	3814,27

Расчет фактического экономического эффекта от внедрения мероприятия "Нестационарное заводнение с изменением направлений фильтрационных потоков (циклическое заводнение) в НГДУ «Мегионнефть» в 2012 году.

Таблица 11 - Исходные данные и расчет хозрасчетного эффекта

№	Показатели	Ед. измер.	Базовая технология	Новая технология
1	2	3	4	5
1	Добыча нефти	тыс.т	431,8	453,5
2	Дополнительная добыча нефти	тыс.т		21,7
3	Эксплуатационные затраты	тыс.руб	389483,6	408728,31
4	Эксплуатационные затраты на 1т дополнительной добычи нефти	руб/т		3804,3
5	Производственная себестоимость	руб/т	9022,7,	8764
6	Цена реализации	руб/т	21162	

Расчёт до внедрения мероприятия

Стоимостная оценка добычи нефти.

$$C1 = \Pi * Q1, \quad (1)$$

Где Π – стоимость одной тонны нефти.

$Q1$ – добыча нефти.

$$C1 = 21162 * 431,8 = 9137751 \text{ тыс.руб.}$$

Эксплуатационные затраты.

$$\text{Эз1} = c1 * Q1, \quad (2)$$

Где $c1$ – себестоимость добычи нефти.

$$\text{Эз1} = 9012,9 * 431,8 = 3891770 \text{ тыс.рублей.}$$

Прибыль

$$\Pi1 = C1 - \text{Эз1} \quad (3)$$

$$\Pi1 = 9137751 - 3891770 = 5245981 \text{ тыс.руб.}$$

За счёт внедрения мероприятия дополнительно добыли 21,7 тыс.тонн нефти.

Эксплуатационные затраты составили:

$$\text{Эз2} = Q2 * c2, \quad (4)$$

Где Q2 – дополнительная добыча нефти.

c2 – себестоимость одной тонны дополнительно добытой нефти.

$$\text{Эз2} = 21,7 * 3804,3 = 82553 \text{ тыс. рублей.}$$

Общие эксплуатационные затраты

$$\text{Эз3} = \text{Эз2} + 3в \quad (5)$$

Где 3в - затраты на внедрение

$$\text{Эз3} = 82553 + 0 = 82553 \text{ тыс. рублей.}$$

Расчёт после внедрения мероприятия

Добыто нефти.

$$Q3 = Q1 + Q2 \quad (6)$$

$$Q3 = 431,8 + 21,7 = 453,5 \text{ тыс.тонн.}$$

Стоимостная оценка добычи нефти

$$C2 = Ц * Q3 \quad (7)$$

$$C2 = 21162 * 453,5 = 9596967 \text{ тыс.рублей.}$$

Эксплуатационные затраты.

$$\text{Эз4} = \text{Эз1} + \text{Эз3} \quad (8)$$

$$\text{Эз4} = 3891770 + 82553 = 3974323 \text{ тыс.рублей.}$$

Себестоимость добычи одной тонны нефти

$$Co = \text{Эз4} / Q3 \quad (9)$$

$$Co = 3974323 / 453,5 = 8744 \text{ руб./тонну.}$$

Балансовая прибыль

$$\Pi_2 = C_2 - \text{Эз}_4 \quad (10)$$

$$\Pi_2 = 9596967 - 3974323 = 5622644 \text{ тыс.рублей.}$$

Прирост балансовой прибыли

$$\Pi_3 = \Pi_2 - \Pi_1 \quad (11)$$

$$\Pi_3 = 5622644 - 5245981 = 376633 \text{ тыс.рублей.}$$

Налоговые отчисления от прибыли 20 %.

$$\text{Оп} = \Pi_3 * 0,2 \quad (12)$$

$$\text{Оп} = 376633 * 0,2 = 75332,6 \text{ тыс.рублей.}$$

Хозрасчётный экономический эффект.

$$\text{Эфх} = \Pi_3 - \text{Оп} \quad (13)$$

$$\text{Эфх} = 376633 - 75332,6 = 301300,4 \text{ тыс.рублей.}$$

Таблица 12 - Хозрасчетный экономический эффект от использования циклического заводнения в НГДУ «Мегионнефть»

№	Показатели	Ед.изм	2015 г.
1	2	3	4
Без использования мероприятия			
1	Добыча нефти по НГДУ	тыс.т	431,8
2	Стоимостная оценка добычи нефти	тыс.руб	9137751
3	Себестоимость добычи нефти	руб/т	9022,7
4	Эксплуатационные затраты на добычу нефти	тыс.руб	3891770
5	Балансовая прибыль (п.2-п.4)	тыс.руб	5245981
За счет использования мероприятия			
1	Дополнительная добыча нефти	тыс.т	21,7
2	Себестоимость добычи дополнительной нефти	руб/т	3804,3
3	Эксплуатационные затраты на добычу дополнительной нефти (п.1 х п.2)	тыс.руб	82553
4	Затраты на внедрение	тыс.руб	0

Продолжение таблицы 12

	Всего затрат	тыс.руб	82553
С использованием мероприятия			
1	Добыча нефти по НГДУ	тыс.т	453,5
2	Стоимостная оценка добычи нефти	тыс.руб	9596967
3	Себестоимость добычи нефти	руб/т	8764
4	Эксплуатационные затраты на добычу нефти	тыс.руб	3974323
5	Балансовая прибыль (п.2-п.4)	тыс.руб	5622644
	Прирост балансовой прибыли	тыс.руб	376633
	Отчисления от балансовой прибыли (20%)	тыс.руб	75332,6
	Прибыль, остающаяся в распоряжение предприятия	тыс.руб	301300,4
	Хозрасчетный экономический эффект	тыс.руб	301300,4

Метод хорошо проявил себя в условиях Аганского месторождения, благодаря данному методу получен прирост добычи нефти при минимальных эксплуатационных затратах на дополнительную добычу. Использованный метод нестационарного заводнения является высокоэффективным только при правильном выборе объекта, на котором он будет использоваться, так как имеет под собой большое количество критериев применимости, которые были рассмотрены в предыдущей главе. Если же объект, на котором применен данный метод не соответствует всем требованиям эксплуатации нестационарного заводнения, эффект от его применения может быть обратным либо вовсе отсутствовать.

Анализируя влияние применения циклического заводнения на изменение основных технико-экономических показателей предприятия можно сделать вывод, что применение циклического заводнения привело при данных условиях Аганского месторождения к увеличению добычи нефти (на 453,5 тыс.т) и как следствие к увеличению прибыли (на 376633 тыс. руб.) Следовательно, данный метод при эксплуатации на Аганском месторождении является экономически эффективным.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ7Т	Черненко Игорю Константиновичу

Школа	Природных ресурсов	Отделение(НОЦ)	Центр подготовки и переподготовки специалистов нефтегазового дела
Уровень образования	Высшее образование	Направление/специальность	21.04.01 «Нефтегазовое дело» профиль <u>«Разработка трудноизвлекаемых запасов углеводородов»</u>

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объектом исследования являются насосные станции по нагнетанию давления Область применения: в системах поддержания пластового давления путем закачки воды в пласт на месторождении А.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	Вредные вещества: – повышенный уровень шума на рабочем месте; – отклонение показателей климата на открытом воздухе; Механические опасности: - статическое электричество:
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Охрана окружающей среды, вредные воздействия и природоохранные мероприятия: – анализ воздействия объекта на атмосферу; – анализ воздействия объекта на гидросферу; – анализ воздействия объекта на литосферу.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий; пожаровзрывобезопасность.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Правовые вопросы обеспечения безопасности: – характерные для проектируемой рабочей зоны правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Мезенцева И.Л.	.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б37	Черненко Игорь Константинович		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Метод поддержания пластового давления путем заводнения пластов является эффективным и недорогим средством увеличения нефтеотдачи, а за счет совместного применения технологий циклического заводнения, перемены направления фильтрационных потоков и оптимизации давления нагнетания становится еще более эффективным средством увеличения конечной нефтеотдачи. Основная часть месторождений России на сегодняшний день производит добычу нефти за счет заводнения.

Насосная станция представляют собой набор технологических и электротехнических блоков, монтируемых на месторождении под единой крышей. Обслуживают насосной станции, предназначенной для работы системы ППД по нагнетания воды в пласт, операторы поддержания пластового давления. Данная установка позволяет применить метод заводнения на месторождении, однако, имеет некоторые вредные факторы при работе с ней, например, повышенная вибрация и шум.

5.1. Производственная безопасность

Главной опасной характеристикой производства является работа значительного количества аппаратуры под высоким давлением порядка 25 МПа, что создает большую опасность для работников насосной станции при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Таблица 13 - Опасные и вредные факторы при водогазовом воздействии на пласт

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ с измен. 1999 г.)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Обслуживание насосных установок; 2. Контроль за трубопроводами и различными коллекторами; 3. Работа с электроустановками и трансформаторами.	1. Превышение уровня шума 2. Превышение уровня вибрации; 3. Отклонение показателей микроклимата в помещении; 4. Недостаточная освещенность рабочей зоны;	1. Электрический ток; 2. Пожароопасность 3. Работа с оборудованием под давлением.	1. ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ [15] 2. ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ [12] 3. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ [14] 4. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ [17] 5. ГОСТ 12.1.004-91 [18]

5.2. Анализ вредных производственных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте

Превышение уровня шума

В рабочем помещении, в котором расположены насосные установки, которые создают уровень звукового давления в децибелах, превышающий допустимый уровень шума, согласно требованиям, ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ «Шум. Общие требования. Норма для помещения управления» составляет 75 дБА.

Интенсивное шумовое воздействие на организм человека способствует развитию утомления, изменениям в сердечно-сосудистой системе и появлению шумовой патологии, среди многообразных проявлений которой ведущим является медленно прогрессирующее снижение слуха. В определенных условиях шум может влиять и на другие органы и системы организмы человека.

Индивидуальные мероприятия для устранения уровня шума согласно ГОСТ 12.4.051 [13] могут быть: наушники, противозумные вкладыши, шлемы и каски перерывы на отдых от данного помещения.

Защита от шума при работе на ПК обеспечивается:

- установкой насосных агрегатов в индивидуальных укрытиях и оснащение их средствами автоматики, дистанционным управлением, не требующим постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Превышения уровня вибрации

Насосные установки создают определенный уровень вибрации. Вибрация при частоте 16 Гц не должна превышать амплитуду $0 \div 28$ мм. Вибрация должна отвечать требованиям ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ "Вибрация. Общие требования безопасности".

Вибрации вызывают в организме человека многочисленные реакции, которые являются причиной функциональных расстройств различных органов и систем организма.

Со временем, так как эти вибрации имеют постоянный характер, вибрации от работы насосов могут усилиться из-за износа оборудования, в особенности элементы крепления. Для частичного устранения этих вибраций рекомендуется установить прокладки из резины, асбеста, резины между полом и самим насосом в качестве коллективной меры защиты.

Операторов по поддержанию пластового давления в обязательном порядке снабдить виброобувью и виброрукавицами [15].

Защита от вибрации обеспечивается:

- балансировкой вращающихся частей оборудования и механизмов;

- устройством виброгасящих опор и фундаментов.

К методам и средствам коллективной защиты согласно ГОСТ 12.1.029 могут быть применены в данном случае звукоизолирующие кожухи, кабины, выгородки, а также рациональное размещение рабочих органов и рабочих мест [12].

Отклонение показателей микроклимата в помещении.

В помещениях насосных станций следует обеспечивать оптимальные или допустимые параметры микроклимата в рабочей зоне.

При разных метеорологических условиях в организме человека происходят изменения ряда функций систем и органов, принимающих участие в терморегуляции — в системе кровообращения, нервной и потоотделительной системах. При длительном пребывании в неблагоприятных микроклиматических условиях, с постоянным напряжением терморегуляции, возможны стойкие изменения физиологических функций организма — нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы, угнетение центральной нервной системы, нарушение водно-солевого обмена.

Требуемые параметры микроклимата: оптимальные, допустимые или их сочетания следует устанавливать в зависимости от вида помещения станции и периода года с учетом требований соответствующих нормативных документов (таблица 13) [21].

Таблица 14 – Требуемые параметры микроклимата на насосной станции [21]

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая
Холодный	Насосная станция	20-22	18-24 (20-24)	19-20	17-23 (19-23)	45-30	60	0,15	0,2

Теплый		22-25	20-28	22-24	18-27	60-30	65	0,2	0,3
--------	--	-------	-------	-------	-------	-------	----	-----	-----

Качество воздуха на рабочем месте в насосной станции обеспечивается согласно действующим нормативно-техническим документам необходимым уровнем вентиляции, обеспечивающим допустимые значения содержания углекислого газа в помещении (Таблица 14)[13].

Таблица 15 – Допустимые значения содержания углекислого газа на насосной станции

Класс	Качество воздуха в помещении		Допустимое содержание CO ₂ , см ³ /м ³
	Оптимальное	Допустимое	
1	Высокое		400
2	Среднее		400-600
3		Допустимое	600-1000
4		Низкий	1000 и более

Недостаточная освещенность рабочей зоны; Нормы освещенности $E_{\text{экс}}$ и равномерности освещенности U_0 в зоне зрительной работы независимо от плоскости нормирования (горизонтальной, вертикальной или наклонной), коэффициента пульсации освещенности $K_{\text{п}}$ и общего индекса цветопередачи R_a для различных помещений насосной станции и видов зрительной работы приведены в таблице 15[22].

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям

Таблица 16 – Нормы освещенности для помещений насосной станции

Наименование помещения	$E_{\text{экс}}$, лк	U_0 , не менее	R_a , не менее	K_n , % не более
Пути движения и коридоры	100	0,40	40	-
Лестницы	100		40	
Рабочая зона насоса	150		60	10

Коэффициент пульсации освещенности K_n в помещениях, где возможно возникновение стробоскопического эффекта и есть опасность прикосновения к вращающимся или вибрирующим объектам, - не более 10%.

5.3. Анализ опасных производственных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте

Пожарная безопасность

Для обнаружения пожара в рабочих помещениях предусмотрена общестанционная система пожаротушения, выполняющая две основные функции:

- Контроль и сигнал о возникновения пожара в зданиях, отсеках и блок боксах;
- Управление в ручном и автоматическом режимах выпуском газа из баллонов «Хладон».

В состав системы входят: электроаппаратура, датчики, сирены, кабельное хозяйство, баллоны с газом.

Для тушения небольших очагов пожара на станции предусмотрены ручные огнетушители ОП-8(б).

Нагазоперекачивающих агрегатах предусмотрена автоматическая система пожаротушения «Хладон 227».[18]

Территория насосной установки должна регулярно очищаться от сухой травы и листьев. Скошенная трава и листья должны вывозиться с территории

предприятия. Сушка скошенной травы и хранение ее на территории КС или в охранной зоне категорически воспрещается.

Работа технологического оборудования в производственных помещениях категорий А, Б, и В при наличии неисправностей в устройствах системы вентиляции запрещается.

Все металлические воздуховоды, трубопроводы, фильтры и другое оборудование вытяжных установок в производственных помещениях категорий А, Б и В должны заземляться.

Все средства автоматического контроля, защиты, управления и регулирования должны содержаться в исправном состоянии и проверяться на безотказность действия в соответствии с инструкциями по эксплуатации этих средств. Обнаруженные при этом неисправности должны немедленно устраняться.

Электробезопасность

Устройство и эксплуатация электроустановок должны осуществляться в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок, межотраслевых правил охраны труда при эксплуатации электроустановок потребителей, правил эксплуатации электроустановок потребителей. Устройство и техническое обслуживание временных и постоянных электрических сетей на производственной территории следует осуществлять силами электротехнического персонала, имеющего соответствующую квалификационную группу по электробезопасности.

Разводка временных электросетей напряжением до 1000 В, используемых при электроснабжении объектов строительства, должна быть выполнена изолированными проводами или кабелями на опорах или конструкциях, рассчитанных на механическую прочность при прокладке по ним проводов и кабелей, на высоте над уровнем земли, настила не менее, м: - 3,5 - над проходами; - 6,0 - над проездами; - 2,5 - над рабочими местами.

Светильники общего освещения напряжением 127 и 220 В должны устанавливаться на высоте не менее 2,5 м от уровня земли, пола, настила. При высоте подвески менее 2,5 м необходимо применять светильники специальной конструкции или использовать напряжение не выше 42 В.

Корпуса понижающих трансформаторов и их вторичные обмотки должны быть заземлены. Применять стационарные светильники в качестве ручных запрещается.

Выключатели, рубильники и другие коммутационные электрические аппараты должны быть в защищенном исполнении в соответствии с требованиями государственных стандартов.

Все электропусковые устройства должны быть размещены так, чтобы исключалась возможность пуска машин, механизмов и оборудования посторонними лицами. Запрещается включение нескольких токоприемников одним пусковым устройством. Распределительные щиты и рубильники должны иметь запирающие устройства. Штепсельные розетки на номинальные токи до 20 А, расположенные вне помещений, а также аналогичные штепсельные розетки, расположенные внутри помещений, но предназначенные для питания переносного электрооборудования и ручного инструмента, применяемого вне помещений, должны быть защищены устройствами защитного отключения (УЗО) с током срабатывания не более 30 мА либо каждая розетка должна быть запитана от индивидуального разделительного трансформатора с напряжением вторичной обмотки не более 42 В.

Статическое электричество

Мероприятия по защите от статического электричества в соответствии с «Временными правилами защиты от проявлений статического электричества на производственных установках и сооружениях нефтяной и газовой промышленности. РД 39-22-113-78» должны осуществляться во всех взрыво и

пожароопасных производственных помещениях и наружных установках классов В-1, В-П, П-П, категории А, Б, В, и Е.

Опасность действия статического электричества должна устраняться тем, что специальными мерами создается утечка электрических зарядов, предотвращающая накопление энергии заряда выше уровня 0,4 А в мин или создаются условия, исключающие возможность образования взрывоопасной концентрации (например, вытеснение горючей смеси инертным газом)

Для защиты от накопления и проявления зарядов статического электричества на оборудовании, на теле человека и на перекачиваемых веществах должны предусматриваться, с учетом особенностей производства, следующие меры, обеспечивающие стекание возникающих зарядов:

а) отвод зарядов путем заземления корпусов оборудования и коммуникаций, а также обеспечения постоянного электрического контакта нефтепродуктов и тела человека с заземлением;

б) отвод зарядов путем уменьшения удельных, объемных и поверхностных электрических сопротивлений;

в) нейтрализация зарядов путем использования радиоизотопных, индукционных и других нейтрализаторов.

Аппараты под давлением

Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации аппараты под давлением на насосной станции в зависимости от их назначения снабжаются: специальной запорной или запорно-регулирующей арматурой; приборами для измерения давления; приборами для измерения температуры; предохранительными устройствами; указателями уровня жидкости.

Каждый насос на станции должен быть снабжен предохранительными устройствами от повышения давления выше допустимого. В качестве таких устройств применяются следующие конструкции предохранителей: пружинные; рычажно-грузовые; импульсные.

Аппараты под давлением, в частности насосные установки, на которые распространяется действие правил Ростехнадзора, должны подвергаться техническому освидетельствованию после монтажа, до пуска в работу, периодически в процессе эксплуатации и в необходимых случаях — внеочередному освидетельствованию. Объем, методы и периодичность технических освидетельствований определяются изготовителем и указаны в инструкциях по монтажу и эксплуатации [16]

В случае отсутствия таких указаний освидетельствование необходимо проводить согласно упомянутым правилам.

В соответствии с требованиями аппарат, работающий под давлением, должен быть остановлен при появлении признаков аварийной ситуации:

- -повышение давления выше разрешенного, несмотря на меры, принятые персоналом;
- при выявлении неисправности предохранительных клапанов;
- при обнаружении в сосуде и его элементах неплотностей, выпучин, разрыва прокладок;
- при неисправности манометра;
- при возникновении пожара, непосредственно угрожающего сосуду, находящемуся под давлением, и в некоторых других случаях.

5.4. Экологическая безопасность

Защита атмосферы

Насосная установка в период работы на нормальном режиме воздействия на атмосферу не производит так как работает на электричестве (отсутствуют выхлопные газы), перекачивает только очищенную (подготовленную) воду.

Защита гидросферы

Мероприятия по охране поверхностных вод

В период нормальной работы станции возможен сброс сточных вод в гидросферу (окружающий ландшафт).

Для сохранения гидрологического режима поверхностных вод от загрязнения на месторождении реализованы следующие мероприятия:

- Применение системы пневмоиспытаний для исключения сброса необходимости технической воды на окружающий ландшафт;
- Выполнение строительно-монтажных работ в зимний период для уменьшения воздействия строителеных машин на растительный покров берегов;
- Укрепление откосов линейных сооружений и площадок от водной и ветровой эрозии торфо-песчаной смесью посевом трав;
- Закачка ингибитора коррозии и солеотложений в трубопроводы;

Защита литосферы

В процессе эксплуатации установки образуются твердые отходы, образуемые при эксплуатации насосного оборудования станции.

Твердые отходы

Твердые отходы образуются в результате ремонта и обслуживания оборудования, содержания санитарно-бытовых помещений. Жидкими отходами производства являются отработанное масло с насосов. Откачка масла из агрегатных маслобаков производится в дренажную емкость Е-9. Для слива небольшого количества с лубрикаторной системы предусмотрена дренажная емкость Е-8 для каждого ПК. Характеристика твердых и жидких отходов приведена в таблице 15.

Таблица 17 - Твердые отходы

Наименование	Потребность на год	Периодичность замены	Единовременная загрузка
Ветошь	12кг	При техобслуживании	-
Пленка полиэтиленовая	50м ²	При техобслуживании	-

Источниками загрязнения почвы и почвенных вод являются компоненты нефти, всевозможные промышленные отбросы и продукты прорывов трубопроводов.

Основным типом сооружаемых амбаров являются односекционные дренажные ямы, их объем зависит от глубины и количества скважин в кусте.

Порядок ликвидации амбаров:

1. Откачка чистой воды,
2. Засыпка амбара грунтом,
3. Ликвидация обваловки вокруг амбара,
4. Зачистка замазученности с территории площадки,
5. Отсыпка грунтом нарушенного слоя почв,
6. Уборка завалов и мусора.

4.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Перечень вероятных ЧС на месте проведения работ

Для месторождения А, расположенного в Нижневартовском районе Ханты-Мансийского автономного округа Российской Федерации, характерны сильные заморозки (до –45 °С), сильные метели, короткое лето (50 дней).

При работе с насосной установкой оператор по поддержанию пластового давления подвержен опасности разрыва/прорыва трубопроводов.

Так же может возникнуть разгерметизация фланцев трубопроводов или аппаратов;

Возгорание насосных установок при перегревах или перегрузках электросети.

Выбор наиболее типичной чрезвычайной ситуации на насосной станции

Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией в работе насосной установки может оказаться ситуация с возгоранием установки, задымлением насосной станции в связи с чем в следующих пунктах описаны превентивные мероприятия, направленные на предотвращение данной ситуации на производстве, а также мероприятия во время непосредственного действия ЧС.

Разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;

Организационно-технические мероприятия предусматривают создание системы непрерывного мониторинга состояния опасных производственных объектов и окружающей среды, выявления возможных источников чрезвычайных ситуаций, а также выполнения мероприятий, которые направлены на предупреждение возникновения аварий на этих объектах.

В целях предупреждения возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций, снижения их возможных последствий на основных объектах выполняются работы по капитальному ремонту нефтепромысловых объектов.

В целях пожарной опасности ситуации в структурных подразделениях и на их объектах проводятся (в частности на насосной станции)

- Мониторинг баланса объёмов перекачиваемой нефти по трубопроводу с проведением анализа состояния баланса (каждые два часа)
- Мониторинг давления в трубопроводе с использованием телеметрического контроля
- Воздушное и наземное патрулирование трассы трубопровода согласно графикам обходов и облётов трубопроводов

Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий

Порядок действия персонала в случае возникновения ЧС следующий:

- остановка и обесточивание насосной установки
- эвакуация людей, укрытие в защитных сооружениях
- применение средств индивидуальной защиты
- оповещение служб ликвидации ЧС и ремонта.

5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальные правовые нормы трудового законодательства

Законодательством РФ регулируются отношения между организацией и работниками, касающиеся оплаты труда, трудового распорядка, социальных отношений, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями и др.

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Для работников, работающих на насосных установках условиям труда 3 и 4 степени – не более 36 часов.

Организация обязана предоставлять ежегодные отпуска продолжительностью 28 календарных дней. Для работников, также предусматривается дополнительный отпуск.

Работнику в течение рабочего дня должен предоставляться, перерыв не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Законодательством РФ запрещены дискриминация по любым признакам, а также принудительный труд.

Работа производится, как правило, в 2 - 4 смены, так как производственный процесс превышает установленную продолжительность ежедневной работы (смены) - ст. 94 ТК РФ.

Продолжительность ежедневного (междусменного) отдыха, как правило, 12 часов с учетом времени для отдыха и питания. Неиспользованные часы отдыха суммируются и должны быть предоставлены работникам в виде дополнительных выходных дней в течение учетного периода.

Трудовая деятельность работников проходит во вредных и опасных условиях труда. Поэтому большинству работников устанавливаются дополнительные оплачиваемые отпуска за такую работу.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Подготовка рабочего участка и допуск бригады к работе осуществляется только после получения разрешения от оперативного персонала, в управлении и ведении которого находится оборудование ТГВ. Не допускается изменять предусмотренные нарядом меры по подготовке рабочих мест.

Подготовка рабочего места – выполнение до начала работ технических мероприятий для предотвращения воздействия на работающих опасных производственных факторов на рабочем месте.

Технологический процесс на насосных станциях А. месторождения должен вестись в соответствии с разделом настоящего «Регламента...» «Нормы технологического режима», соблюдая требования правил, положений и инструкций по охране труда и технике безопасности.

Основное и вспомогательное оборудование насосных станций должно эксплуатироваться согласно требованиям соответствующей нормативно – технической документации.

Оборудование и системы насосных станций должны подвергаться техническому освидетельствованию, осмотрам, проверкам, необходимым испытаниям в порядке, установленном соответствующими Правилами и Инструкциями, данные о которых должны оформляться актом или вноситься в эксплуатационную документацию.

Подготовка рабочего участка и допуск бригады к работе осуществляется только после получения разрешения от оперативного персонала, в управлении и ведении которого находится оборудование ТГВ. Не допускается изменять предусмотренные нарядом меры по подготовке рабочих мест.

Подготовка рабочего места – выполнение до начала работ технических мероприятий для предотвращения воздействия на работающих опасных производственных факторов на рабочем месте.

Допускающий перед допуском к работе должен убедиться в выполнении технических мероприятий по подготовке рабочего места – личным осмотром, по записям в оперативном журнале, по оперативной схеме и по сообщениям персонала оперативного и оперативно–ремонтного других задействованных организаций. Ответственный руководитель и производитель работ (наблюдающий) перед допуском к работе должны выяснить у допускающего, какие меры безопасности приняты при подготовке рабочего места, и совместно с допускающим проверить подготовку рабочего места личным осмотром в пределах рабочего места.

Допуск к работе по нарядам и распоряжениям после подготовки рабочего места должен проводиться непосредственно на рабочем месте. При этом допускающий должен:

- проверить соответствие состава бригады указаниям наряда (распоряжения) – по именным удостоверениям;
- доказать бригаде, что напряжение отсутствует, показом установленных заземлений или проверкой отсутствия напряжения, если заземления не видны с рабочего места (в эл.установках 35 кВ и ниже – последующим прикосновением рукой к токоведущим частям). [18]

Вывод по разделу

В исследовательской работе были выявлены основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы. К ним относится насосная станция. Дополнительным неблагоприятным фактором является высокая влажность, которая является агрессивной средой для трубопроводов. В ходе выполнения работы был проведен анализ факторов нестационарного заводнения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На современном этапе развития нефтепромышленности России практически на всех месторождениях используются системы заводнения, сравнительно недорогой и эффективный метод повышения нефтеотдачи. За счет модификации данного метода технологиями полимерного заводнения, изменения фильтрационных потоков, нестационарного заводнения системы ППД становятся еще более эффективным средством повышения нефтеотдачи.

В работе были рассмотрены как классические методы заводнения так и современные технологии основанные на них. Главной целью работы являлся анализ современных методов заводнения применяемые на нефтяных месторождениях. Более детально был рассмотрен метод нестационарного и полимерного заводнения.

В результате применения методов на основе заводнения пластов средняя нефтеотдача пластов возрастает более чем в 2 раза, в сравнении с применением режима истощения пласта. А при дополнительном использовании современных технологий заводнения, в частности нестационарного заводнения, эффект от применения заводнения увеличивается еще больше, что позволяет более полно разрабатывать продуктивные пласты, при минимальных затратах на модернизацию существующей системы заводнения.

Как показывает практика, мероприятия по внедрению современных технологий в области заводнения приводят к ощутимым экономическим результатам, связанных с дополнительной добычей нефти.

Анализ результатов использования нестационарного и полимерного заводнения показал, что после внедрения данной системы и совместного использования технологии перемены фильтрационных потоков, при минимальных вложениях, связанных в первую очередь с разработкой плана нестационарного заводнения для конкретного участка месторождения, наблюдается рост добычи нефти.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нефтегазопромысловая геология и геологические основы разработки месторождений нефти и газа : учебник для вузов / М.М. Иванова, Л.Ф. Дементьев, И.П. Чоловский. - М. : Недра, 1985. - С. 216-259.
2. Условия применения метода поддержания пластового давления и размещения скважин при реализации системы горизонтальных технологий / И.М. Бакиров, А.Л. Кульмамиров, А.И. Бакиров // Тезисы докладов межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 60-летию начала разработки месторождений нефти в Татарстане и 50-летию г. Альметьевска. Альметьевск, 2003. - С. 62.
3. Совершенствование технологии циклического воздействия и изменения направления фильтрационных потоков на нефтяные пласты : отчет по заказ-наряду 85.2078.90 / А.М. Шавалиев, А.Ф. Блинов ; ТатНИПИнефть. - Бугульма, 1986. - 1 кн. текст. - 225 с.
4. К вопросу классификации систем заводнения / И.М. Бакиров // Тезисы докладов межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 60-летию начала разработки месторождений нефти в Татарстане и 50-летию г. Альметьевска. - Альметьевск, 2003. - С. 54.
5. Берлин А.В. Физико-химические методы повышения нефтеотдачи. Полимерное воздействие (обзор) // Научно-технический вестник ОАО «НК-Роснефть». - 2011. - №22. - С. 16-24.
6. Федорова А.Ф., Шиц Е.Ю., Портнягин А.С. Исследование возможности применения растворов полимеров в качестве агентов вытеснения на месторождениях с аномально низкими пластовыми температурами // Нефтегазовое дело. - 2008. - №1.
7. Хисамов Р.С., Газизов А.А., Газизов А.Ш. Увеличение охвата продуктивных пластов воздействием. М: ОАО ВНИИОЭНГ, 2003. - 568с.
8. Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. М: Недра, 1985. – 308 с.

9. Эффективность применения циклического заводнения и метода фильтрационных потоков / М.Л. Сургучёв, А.Т.Горбунов, В.А.Горюнов, В.А.Николаев, А.И.Вашкурин, В.Е.Гавура// - М., - ВНИИОЭНГ - 1984.
10. Циклическое воздействие на неоднородные нефтяные пласты / И.Н.Шарбатова, М.Л.Сургучев// М. - Недра. - 1988. -121 с.
11. Площадное заводнение нефтяных месторождений / Р.Т. Фазлыев. - М. : Недра, 1979. - С. 47-88.
12. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
13. ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
14. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
15. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
16. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
17. ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты под давлением.
18. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов
19. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
20. Технологический регламент на эксплуатацию установки «Насосная станция» на месторождении.
21. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.
22. ГОСТ 30494-96. Микроклимат производственных помещений.
23. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Chernenko I. K., Kimbaev A. M. Environmental issues related to "shale revolution" // Творчество юных - шаг в успешное будущее: материалы VIII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина, Томск, 23-27 Ноября 2015. - Томск: Изд-во ТПУ, 2015 - С. 555-557
2. Черненко И. К. Анализ деятельности компаний специализирующихся на добыче сланцевых углеводородов (на примере Sanchez Energy Corp) / И. К. Черненко, Б. Б. Очиров ; науч. рук. И. В. Шарф, М. П. Иванова // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири, Томск, 2-7 апреля 2018 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2018. — Т. 2. — [С. 828-829].
3. Черненко И. К., Жамалдинов Э. Р. Современное состояние проблем и методов акустического воздействия на процессы добычи и транспорта нефти / Э. Р. Жамалдинов, И. К. Черненко, Б. Б. Очиров ; науч. рук. С. Н. Харламов // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири, Томск, 2-7 апреля 2018 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2018. — Т. 2. — [С. 673-675].