

**Школа** Инженерная школа природных ресурсов  
**Направление подготовки** 21.03.01 Нефтегазовое дело  
**Отделение школы (НОЦ)** Отделение нефтегазового дела

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИКЛИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕОДНОРОДНЫЕ НЕФТЯНЫЕ ПЛАСТЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ</b> УДК 622.276.43-047.44(571.1)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б5П	Доржиев Сергей Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Глызина Татьяна Святославовна	К.Х.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	Кащук Ирина Вадимовна	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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** 21.03.01 Нефтегазовое дело  
**Отделение школы (НОЦ)** Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Б5П	Доржиеву Сергею Андреевичу

Тема работы:

Обоснование эффективности применения циклического воздействия на неоднородные нефтяные пласты месторождений Западной Сибири
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)	2023/с от 18.03.2019
---	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2019
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Тексты, таблицы и графические материалы отчетов и исследовательских работ, фондовая и научная литература, технологические регламенты, нормативные документы.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Оценка условий применения циклического воздействия на нефтяные пласты; анализ влияния неоднородности пласта по проницаемости на эффективность применения циклического воздействия; критерии применимости циклического воздействия; аналитических обзор экспериментальных и теоретических исследований, направленных на изучение циклического воздействия; применение циклического воздействия совместно с методом

	изменения направления фильтрационных потоков; виды нестационарного воздействия; расчет оптимального режима закачки; обоснование эффективности применения оптимального режима закачки на примере Суторминского месторождения.
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
«Оценка условий применения циклического воздействия»	Старший преподаватель Максимова Юлия Анатольевна
«Технологические особенности проведения циклического воздействия»	Старший преподаватель Максимова Юлия Анатольевна
«Технологическая эффективность метода циклического воздействия совместно с методом изменения направления фильтрационных потоков»	Старший преподаватель Максимова Юлия Анатольевна
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Доцент, к.т.н. Кашук Ирина Вадимовна
«Социальная ответственность»	Ассистент Черемискина Мария Сергеевна

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

Оценка условий применения циклического воздействия
Технологические особенности проведения циклического воздействия
Технологическая эффективность метода циклического воздействия совместно с методом изменения направления фильтрационных потоков
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
Социальная ответственность

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	19.03.19
---	----------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Глызина Татьяна Святославовна	к.х.н.		19.03.2019
Старший преподаватель	Максимова Юлия Анатольевна			19.03.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б5П	Доржиев Сергей Андреевич		19.03.2019

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** 21.03.01 Нефтегазовое дело  
**Уровень образования** Высшее образование  
**Отделение школы (НОЦ)** Отделение нефтегазового дела  
**Период выполнения** Весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.19
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.03.19	Оценка условий применения циклического воздействия	25
13.04.19	Технологические особенности проведения циклического воздействия	25
26.04.19	Технологическая эффективность метода циклического воздействия совместно с методом изменения направления фильтрационных потоков	25
19.05.19	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
28.05.19	Социальная ответственность	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Глызина Татьяна Святославовна	К.Х.Н.		

**Консультант (при наличии)**

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

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

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

## Планируемые результаты обучения прикладного бакалавра

№	Результаты обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
1	2	3
<b>Р1</b>	Применять <i>базовые</i> естественнонаучные, математические, инженерные и специальные технические знания для решения прикладных инженерных задач, соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики)	ОК-1, ОК-3, ОК-8, ОК-9, ОПК-1, ППК-2, ППК-3, ППК-4, ППК-5, ППК-6, ППК-7, ППК-11
<b>Р2</b>	Применять <i>базовые профессиональные знания</i> в области современных нефтегазовых технологий для решения <i>междисциплинарных инженерных задач</i> нефтегазовой отрасли	ОК-1, ОК-3, ОК-6, ОК-7, ОПК-1. ППК-3, ППК-4, ППК-6
<b>Р3</b>	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ;	ОК-6, ОК-8, ОПК-2, ППК-4, ППК-6
<b>Р4</b>	Проявлять <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> , уметь <i>использовать новые знания при обучении сотрудников</i>	ОК-1, ОК-3, ОПК-1, ОПК-3 ППК-4, ППК-6,
<b>Р5</b>	Внедрять в практическую деятельность <i>инновационные подходы</i> для достижения конкретных результатов	ОК-4 ОПК-6, ППК-4, ППК-5, ППК-6, ППК-11
<b>Р6</b>	Управлять <i>технологическими процессами</i> , эксплуатировать и обслуживать <i>оборудование нефтегазовых объектов</i> , обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i>	ОК-3, ОК-4, ОК-9, ОПК-5, ППК-1, ППК-2, ППК-3, ППК-5, ППК-6, ППК-7, ППК-8, ППК-9, ППК-11
<b>Р7</b>	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов	ОК-5, ОК-6, ОК-9, ОПК-4, ППК-3, ППК-4, ППК-7, ППК-10
<b>Р8</b>	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i>	ОПК-5, ППК-2, ППК-3, ППК-4, ППК-8, ППК-9
<b>Р9</b>	Эффективно работать <i>индивидуально</i> , в качестве <i>члена и руководителя команды</i> , умение формировать задания и <i>оперативные планы</i> всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести <i>ответственность за результаты работы</i>	ОК-1, ОК-3, ОК-6, ОК-8, ОПК-6, ППК-2, ППК-5, ППК-7, ППК-10, ППК-11
<b>Р10</b>	Самостоятельно учиться и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	ОК-1, ОК-3, ОК-6, ОК-7, ОПК-2, ППК-3, ППК-4, ППК-6, ППК-8, ППК-10

## **Обозначения, определения и сокращения**

**ППД** – поддержание пластового давления;

**ЦВ** – циклическое воздействие;

**ГИС** – геофизические исследования скважин;

**ФЕС** – фильтрационно-емкостные свойства;

**ЭВМ** – электронно-вычислительная машина;

**ИНФП** – изменение направления фильтрационных потоков;

**НГДУ** – нефтегазодобывающее управление;

**КРС** – капитальный ремонт скважин;

**ОПЗ** – обработка призабойной зоны;

**ВНИИ** – Всероссийский научно-исследовательский институт;

**СибНИИНП** – Сибирский научно-исследовательский институт нефтяной промышленности.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 78 страниц, в том числе 19 рисунков, 10 таблиц. Список литературы включает 19 источников.

Ключевые слова: нефть, газ, неоднородность, проницаемость, нестационарное воздействие, циклическое заводнение, система поддержания пластового давления, нагнетательная скважина, нефтеотдача.

Объектом исследования является зона дренирования и выработки запасов нефти группы нагнетательных и добывающих скважин, эксплуатирующих нефтяной пласт.

Цель работы – обосновать эффективность применения циклического воздействия на неоднородные нефтяные пласты месторождений Западной Сибири.

В процессе исследования было рассмотрено влияние проницаемостной неоднородности на эффективность применения циклического воздействия на нефтяные пласты, а также ряд других факторов, по которым отбираются пласты-кандидаты для применения метода циклического воздействия; проведен анализ основных технологий нестационарного воздействия; рассмотрен оптимальный режим закачки.

В результате исследования были выявлены основные критерии по которым отбираются пласты-кандидаты для применения циклического воздействия, также был подобран оптимальный режим закачки, рассматриваемый в виде длительности полуциклов, зависящий от конкретных значений пьезопроводности пласта и расстояния между добывающими и нагнетательными скважинами. Была обоснована эффективность применения циклического воздействия на примере Суторминского месторождения.

Область применения: данную технологию целесообразно применять на неоднородные по проницаемости нефтяные пласты, разрабатываемые различной системой расположения нагнетательных и добывающих скважин.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	10
1 ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИКЛИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ .....	12
1.1 История возникновения технологии циклического воздействия на нефтяной пласт	12
1.2 Понятие неоднородности пластов.....	13
1.2.1 Неоднородность пластов, характерных для месторождений Западной Сибири .	14
1.2.2 Моделирование слоисто-неоднородного пласта двухслойной моделью .....	17
1.3 Критерии применимости циклического воздействия.....	20
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЦИКЛИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ .....	25
2.1 Изученность метода циклического (нестационарного) воздействия.....	25
2.1.1 Теоретические исследования .....	25
2.1.2 Лабораторно-экспериментальные исследования.....	27
2.1.3 Опытнo-промышленные испытания .....	28
2.2 Применение метода циклического воздействия в сочетании с технологиями изменения направления фильтрационных потоков .....	29
2.3 Основные виды технологий циклического воздействия на продуктивные пласты ...	34
2.4 Оптимальный режим закачки.....	39
2.4.1 Расчет длительности полуциклов .....	39
2.4.2 Обоснование эффективности применения оптимального режима закачки на примере Суторминского месторождения.....	41
2.5 Требования к воде, закачиваемой в пласт.....	44
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА ЦИКЛИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СОВМЕСТНО С МЕТОДОМ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ.....	46
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	50
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения циклического воздействия .....	50
4.2 Расчет экономической эффективности метода циклического воздействия .....	54
4.3 Мониторинг участков нефтяных месторождений с экономическим эффектом от внедрения циклического воздействия.....	58
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	62
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	63
5.2 Производственная безопасность при выполнении работ.....	64

5.2.1	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	66
5.2.2	Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	68
5.3	Экологическая безопасность .....	71
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....		75
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....		77

## **ВВЕДЕНИЕ**

Как известно, эпоха разработки нефтяных месторождений за счет энергии пластов давно прошла, и теперь необходимо использовать различные методы увеличения нефтеотдачи пластов. В России широко распространено заводнение продуктивных пластов с помощью системы поддержания пластового давления. Данный способ подразумевает постоянную закачку воды в продуктивный пласт через нагнетательные скважины, тем самым поддерживая пластовое давление, способствующее извлечению нефти из недр.

В конце пятидесятых годов двадцатого века М.Л. Сургучевым было предположено, что если изменять давление нагнетания в нагнетательные скважины, то есть циклически воздействовать на продуктивный пласт, то это будет способствовать увеличению нефтеотдачи и снижению обводненности добываемой продукции.

Теоретические и лабораторно-экспериментальные исследования, проводимые в конце двадцатого века Всероссийским научно-исследовательским институтом, а также опытно-промысловые испытания, позволили установить, что циклическое воздействие наиболее эффективно применять на слоисто-неоднородные по проницаемости нефтяные пласты. Проницаемостная неоднородность характерна для многих месторождений Западной Сибири, где сосредоточено около две трети всех запасов нефти России. Также кроме проницаемостной неоднородности на эффективность проведения циклического воздействия влияют различные геолого-физические параметры, такие как: гидродинамическая связанность слоев; гидрофильность горной породы и др.

Применение метода циклического воздействия совместно с технологией изменения направления фильтрационных потоков с подбором оптимального режима закачки в зависимости от конкретных геолого-физических условий нефтяной залежи, имеет высокую технологическую и экономическую эффективность, так как практически не требует больших капитальных затрат на

переустройство системы поддержания пластового давления и иных затрат на реализацию данного метода.

Стоит отметить, что во многих литературных источниках термин «циклическое» является синонимом термину «нестационарное» воздействие. По этой причине в данной выпускной квалификационной работе понятия «циклическое» и «нестационарное» заводнения будут равнозначными.

# **1 ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИКЛИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

## **1.1 История возникновения технологии циклического воздействия на нефтяной пласт**

Проведя литературный обзор по теме циклического воздействия на неоднородные нефтяные пласты, было отмечено, что впервые данный вопрос был упомянут в конце пятидесятых годов двадцатого века в СССР. Михаил Леонтьевич Сургучев – первый, кто предположил об более эффективной разработке нефтяного месторождения путем циклического воздействия на продуктивный пласт. М.Л. Сургучев основывался на результатах анализа разработки участков месторождений Куйбышевской области, которые по различным причинам носили циклический характер. Анализ показал, что повышению нефтеотдачи и снижению обводненности добываемой продукции по этим объектам способствовали нестационарные процессы.

В 1965 году группой ученых ВНИИ (Боксерман А.А., Губанов А.И., Желтов Ю.П., Кочешков А.А., Оганджянц В.Г., Сургучев М.Л.) была подана заявка на авторское свидетельство "Способ разработки нефтяных месторождений". Физический смысл циклического воздействия был интерпретирован следующим образом: "Способ предусматривает увеличение упругого запаса пластовой системы путем периодического повышения и снижения давления нагнетания воды. Это является предпосылкой для возникновения внутри пласта нестационарных перепадов давления и соответствующих нестационарных перетоков жидкости между слоями (участками) разной проницаемости. При этом в полуцикл повышения давления нагнетания вода из слоев с большей проницаемостью внедряется в малопроницаемые слои, а в полуцикл снижения давления нефть из малопроницаемых прослоев перемещается в высокопроницаемую часть коллектора" [5].

Начиная с 1965 года разработка и усовершенствование метода циклического воздействия велась в трех направлениях:

- 1) Теоретические исследования;
- 2) Лабораторно-экспериментальные исследования;
- 3) Опытно-промышленные испытания.

Благодаря теоретическим исследованиям под руководством О.Э. Цынковой во ВНИИ, была создана математическая модель, симулирующая процессы, протекающие в продуктивном пласте при циклическом воздействии. Данная модель позволила не только исследовать влияние различных факторов на эффективность применения циклического воздействия, но и прогнозировать технологический эффект от применения данного метода.

Лабораторно-экспериментальные исследования позволили выявить физическую сущность метода циклического воздействия. Так же были выявлены основные факторы, влияющие на эффективность проведения данного метода.

Опытно-промышленные испытания позволили установить, что применение циклического воздействия дало положительный технологический эффект почти на всех месторождениях, где ранее принялось обычное заводнение.

Таким образом, история возникновения технологии циклического воздействия положила свое начало с конца 50-х годов двадцатого века. Также стоит упомянуть, что за рубежом исследования по данному методу не проводились.

## **1.2 Понятие неоднородности пластов**

Неоднородность пласта – одна из важнейших характеристик, влияющая на эффективность применения циклического воздействия на нефтяные залежи. Особенное влияние на эффективность имеет неоднородность по проницаемости.

## 1.2.1 Неоднородность пластов, характерных для месторождений Западной Сибири

Около две трети всех разведанных запасов нефти России сосредоточено в Западной Сибири. Основная часть месторождений находится на поздней стадии разработки, характеризующиеся высокими объемами попутно добываемой жидкости. Также они относятся к категории трудноизвлекаемых запасов.

Нефтяные пласты месторождений Западной Сибири характеризуются:

- 1) Наличием неоднородных коллекторов с пониженной нефтенасыщенностью;
- 2) Высокой проницаемостной неоднородностью как по разрезу продуктивного пласта, так и по площади;
- 3) Зонами с низкими фильтрационно-емкостными свойствами пород.

Все эти факторы отрицательно влияют на разработку нефтяных месторождений.

Что касается геологической неоднородности, месторождения Западной Сибири представлены, в основном мелко- и среднезернистыми песчаниками, также неотсортированными разностями и алевролитами. Обломочный каркас представляет собой совокупность таких минералов, как полевой шпат, кварц, слюды в различных количественных соотношениях и обломками горных пород. В качестве цемента выступает глинистое вещество, которое представлено каолинитом, гидрослюдами с примесью различных минералов.

Значения проницаемости коллекторов месторождений Западной Сибири находятся в широком диапазоне, в пределах от 1 до  $5000 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>.

Во многих случаях, глубины залегания отложений близки и одинаковы. Но несмотря на это, минеральный, гранулометрический состав песчано-алевролитового материала, а также коллекторские свойства существенно отличаются. Диапазон изменения значений проницаемости весьма широк.

Площадь нефтенасыщенных коллекторов достаточно обширна, она может изменяться от нескольких квадратных километров до сотен и даже тысяч

квадратных километров. Также большая часть залежей приурочена к коллекторам терригенного типа.

Мощность продуктивных пластов также может варьироваться от нескольких метров до нескольких десятков метров. При этом нефтяное месторождение или залежь образуют продуктивные отложения, объемы которых могут достигать от нескольких миллионов до нескольких миллиардов кубических метров.

Как известно, продуктивный пласт может содержать в себе горные породы с различным литологическим составом. Например, для терригенных коллекторов продуктивный пласт может включать в себя песчаники, глины, аргиллиты, алевролиты, углистые сланцы, мергели и т.д. Все перечисленные породы в объеме продуктивной залежи могут изменять свою структуру довольно разнообразно, также каждый из них имеет различные фильтрационно-емкостные свойства. По этой причине по ФЕС нефтяные залежи Западной Сибири можно отнести к анизотропным средам. Из физики, анизотропное тело – это тело, физические свойства которого изменяются в различных направлениях.

Таким образом, продуктивный пласт – это анизотропная среда, у которой изменяются ФЕС в различных направлениях, а также минеральный и литолого-фациальный состав. Для характеристики изменчивости данных характеристик принято использовать обобщенный термин – неоднородность.

Пласт называется **неоднородным**, если в его объеме минералогический и литолого-фациальный состав, а также агрегативное состояние и физические свойства горных пород изменяются в различных направлениях.

Но на сегодняшний день, нет единой точки зрения по вопросам терминологии, классификации и оценке неоднородности строения нефтяных залежей. Во многих трудах авторов можно заметить неоднородность, именуемой геологической, потому что она обусловлена в большей степени геологическими процессами, в результате которых изменяются петрография, литология, а также различные физические свойства горных пород и флюидов.

Под геологической неоднородностью понимают изменчивость в объеме литолого-физических свойств горных пород продуктивной залежи. Исходя из данного определения, неоднородность залежи оценивается изменчивостью горных пород продуктивного пласта. Для более эффективной разработки нефтяных месторождений неоднородность классифицируют на:

- 1) *Литолого-фациальная неоднородность* продуктивного пласта;
- 2) *Физическая неоднородность*, то есть неоднородность по коллекторским свойствам продуктивного пласта.

Первый вид неоднородности – литолого-фациальная неоднородность позволяет выделить следующие разновидности: гранулометрическую неоднородность, минералогическую неоднородность горных пород; также неоднородность горизонта в целом по толщине и по площади; также различным выклиниванием, замещением одних пород другими, линзовидностью и т.п. Иными словами, литолого-фациальная неоднородность является следствием процессов седиментации пород, входящих в состав продуктивного горизонта.

Второй вид неоднородности – физическая неоднородность, включает в себя различные виды неоднородности, среди которых неоднородности по:

- 1) *По проницаемости;*
- 2) *По пористости;*
- 3) *По распределению остаточной водонасыщенности;*
- 4) *Микрон неоднородность или параметрическая неоднородность.*

Для гидродинамических расчетов принято заменять реальную модель пласта математической моделью. Математическая модель в свою очередь может подразделяться на:

- 1) *Слоистую неоднородность пласта* – пласт состоит из различных пропластков, имеющих разные ФЕС, то есть неоднородность по толщине пласта. В этом случае нефтенасыщенные пропластки разделяются непроницаемыми границами, которые могут быть гидравлически связанными или изолированными. При этом течение в каждом пропластке – прямолинейно-

параллельный или проскоррадиальный; в пределах каждого пропластка ФЕС постоянны, а на границах изменяются скачкообразно.

2) *Зональную неоднородность* – пласт по площади состоит из нескольких зон с различными ФЕС

3) *Пространственную (объемную) неоднородность горизонта.*

Для циклического воздействия на нефтяные пласты наиболее важное значение имеет слоистая неоднородность залежи по проницаемости, которая более подробно описана в следующем пункте.

### **1.2.2 Моделирование слоисто-неоднородного пласта двухслойной моделью**

Одним из важнейших параметров, влияющих на эффективность применения циклического воздействия на продуктивные пласты – является неоднородность пласта по проницаемости.

Как известно, в природе практически нет нефтенасыщенных пластов, толщина которых была бы строго представлена двумя нефтенасыщенными слоями разной проницаемости. Как правило, разрабатываемые пласты представляют собой чередование пропластков коллекторов со сложным распределением проницаемости по толщине.

Информацию о распределении проницаемости по толщине в пределах изучаемого объекта (пласта, участка) можно получить по результатам определения проницаемости по керну и по данным ГИС. В настоящее время оценка неоднородности пластов проводится преимущественно по данным ГИС как наиболее массовых и дающих достаточно детальную характеристику разреза пласта.

В работе Сургучева [5] слоисто-неоднородный пласт был представлен в виде двухслойной математической модели рисунок 1. Благодаря чему сложное распределение по проницаемости слоисто-неоднородного пласта было преобразовано в двухступенчатое.

Верхний – высокопроницаемый слой, представляет собой совокупность всех прослоев с проницаемостью выше средней по объекту. Нижний – низкопроницаемый слой, включает в себя все остальные пропластки с проницаемостью ниже средневзвешенной по толщине эксплуатационного объекта. Таким образом, первый и второй слои охарактеризованы средними по значению проницаемостями  $\tilde{k}_1$  и  $\tilde{k}_2$ . Одним из важнейших параметров, определяющих эффективность метода, является проницаемостная неоднородность пласта  $V$ :

$$V = (\tilde{k}_1 - 1)(1 - \tilde{k}_2), \quad (1)$$

где  $V$  – проницаемостная неоднородность пласта, доли единиц;

$\tilde{k}_1, \tilde{k}_2$  – средние по значению проницаемости для высоко- и низкопроницаемых слоев соответственно, доли единиц;

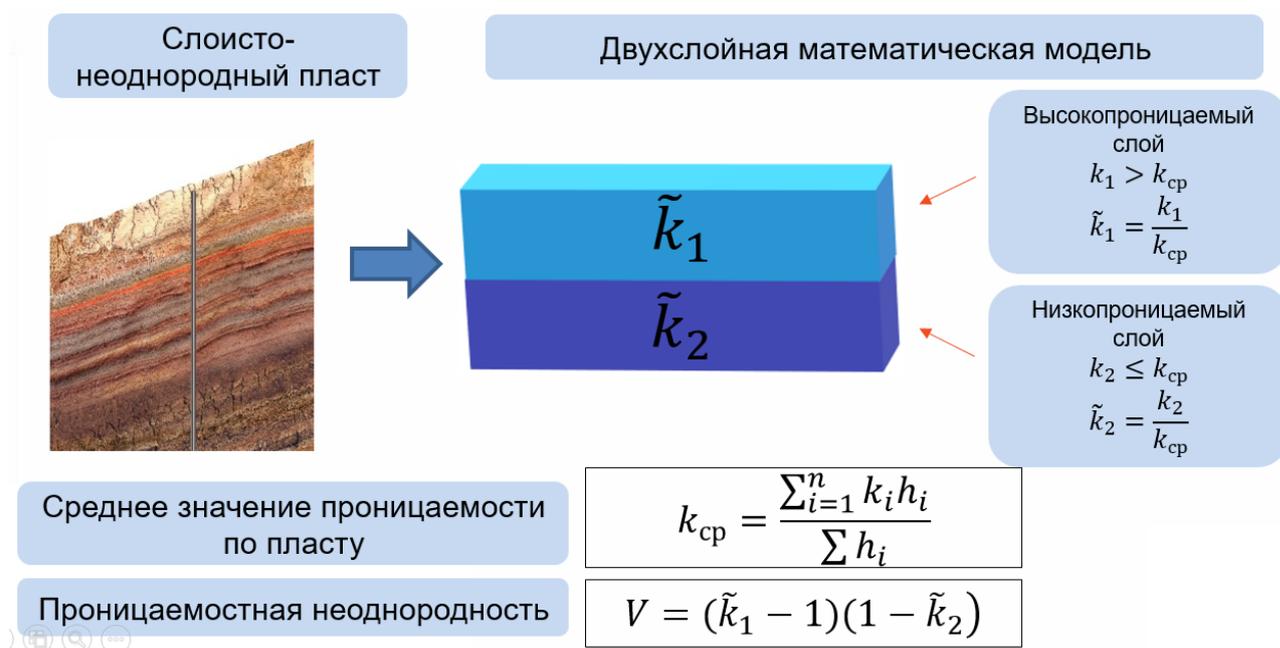


Рисунок 1 – Слоисто-неоднородный пласт в виде двухслойной математической модели

Чем выше значение данного параметра, тем выше эффективность метода. При значении проницаемостной неоднородности свыше 0,5 эффективность применения циклического воздействия на рассматриваемый пласт-кандидат можно считать высокой.

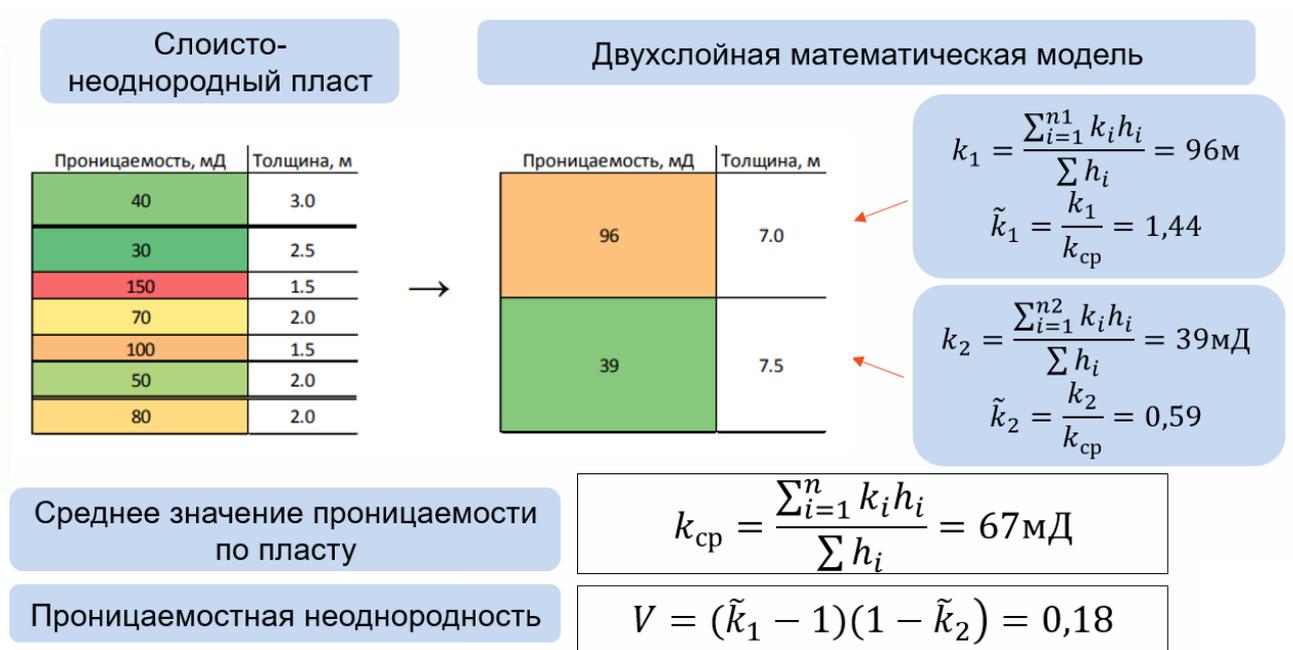


Рисунок 2 – Пример расчета проницаемостной неоднородности

Пример расчета проницаемостной неоднородности проиллюстрирован на рисунке 2.

Рассмотрим вымышленный слоисто-неоднородный пласт, представляющий собой совокупность пропластков (7 пропластков) с различными значениями проницаемости и толщины, изображенный в левой части рисунка 2.

Применения двухслойной модели можно описать следующим образом. Сначала было рассчитано среднее значение проницаемости по пласту (2), где  $k_i$  – значение проницаемости и  $h_i$  – значение толщины для  $i$ -го пропластка.

$$k_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i h_i}{\sum h_i} = 67 \text{ мД} \quad (2)$$

где  $k_{\text{ср}}$  – среднее значение проницаемости по пласту, мД;

$k_i$  – значение проницаемости для  $i$ -го пропластка, мД;

$h_i$  – значение толщины для  $i$ -го пропластка, м.

Далее, в верхнюю часть двухслойной математической модели, то есть в высокопроницаемый слой были отнесены пропластки со значениями

проницаемости выше средней по объекту равной 67 мД. А в нижнюю часть – низкопроницаемый слой, были отнесены все остальные пропластки со значениями проницаемости ниже 67 мД.

Рассчитать среднее значение проницаемости для высоко- и низкопроницаемого слоя можно по формулам (3) и (4)

$$k_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} k_i h_i}{\sum h_i} = 96 \text{ мД} \quad (3)$$

где  $k_1$  – среднее значение проницаемости для высокопроницаемого слоя, мД.

$$k_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} k_i h_i}{\sum h_i} = 39 \text{ мД} \quad (4)$$

где  $k_2$  – среднее значение проницаемости для низкопроницаемого слоя, мД.

Далее были рассчитаны следующие безразмерные величины (5) и (6).

$$\tilde{k}_1 = \frac{k_1}{k_{\text{cp}}} = 1,44, \quad (5)$$

$$\tilde{k}_2 = \frac{k_2}{k_{\text{cp}}} = 0,59 \quad (6)$$

По значениям  $\tilde{k}_1$  и  $\tilde{k}_2$  можно рассчитать проницаемостную неоднородность  $V$  по формуле (7). При значении данного параметра выше 0,5, эффективность применения циклического воздействия можно считать эффективным. В рассматриваемом случае эффективность применения циклического воздействия будет низким, так как  $V = 0,18$

$$V = (\tilde{k}_1 - 1)(1 - \tilde{k}_2) = 0,18 \quad (7)$$

На эффективность применения циклического воздействия кроме проницаемостной неоднородности влияют и другие параметры, рассмотренные в следующем подразделе.

### 1.3 Критерии применимости циклического воздействия

Добиться высокой технологической и экономической эффективности с помощью метода циклического воздействия на рассматриваемом участке нефтяной залежи можно, если участок будет соответствовать определенным критериям. В данном подразделе будут рассмотрены основные факторы влияющие на эффективность применения данного метода.

На основе теоретических и лабораторно-экспериментальных исследований, а также опытно-промышленных испытаний в 1978 году во Всероссийском научно-исследовательском институте было разработано руководство по применению и проектированию метода циклического воздействия. В данном руководстве отмечается, что условия применения циклического воздействия во многом совпадают с условиями применения для обычного (стационарного) воздействия [6]. Кроме того, оказалось, что условия применения стационарного заводнения могут быть приемлемыми и для совместного применения циклического воздействия с методом изменения направления фильтрационных потоков (ИНФП).

Изучая отечественную литературу, направленную на изучение темы нестационарного воздействия на нефтяные месторождения, можно утверждать, что области применения данного метода достаточно широки.

Принцип упруго-капиллярного нестационарного воздействия основывается на 2-х неразрывно связанных процессах:

- 1) Уменьшение водонасыщенности высокопроницаемого пропластка и увеличение водонасыщенности низкопроницаемого прослоя, за счет перемещения воды между пропластками под действием градиента гидродинамического давления, вызванного макронеоднородностью среды;

- 2) Капиллярное замещение нефти водой в низкопроницаемых участках коллектора, вызываемое микронеоднородностью среды.

В работах различных авторов, которые изучали метод циклического воздействия, было замечено, что чем выше гидродинамическая связанность прослоев в пласте, тем выше эффективность применения данного метода. Также данный метод будет наиболее эффективным для мощных слоисто-

неоднородных пластов и для трещиновато-пористых коллекторов. Чем выше гидрофильность породы, тем выше способность воды удерживаться скелетом горной породы и она будет вытеснять нефть из пор, что также оказывает положительное влияние на эффективность применения метода циклического воздействия. Высокая газонасыщенность флюида также дает положительный эффект [2].

Все вышеперечисленные параметры коллекторов и флюидов благоприятно влияют на применения метода и тесно связаны с упругим запасом пластовой энергии, которая также напрямую влияет на эффективность применения циклического воздействия. Высокий запас упругой системы способствует достаточно «яркому» проявлению упругих сил при перетоках флюида между прослоями нефтенасыщенного пласта.

**Геологические критерии** применимости метода циклического (нестационарного) воздействия рассмотрены ниже:

1) **Слоистая неоднородность пласта по проницаемости** – основной критерий по которому определяют эффективность проведения циклического воздействия. Если несколько пропластков составляют продуктивный пласт, проницаемостная неоднородность  $V$ , которого свыше значения 0,5, то применение ЦВ можно считать эффективным

2) **Гидродинамическая связанность прослоев** - второй по важности геологический критерий применения циклического воздействия. При значении данного параметра менее 0,5, эффективность метода резко уменьшается.

3) **Толщина пласта.** Тонкие пласты можно считать малоподходящими для разработки месторождения в той мере, в какой они могут считаться однородными

4) **Гидрофильность горной породы** – чем выше смачиваемость породы, тем сильнее вода будет удерживаться в порах низкопроницаемого пропластка. Это будет способствовать более лучшему массообмену между слоями различной проницаемости.

5) **Трещиноватость пластов** – один из видов неоднородности по проницаемости. Трещины обеспечивают хорошую гидродинамическую связанность пористых блоков, что делает трещиновато-пористый коллектор отличным объектом для проведения циклического заводнения.

6) **Вязкость нефти.** При значении вязкости нефти до 25 мПа\*с эффективность применения метода будет высоким. Но в то же время в некоторых литературных источниках отмечается, что при проведении циклического воздействия наблюдается уменьшение вязкостной неустойчивости нефти.

7) **Площадное сочетание пластов различного типа.** Наличие в продуктивном пласте различных зон с повышенной и пониженной нефтенасыщенностью, наличие тупиковых нефтенасыщенных зон, является одной из причин для применения циклического воздействия совместно с методом ИНФП. ИНФП способствует пронизыванию застойных нефтенасыщенных участков линиями тока нового направления.

#### **Технологические критерии, определяющие эффективность применения метода**

1) **Длительность проведения стационарного заводнения до перехода на циклическое.**

С теоретической точки зрения, чем раньше начато циклическое заводнение на месторождении, тем больше массообмен между слоями различной проницаемости и тем выше итоговая технологическая эффективность метода.

Выбор оптимального времени начала реализации циклического заводнения обусловлен рядом факторов, которые не всегда возможно установить: распределение проницаемости и водонасыщенности, наличие непроницаемых проластков.

Хотя необходимо отметить, что метод циклического воздействия совместно с методом ИНФП имеет удовлетворительные результаты независимо от начала ввода их в разработку.

## 2) Амплитуда и период высокочастотных колебаний давления

В работах [5, 6] в качестве рекомендуемых режимов работы нагнетательных скважин, при которых можно рассчитывать на высокую эффективность циклического заводнения приводится следующее соотношение:

$$60\% < \frac{q_{цз}}{q_{сз}} \leq 100\% \quad (8)$$

где  $q_{цз}$  и  $q_{сз}$  – приемистость нагнетательных скважин при реализации циклического и стационарного заводнения соответственно, м<sup>3</sup>/сут.

На практике создание таких амплитуд изменения закачки может оказаться невозможным из-за технических ограничений система ППД, тогда необходимо решать вопрос с учетом существующих ограничений.

Период колебаний определяется с учетом размеров участка и величины коэффициента пьезопроводности.

Так в работе [5] для расчета длительности полуциклов предлагается использовать следующую формулу:

$$\rho = \left(\frac{\omega l^2}{2\chi}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

где  $\omega$  – частота колебаний давления, Гц;

$l$  – расстояние между добывающими и нагнетательными скважинами;

$\chi$  – пьезопроводность пласта.

На основании данного соотношения можно утверждать, что чем лучше упругость пласта, тем выше должен быть период полуцикла; по мере того как продвигается фронт вытеснения период полуцикла должен увеличиваться по квадратичной зависимости.

## **2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ЦИКЛИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

### **2.1 Изученность метода циклического (нестационарного) воздействия**

Проведя литературный обзор, было установлено, что изучение темы циклического воздействия положило свое начало с начала 60-х годов двадцатого века. Изучение метода циклического (нестационарного) заводнения велось в трех основных направлениях:

- 1) Теоретические исследования;
- 2) Лабораторно-экспериментальные исследования;
- 3) Опытно-промышленные испытания.

#### **2.1.1 Теоретические исследования**

Теоретические исследования, проводимые М.Л. Сургучевым, А.А. Боксерманом, Ю.П. Желтовым, В.Г. Оганджянцем и др., позволили дать теоретическое обоснование в начале 60-х годов. В 1967 году А.А. Боксерманом и Б.В. Шалимовым была проведена первая оценка массообмена между прослоями различной проницаемости при переменном градиенте гидродинамического давления. При этом, поставленная задача заключалась в определении количества перетекающей жидкости из одного прослоя в другой под действием градиента гидродинамического давления, направленного перпендикулярно напластованию.

Данный процесс был описан сложными математическими формулами, которые в последствии не нашли практического применения, но стали фундаментом для дальнейшего теоретического изучения метода циклического воздействия.

Далее, в начале 70-х годов под руководством О.Э. Цынковой во Всероссийском научно-исследовательском институте была создана двухслойная математическая модель, характеризующая процессы,

протекающие при нестационарном воздействии на пласт. Описание данной модели представлено в пункте «1.2.2 Моделирование слоисто-неоднородного пласта двухслойной моделью» данной выпускной квалификационной работы. Создание такой модели послужило фундаментом для проектирования технологии циклического воздействия на нефтяных залежах. Благодаря данной модели, можно рассчитать проницаемостную неоднородность  $V$ , которая напрямую влияет на эффективность проведения циклического воздействия. При значении данного параметра меньше 0,5, эффективность данного метода будет низкой [1].

Кроме проницаемостной неоднородности  $V$ , другими показателями пласта являются:

**1)  $K_{св}$  – коэффициент литологической связанности прослоев**, который выражается отношением площади связанных коллекторов к общей площади рассматриваемого участка.

**2)  $\beta$  – коэффициент удержания воды**. Представляет собой долю воды, которая удерживается малопроницаемым слоем, поступившая в него из высокопроницаемого участка.

**3)  $\beta^*$  - упругоёмкость**. Показывает какая доля объема воды для рассматриваемого объема залежи выделится при изменении давления на единицу.

**4)  $\chi$  – пьезопроводность**. Характеризует скорость изменения пластового давления.

Все вышерассмотренные параметры определяют эффективность проведения циклического воздействия.

Также с помощью теоретических исследований была создана методика, определяющая эффективность проведения циклического заводнения в зависимости от конкретных геолого-технологических условий рассматриваемого месторождения.

Дальнейшие теоретические исследования в области циклического воздействия велись более углубленно. Также стоит упомянуть, что благодаря

развитию ЭВМ, расчеты математических моделей значительно упростились и это дало еще один толчок развитию.

### 2.1.2 Лабораторно-экспериментальные исследования

Над лабораторно-экспериментальными исследованиями по теме циклического заводнения работали В.Г. Оганджянц, А.А. Боксерман, К.Э. Музафаров, М.Л. Коджаев, А.А. Кочешков.

Объектом лабораторно-экспериментальных исследований являлась пористая модель, включающая в себя высоко- и малопроницаемые слои и трещиновато-пористые блоки.

На основе этого была сформулирована **физическая сущность циклического воздействия**: "Способ предусматривает увеличение упругого запаса пластовой системы путем периодического повышения и снижения давления нагнетания воды. Это является предпосылкой для возникновения внутри пласта нестационарных перепадов давления и соответствующих нестационарных перетоков жидкости между слоями (участками) разной проницаемости. При этом в полуцикл повышения давления нагнетания вода из слоев с большей проницаемостью внедряется в малопроницаемые слои, а в полуцикл снижения давления нефть из малопроницаемых прослоев перемещается в высокопроницаемую часть коллектора" [5].

Описание данного процесса можно произвести на рисунке 3, где изображен слоисто-неоднородный пласт в виде двухслойной системы. Нижний слой – представляет собой низкопроницаемый пропласток, а верхний – высокопроницаемый. Слева изображена нагнетательная скважина, а справа добывающая.



Рисунок 3 – Физический смысл циклического воздействия

В период повышения давления нагнетания, вода из высокопроницаемого слоя внедряется в низкопроницаемый участок. А в период понижения давления нагнетания, уже нефть из низкопроницаемого участка перемещается в высокопроницаемый коллектор и в дальнейшем интенсифицируется.

### 2.1.3 Опытнo-промышленные испытания

Опытнo-промышленные испытания, проводимые в конце 20 века, подтвердили эффективность применения метода циклического воздействия почти на всех месторождениях, где ранее использовалось стационарное заводнение.

Промысловый опыт показал, что на поздней стадии разработки нефтяного месторождения со временем эффективность циклического воздействия снижается вместе с ростом объема попутно добываемой жидкости. Также для более эффективной разработки нефтяных месторождений целесообразно использовать метод циклического воздействия совместно с методом изменения направления фильтрационных потоков.

## 2.2 Применение метода циклического воздействия в сочетании с технологиями изменения направления фильтрационных потоков

На сегодняшний день метод циклического воздействия применяют в тандеме с различными другими методами увеличения нефтеотдачи пластов. В данном подразделе будет рассмотрен метод нестационарного воздействия совместно с методом изменения направления фильтрационных потоков при пятиточечной системе разработки.

Совместное осуществление методов может строиться на 2-х различных подходах:

1) Первый подход заключается в том, что на медленный процесс ИНФП накладываются «высокочастотные» колебания давлений нагнетания и отбора. Для данного подхода характерно, что в течение времени работы с одним направлением фильтрационных потоков успевает осуществляться много циклов колебания нагнетания. Схема осуществления метода при продольном и поперечном разрезании залежи нагнетательными рядами представлена на рисунке 4. При данной системе разработки возможно различное сочетание работы групп скважин. Возможные варианты рассмотрены на примере одного элемента на рисунке 4 и сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Варианты работы групп скважин при разрезании залежи продольными и поперечными рядами нагнетательных скважин

Изменение объема закачки по группам скважин	Работа групп скважин					
	Увеличение	1,2,7,6	3,4,5	1,4,5,6	2,3,7	2,5,4,7
Уменьшение	3,4,5	1,2,7,6	2,3,7	1,4,5,6	1,3,6	2,5,4,7

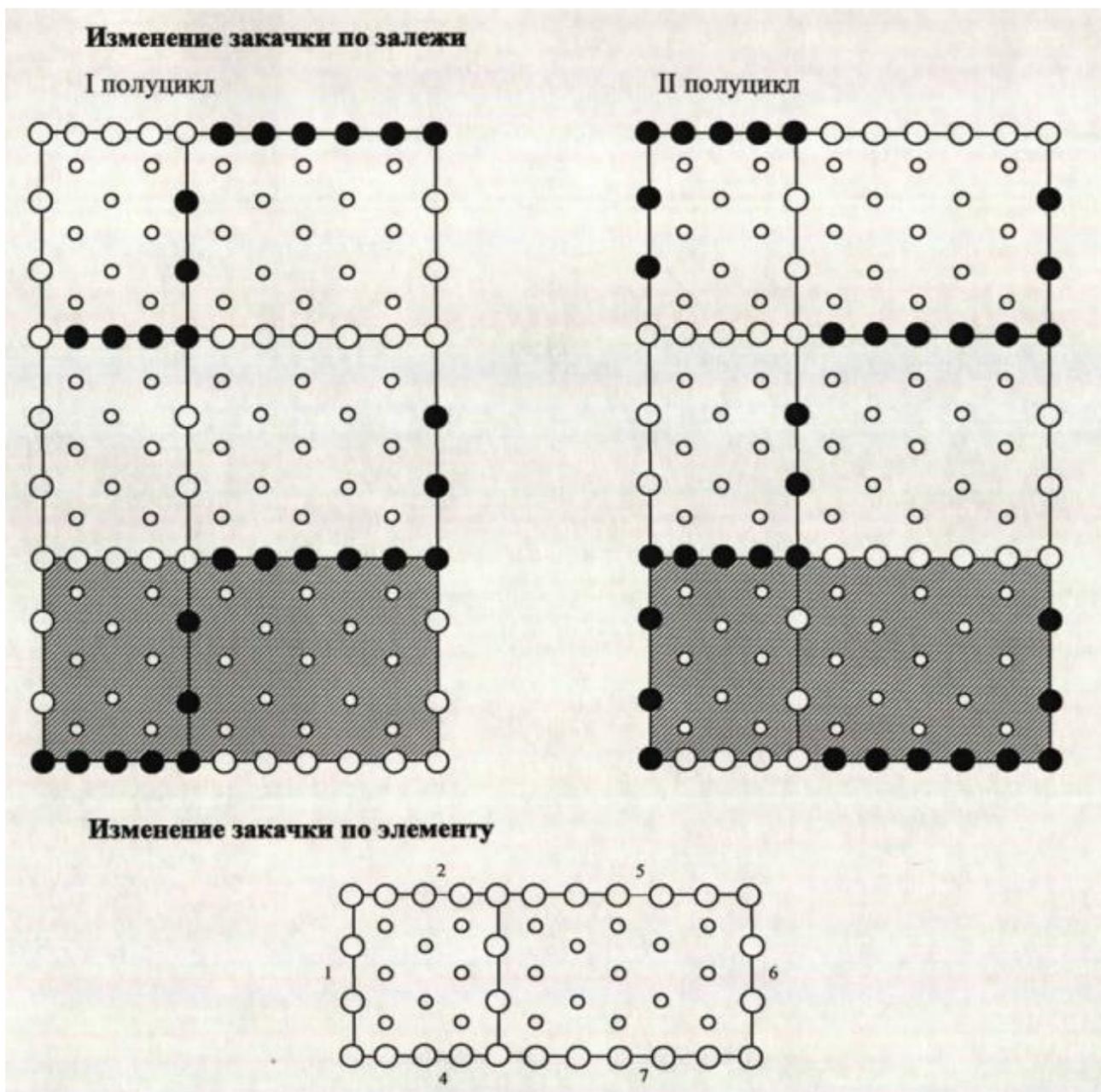


Рисунок 4 – Осуществление метода при продольном и поперечном разрезании залежи нагнетательными рядами

2) Второй подход естественным образом реализуется при различных площадных системах разработки. При этом возможно органическое сочетание изменения направления фильтрационных потоков с пульсациями давления нагнетания и отбора. Циклы колебаний давления могут совпадать с периодами поворота скоростей, тем самым процесс изменения ИНФП становится в той же степени нестационарным, что и процесс циклического воздействия.

Например, при 5-точечной схеме расположения нагнетательных и добывающих скважин (рисунок 5, а) в течение одного полуцикла закачка ведется в две диагонально расположенные нагнетательные скважины элемента, в течение следующего полуцикла – в две другие нагнетательные скважины этого элемента.

В итоге направления фильтрационных потоков изменяются на 90 градусов.

Аналогично, при 9-точечной системе разработки (рисунок 5, б), можно осуществить циклические перемены направлений фильтрационных потоков на 45 градусов и т.д.

При избирательной и очаговой системе разработки возможны различные варианты организации циклического воздействия и перемены направлений фильтрационных потоков. Выбирая варианты, необходимо учитывать расположение добывающих и нагнетательных скважин по площади, не допускать «языковых» прорывов воды путем смены режимов работы скважин, закачку воды по близлежащим скважинам осуществлять в противоположных режимах.

Чем сильнее неоднородность пласта, тем выше должна быть амплитуда вынуждающих колебаний давления (расхода) для эффективного воздействия. Естественно, что с ростом амплитуды растет количество пульсационной энергии, вводимой в пласт для преодоления фильтрационных сопротивлений колебательному движению жидкости.

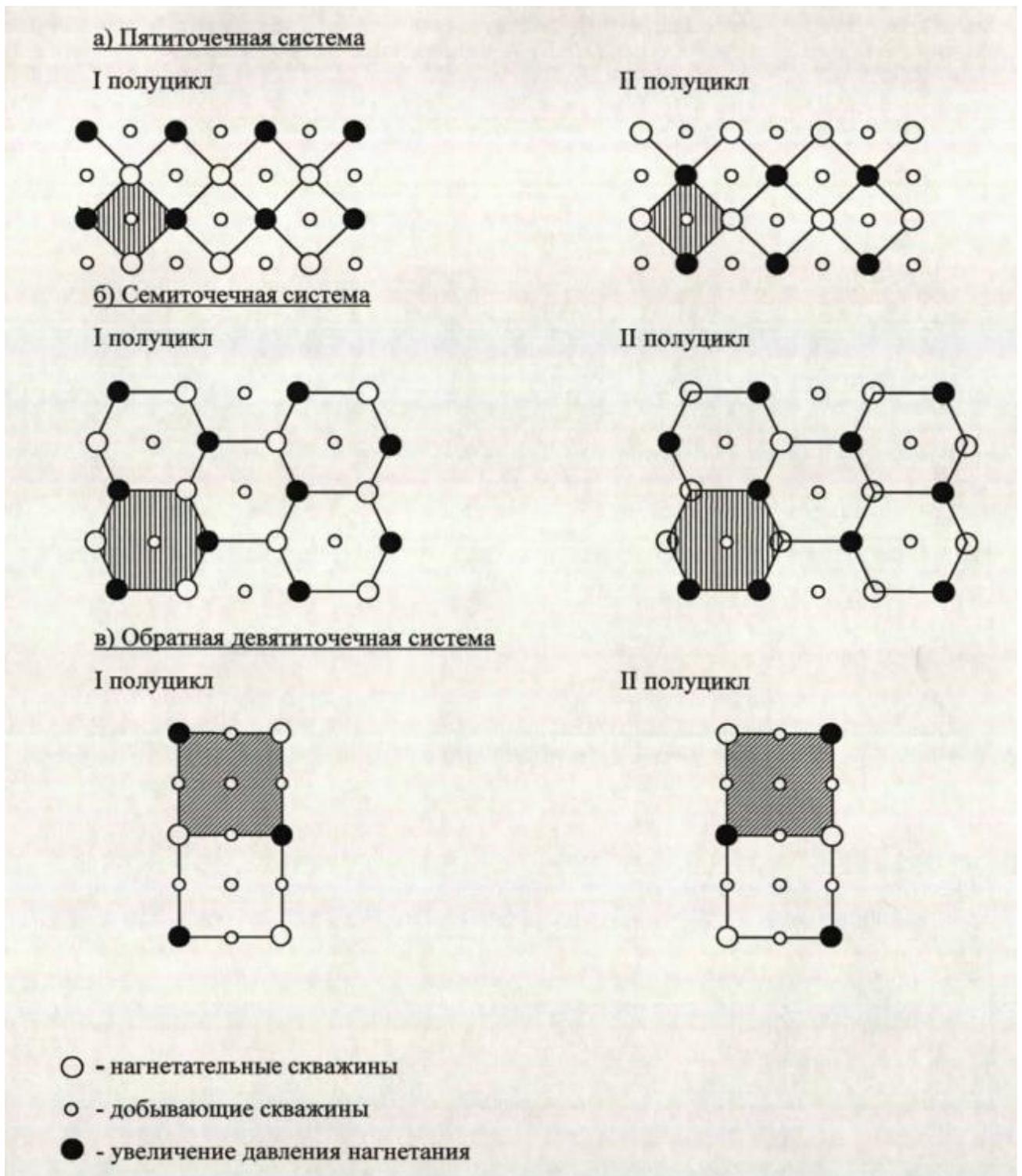


Рисунок 5 – Осуществление метода при площадных системах разработки

При стационарном воздействии часто возникает образование, не охваченных заводнением, нефтенасыщенных зон. На рисунке 4 проиллюстрированы линии тока, характеризующие направление движения

фильтрационного потока, которые обходят не затронутый нефтенасыщенный участок, обозначенный красной рамкой.

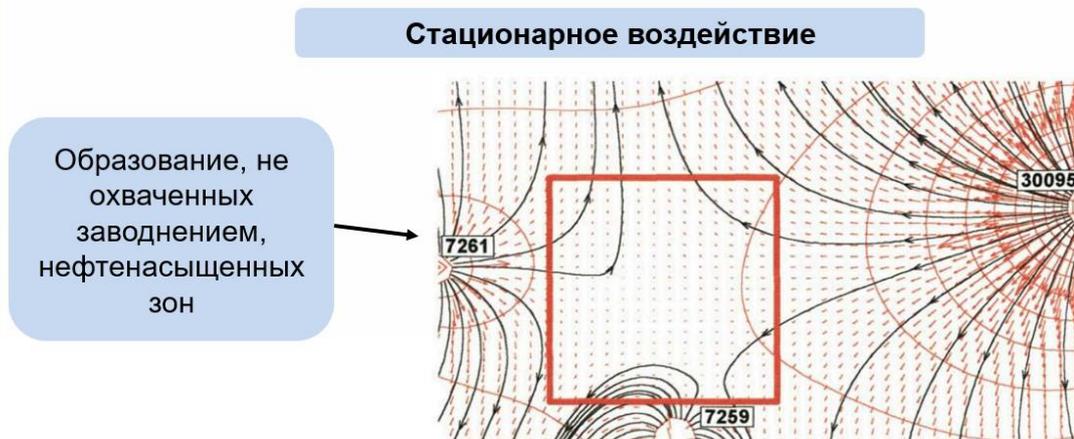


Рисунок 6 – Линии тока при стационарном заводнении

Но при циклическом воздействии совместно с методом изменения направления фильтрационных потоков подобных застойных зон становится меньше. Так, на рисунке 7 показано осуществление циклического воздействия совместно с методом изменения направления фильтрационных потоков при пятиточечной системе разработки.

**Осуществление ЦВ при пятиточечной системе разработки совместно с методом изменения направления фильтрационных потоков**

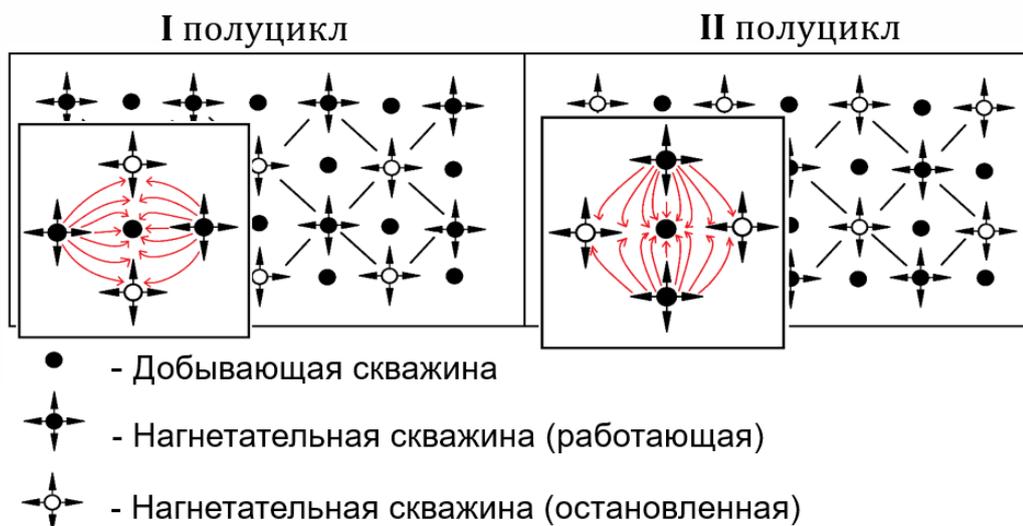


Рисунок 7 – Осуществление ЦВ совместно с методом изменения направления фильтрационных потоков

Рассмотрим локальную область разработки. В первом полуцикле работают нагнетательные скважины, расположенные слева и справа, в то время, как верхняя и нижняя остановлены. Красными линиями обозначены направления фильтрационных потоков. Во втором полуцикле – наоборот: работают верхняя и нижняя нагнетательные скважины, в то время, как боковые приостановлены. При этом линии тока изменили свое направление на 90 градусов по сравнению с первым полуциклом, благодаря чему неохваченные или слабо охваченные заводнением участки, пронизываются линиями тока нового направления и вытеснение из этих участков интенсифицируется.

### **2.3 Основные виды технологий циклического воздействия на продуктивные пласты**

Существуют различные классификации нестационарного воздействия на продуктивные пласты, одна из которых представлена в данном подразделе.

Различают следующие виды нестационарного воздействия:

1) Отключение обводнившихся скважин или снижение отборов жидкости из них, в результате чего растет пластовое давление, происходит перераспределение градиентов давления по простиранию залежи, соответствующая интенсификация градиентов в окрестности работающих необводненных скважин и, как следствие, прирост добычи нефти, снижение обводненности продукции.

2) Увеличение градиентов давления в окрестности добывающих скважин путем снижения забойных давлений (форсирование отборов).

3) Увеличение расхода нагнетаемой жидкости по отдельным группам скважин для повышения градиентов давления в направлении, где имеется не вытесненная нефть. Сам метод воздействия - попеременное форсирование закачки - является также методом изменения направления фильтрационных потоков.

4) Рациональное снижение скорости фильтрации для интенсификации межслойного обмена фазами в пластах, где существенные капиллярные и

гравитационные силы, а также уменьшение отборов жидкости для предотвращения образования конуса подошвенной воды.

5) Периодическое снижение или прекращение закачки как способ реализации упругих проявлений в пласте. При этом в "каналах" высокой обводненности давление падает быстрее, чем в малопроницаемых нефтенасыщенных слоях, зонах, блоках. В результате, в каждом цикле имеет место кратковременное уменьшение притока к добывающим скважинам со стороны обводненных зон и некоторое увеличение притока со стороны нефтенасыщенных зон.

6) Снижение пластового давления до давления насыщения для разгазирования оставшейся в обводненном пласте нефти и уменьшения остаточной нефтенасыщенности при последующей "выдержке" пласта и вытеснении газированной смеси водой. Как отмечается в разгазирование нефти не только создает условия для увеличения объема воды, внедряемого в малопроницаемые участки, но и значительно увеличивает поверхность капиллярного впитывания воды в нефтенасыщенные зоны, а также улучшает условия для удержания воды в этих зонах при обратных градиентах. Наличие в поровом пространстве свободной газовой фазы положительно сказывается на эффективности нестационарного процесса.

7) Периодическое повышение давления нагнетания сверх критического при заводнении пластов, где проницаемость зависит от давления, для увеличения приемистости пласта и охвата его заводнением по толщине.

Также в работах [3-4] приводится следующая классификация нестационарного воздействия, схема которой представлена на рисунках 8-12.

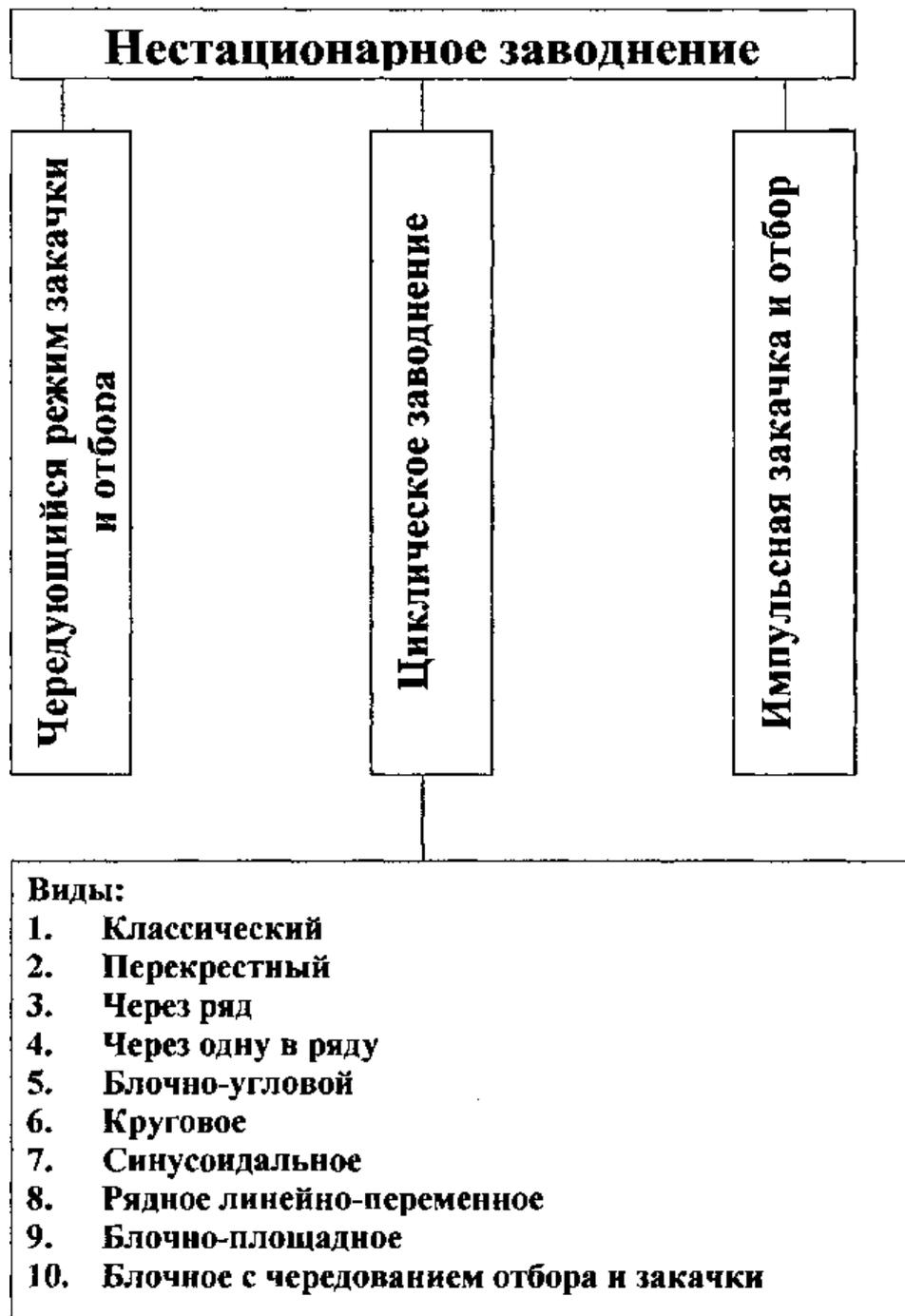


Рисунок 8 – Классификация методов нестационарного заводнения

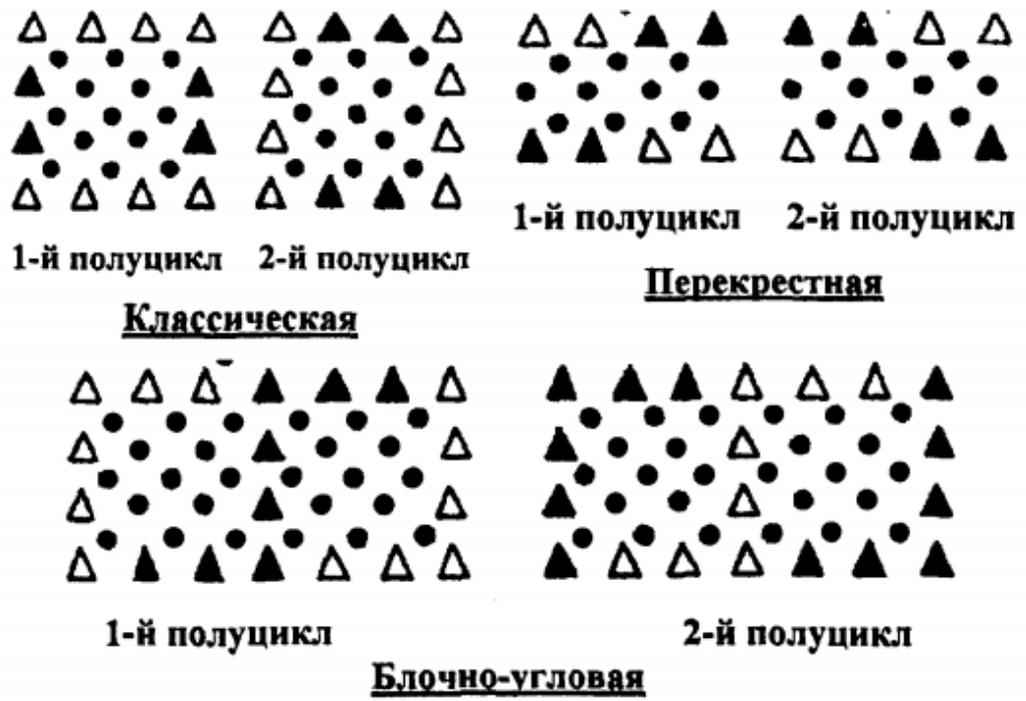


Рисунок 9 – Схемы реализации нестационарного заводнения (1)

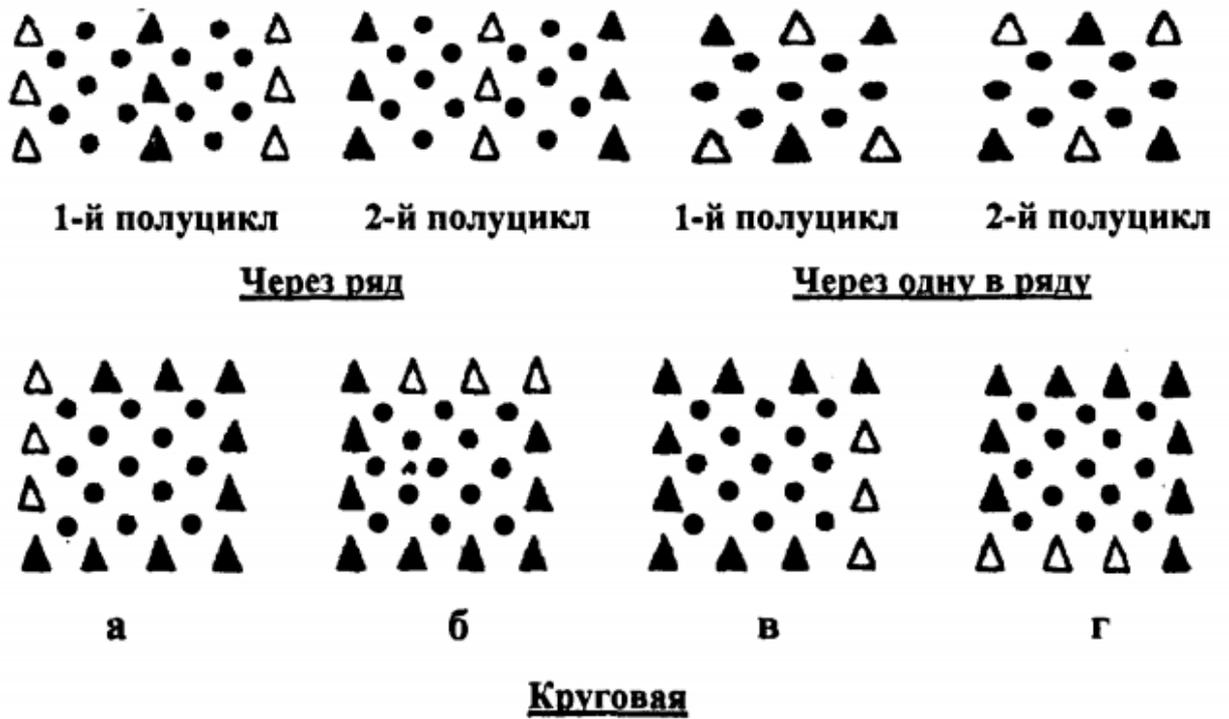


Рисунок 10 – Схемы реализации нестационарного заводнения (2)

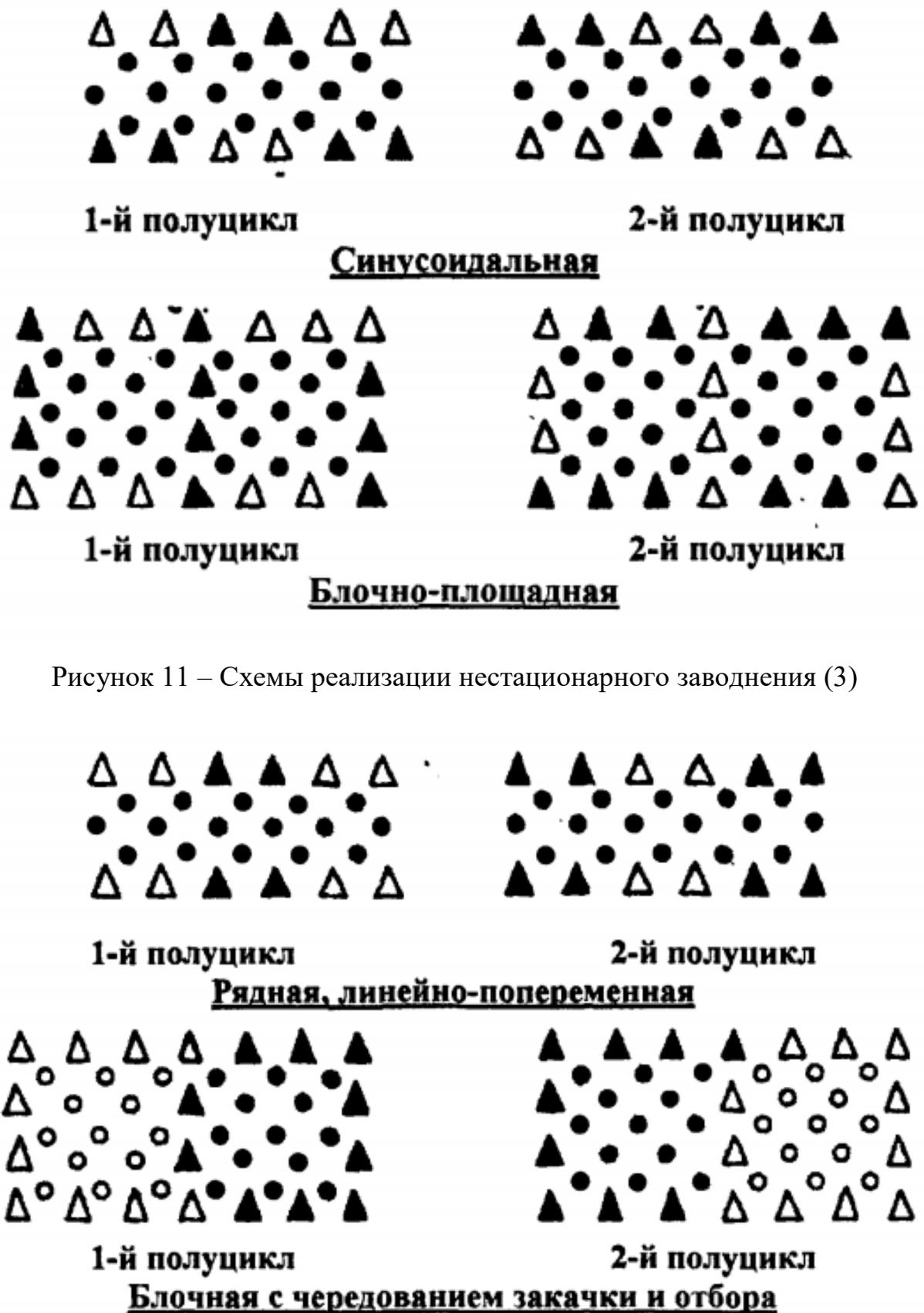


Рисунок 11 – Схемы реализации нестационарного заводнения (3)

Рисунок 12 – Схемы реализации нестационарного заводнения (4)

## 2.4 Оптимальный режим закачки

В случае если рассматриваемый пласт-кандидат подходит по всем геоло-физическим параметрам для применения циклического (нестационарного) заводнения, необходимо подобрать оптимальный режим закачки. Часто оптимальный режим закачки рассматривают в виде длительности полуциклов.

### 2.4.1 Расчет длительности полуциклов

На продолжительность полуцикла влияет безразмерный частотный показатель  $\rho$ :

$$\rho = \left(\frac{\omega l^2}{2\chi}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

где  $\omega$  – частота колебаний давления;

$l$  – расстояние между добывающими и нагнетательными скважинами;

$\chi$  – пьезопроводность пласта.

При различных значениях  $\rho$  равных 0,5;1;2 значения амплитуды перетоков и амплитуды давлений будут различаться. Для более эффективной разработки нефтяного месторождения необходимо, чтобы данные значения амплитуды перетоков и давлений были максимальны.

На рисунке 13 можно рассмотреть зависимость изменения амплитуды перетоков и амплитуды давления по длине пласта при различных значениях  $\rho$ . Из рисунка 13 видно, что по мере увеличения значения  $\rho$  амплитуды давления заметно снижаются. А амплитуды перетоков при больших значениях  $\rho$  имеют максимальные значения только вблизи нагнетательной скважины.

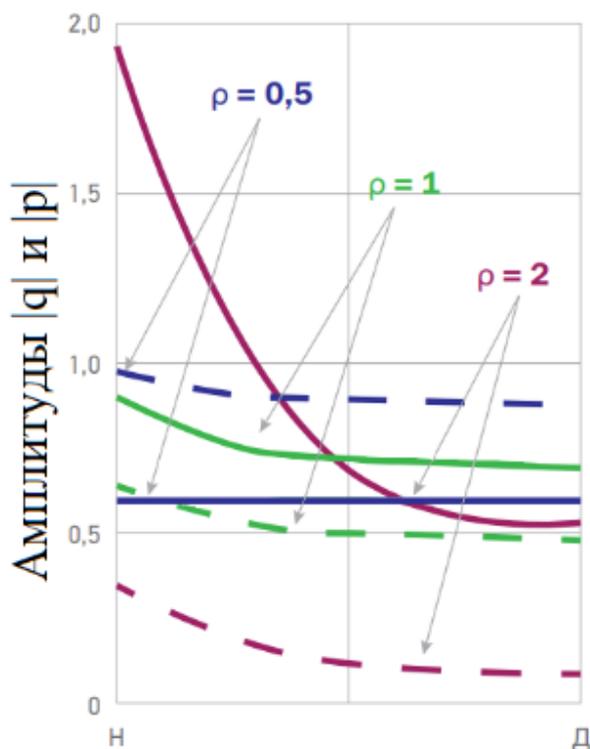


Рисунок 13 - Изменение амплитуд давления  $|p|$  (штриховые линии) и перетоков  $|q|$  (сплошные линии) между линиями добычи Д и нагнетания Н для различных значений  $\rho$

Таким образом, можно сделать вывод о том, что максимальному охвату пласта циклическим заводнением соответствует при  $\rho=1$ , следовательно, подставляя значение  $\rho=1$  в формулу (10) выводится формула для расчета длительности полуцикла (11):

$$T = \frac{l^2}{2\chi} \quad (11)$$

Как видно, длительность полуциклов зависит от конкретных значений пьезопроводности и расстояния между добывающими и нагнетательными скважинами

Так же зависимость длительности полуциклов в зависимости от различных значений пьезопроводности и расстояния между добывающими и нагнетательными скважинами можно наблюдать на рисунке 14.

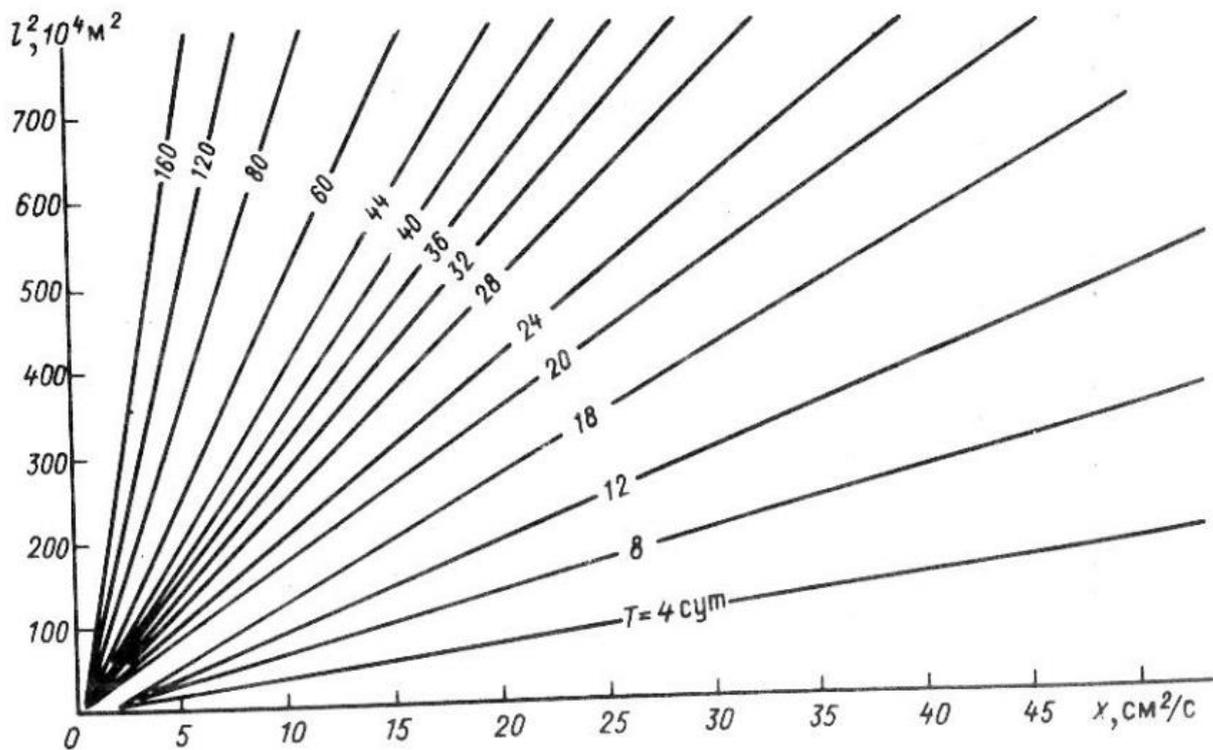


Рисунок 14 – График зависимости длительности полуциклов в зависимости от различных значений пьезопроводности и расстояния между добывающими и нагнетательными скважинами

**2.4.2 Обоснование эффективности применения оптимального режима закачки на примере Суторминского месторождения**

Метод циклического воздействия был применен на ряде месторождений Западной Сибири, одним из наиболее ярких примеров является Суторминское пласт БС<sub>7</sub> филиала «Газпромнефть-Муравленко», на участке которого в 2015 году были проведены опытно-промысловые испытания. Суторминское месторождение находится в Западной Сибири на территории Ямало-Ненецкого автономного округа [8].

На рисунке 15 изображено расположение добывающих и нагнетательных скважин при перекрестной системе разработки пласта БС<sub>7</sub>.



Рисунок 15 – Схема расположения добывающих и нагнетательных скважин при перекрестной системе разработке пласт БС<sub>7</sub> Суторминского месторождения

До проведения опытно-промысловых испытаний по применению циклического воздействия с оптимальным режимом закачки по данному участку длительность полуциклов составляла 15 суток. Далее после проведения расчетов по вышерассмотренной формуле (12), длительность полуциклов составило ровно 30 дней.

$$t = l^2 / 2\chi \quad (12)$$

Таким образом, в первые 30 дней, то есть в период первого полуцикла, с повышенной приемистостью работали скважины первого полуцикла, в то время как скважины второго полуцикла были остановлены. В следующий месяц, то есть в период второго полуцикла, с повышенной приемистостью работали скважины второго полуцикла, в то время как скважины первого полуцикла были остановлены.

Значения приемистости нагнетательных скважин первого и второго полуцикла приведены на рисунке 16.

Номер скважины	Приемистость, м3/сут		
	До опытно-промысловых испытаний	Режим опытно-промысловых испытаний	
		Первый полуцикл ЦВ	Второй полуцикл ЦВ
5215	42	192	0
5262	243	362	0
5286	160	253	0
5198	154	0	400
5200	241	0	323
5283	134	0	238
ИТОГО	974	807	961

Рисунок 16 – Значения приемистости для нагнетательных скважин первого и второго полуцикла

Опытно-промысловые испытания по циклическому воздействию были проведены с июня по декабрь 2015 года. На рисунке 17 можно рассмотреть динамику показателей разработки, из которого видно значительное преобладание фактического дебита нефти над базовым. За период с июня по декабрь добыча нефти увеличилась на 1,3 тыс. т, а снижение объема попутно добываемой жидкости составило 1,6 тыс. т., что доказывает эффективность применения оптимального режима закачки, выраженный в длительности полуциклов.

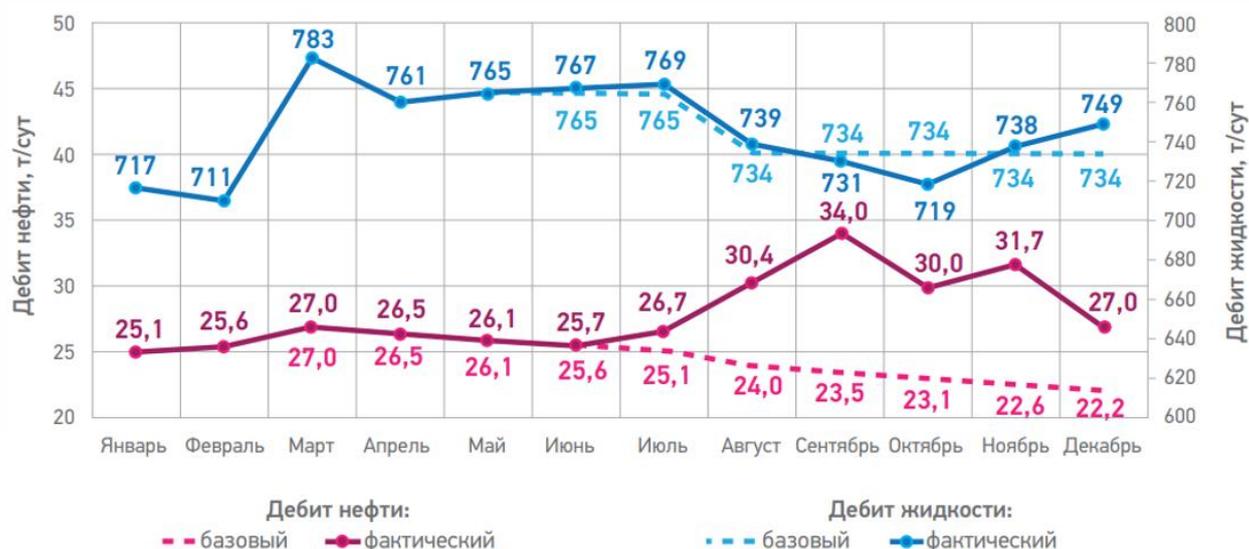


Рисунок 17 – Динамика разработки участка Суторминского месторождения

## 2.5 Требования к воде, закачиваемой в пласт

С технической и природоохранной точки зрения попутно добываемую пластовую воду необходимо использовать в цикле, пример которой приведен на рисунке 18.

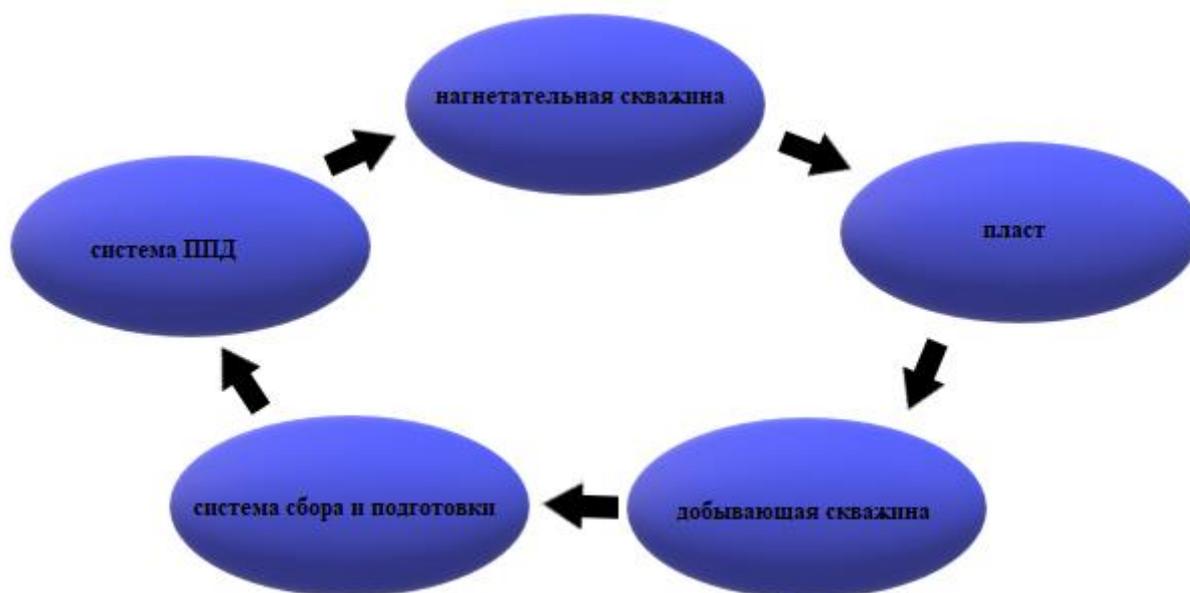


Рисунок 18 – Схема цикла нагнетаемой в пласт воды

В процессе добычи попутно добываемая пластовая вода содержит в себе различные минералы, которые могут привести к гибели пресноводных, которые обитают в озерах и реках, расположенных вблизи нефтяного месторождения. Поэтому пластовые воды закачивают обратно в поглощающие или продуктивные пласты. Также кроме пластовых вод закачивают пресные и ливневые воды.

Что касается технической точки зрения, закачиваемая в продуктивный пласт вода должна быть очищена от капелек нефти и различных механических примесей, которые могут привести к резкому снижению приемистости продуктивных и поглощающих пластов. Нормы качества воды, закачиваемой в продуктивные пласты, приведены в таблице 2 [7].

Таблица 2 – Нормы качества сточной воды для закачки в продуктивные пласты

Вид коллектора	Допустимое содержание в воде, мг/л		
	Нефти	Механических примесей	Железа
Пористо-трещиноватый или трещиноватый	25	30	2
Слаботрещиноватый	15	10	1
Гранулярный	1	2	0,5

### **3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА ЦИКЛИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СОВМЕСТНО С МЕТОДОМ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ**

Метод циклического воздействия, заключается в периодическом изменении давления нагнетания воды в нагнетательные скважины, и часто применяется совместно с методом изменения направления фильтрационных потоков. Это способствует дополнительной добыче нефти и снижению попутно добываемой жидкости.

Но не на всех месторождениях данный метод может нести положительную технологическую и экономическую эффективность. Рассматриваемые пласты-кандидаты должны соответствовать ряду критерий, основным из которых является проницаемостная неоднородность:

- 1) Слоистая неоднородность пласта по проницаемости;
- 2) Гидродинамическая связанность прослоев;
- 3) Толщина пласта;
- 4) Гидрофильность горной породы;
- 5) Трещиноватость пластов;
- 6) Вязкость нефти;
- 7) Площадное сочетание коллекторов разного типа;
- 8) Длительность предшествующего стационарного заводнения;
- 9) Амплитуда и период высокочастотных колебаний давления.

Первые семь факторов зависят от геолого-физических особенностей пласта, и значительно повлиять на них практически невозможно. Но на последние два – технологических фактора, это представляется возможным и встает вопрос об расчете оптимального режима закачки воды.

Благодаря исследованиям, проводимым ВНИИ еще в конце двадцатого века, и опираясь на весь отечественный труд, подбор оптимально режима закачки значительно упрощается.

Под оптимальным режимом закачки понимается длительность полуциклов, которая рассчитывается по ранее рассмотренной формуле (13)

$$t = l^2 / 2\chi \quad (13)$$

где  $t$  – длительность полуцикла, сут;

$l$  – расстояние от возмущающей скважины (линии нагнетания) до фронта вытеснения нефти водой, м;

$\chi$  – пьезопроводность продуктивной части пласта, м<sup>2</sup>.

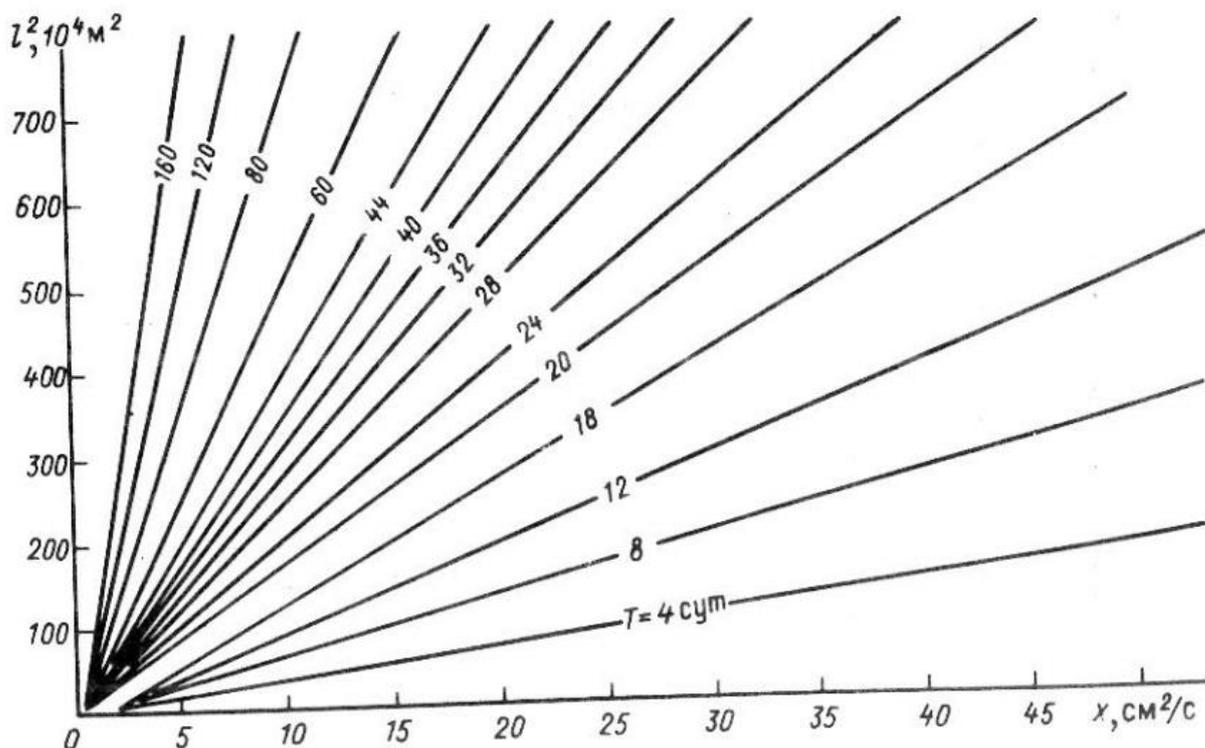


Рисунок 19 – График зависимости длительности полуциклов в зависимости от различных значений пьезопроводности и расстояния между добывающими и нагнетательными скважинами

Как видно из формулы, длительность полуциклов зависит от конкретных значений пьезопроводности и расстояния между добывающими и нагнетательными скважинами и варьировать ее значение представляется возможным.

Таким образом, если пласт-кандидат подходит по всем геолого-физическим критериям, и был подобран оптимальный режим закачки, то

применение метода циклического воздействия совместно с методом изменения  
фильтрационных потоков может дать высокую технологическую и  
экономическую эффективность.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б5П	Доржиеву Сергею Андреевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОНД</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Нефтегазовое дело (21.03.01)

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

<i>Пакет технической информации</i>	<i>Тексты и графические материалы научных диссертаций, фондовая и научная литература, отечественная литература</i>
-------------------------------------	--

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения циклического воздействия</i>	<i>Проведение анализа конкурентных технических решений путем составления оценочной карты Выполнение SWOT-анализа метода циклического воздействия</i>
2. <i>Определение экономической эффективности метода циклического воздействия</i>	<i>Техника определения экономической эффективности от проведения циклического воздействия</i>
3. <i>Мониторинг участков нефтяных месторождений с экономическим эффектом от внедрения циклического воздействия</i>	<i>Рассмотрение участков нефтяных месторождений, где циклическое воздействие дало экономический эффект</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

1. <i>Оценка конкурентоспособности ИП</i> 2. <i>Матрица SWOT</i>
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Кащук Ирина Вадимовна	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Б5П	Доржиев Сергей Андреевич		

## **4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Об эффективности метода циклического воздействия впервые было предположено М.Л. Сургучевым в конце 50-х годов на основе анализа разрабатываемого месторождения, которое по техническим и природно-климатическим причинам носило периодический характер. Анализ показал, что повышению нефтеотдачи и снижению обводненности добываемой продукции по этим объектам способствовали нестационарные процессы. Циклическое заводнение остается одним из наиболее эффективным и низкочувствительным способом увеличения нефтеотдачи пластов, позволяющее осуществлять процесс без значительных затрат на переустройство системы поддержания пластового давления.

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является обоснование экономической эффективности применения циклического воздействия.

В данном разделе будут рассмотрены следующие вопросы:

- Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения циклического воздействия
- Определение экономической эффективности метода циклического воздействия
- Оценка экономического эффекта циклического воздействия по опытным участкам нефтяных месторождений

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения циклического воздействия**

#### **Анализ конкурентных технических решений**

Помогает внести коррективы в проект, чтобы успешнее противостоять соперникам. При проведении данного анализа необходимо оценить сильные и слабые стороны конкурентов. Для этого составлена оценочная карта (табл.3).

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надежность	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
2. Простота эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Безопасность	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
4. Энергоэкономичность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
5. Соответствие различным геолого-физическим условиям месторождений-кандидатов	0,2	5	5	5	0,1	0,1	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
2. Затраты на проведение метода по увеличению нефтеотдачи пласта	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45
3. Предполагаемый срок проведения метода увеличения нефтеотдачи	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
4. Обслуживание	0,15	4	5	4	0,6	0,75	0,6
ИТОГО	1	42	39	39	4,65	3,4	3,35

Где: Бф – циклическое воздействие; Бк1 – тепловое воздействие; Бк2 –газовое воздействие.

При оценке качества используется два типа критериев: технические и экономические. Веса показателей в сумме составляют 1. Баллы по каждому показателю оцениваются по пятибалльной шкале.

Конкурентоспособность конкурента К:

$$K = \sum V_i B_i \quad (14)$$

где  $V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Полученные результаты расчета сведены в таблицу 2. В строке «Итого» указана сумма всех конкурентоспособностей по каждому из приборов.

Опираясь на полученные результаты расчётов, можно сделать вывод что, циклическое воздействие является наиболее востребованным методом, позволяющий в значительной мере увеличить нефтеотдачу пластов. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как высокие затраты на проведение метода увеличения нефтеотдачи и в более сложной эксплуатации.

### SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Сильные и слабые стороны – это внутренняя среда, то что имеется уже на текущий момент времени. Возможности и угрозы – факторы внешней среды, они могут произойти, а могут и нет, это зависит в том числе и от принятых действий и решений. Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица SWOT

<b>Сильные стороны циклического воздействия (С)</b>	<b>Слабые стороны циклического воздействия (Сл)</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкие затраты на переустройство системы поддержания пластового давления.</li> <li>2. Увеличение нефтеотдачи</li> <li>3. Снижение обводненности</li> <li>4. Экологически безопасен</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Учет геолого-физических особенностей конкретного месторождения</li> <li>2. Отрицательное влияние продолжительности по времени предыдущего варианта разработки</li> <li>3. В основном применяется на неоднородные по проницаемости нефтяные пласты</li> <li>4. Малый объем научно-технической информации</li> </ol>
<b>Возможности (В)</b>	<b>Угрозы (У)</b>

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Совершенствование технологии совместно с другими методами повышения нефтеотдачи</li> <li>2. Совершенствование и увеличение данной методики</li> <li>3. Создание конкуренции зарубежным предприятиям</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Поиск заинтересованных лиц</li> <li>2. Контроль за процессом проведения циклического воздействия</li> <li>3. Возможное снижение комплексности исследования</li> </ol>
--	---

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта (1)

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	-	-
	B2	+	+	-	+
	B3	+	+	+	+

При анализе интерактивной таблицы 5, можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: B1C1C2, B2C1C2C4, B3 C1C2C3C4, B4C1C2C3C4.

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта (2)

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	+	-	-
	B2	+	+	-	+
	B3	+	+	+	-

При анализе интерактивной таблицы 6, можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: B1Сл2, B2Сл1Сл2Сл4, B3Сл1Сл2Сл3.

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта (3)

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	-	-
	У2	+	+	-	+
	У3	+	+	+	+

При анализе интерактивной таблицы 7, можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: У1С1С2, У2С1С2С4, У3С1С2С3С4.

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта (4)

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	-	-
	У2	+	+	-	+
	У3	+	+	+	+

При анализе интерактивной таблицы 8, можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: У1Сл1Сл2, У2Сл1Сл2Сл4, У3Сл1Сл2Сл3Сл4.

**Вывод:** заявленный метод имеет высокую актуальность исследования, что приведет к созданию конкуренции зарубежным разработкам и повысит количество заинтересованных заказчиков. Совершенствование технологии позволит снизить длительность проведения увеличения нефтеотдачи пластов. Однако высока доля влияния такого внешнего фактора, как снижение комплексности исследования.

#### 4.2 Расчет экономической эффективности метода циклического воздействия

Эффективность методов увеличения нефтеотдачи определяют при сравнении показателей разработки опытного участка с применением и без применения метода (базовый вариант).

Эффективность метода увеличения нефтеотдачи пластов определяется на стадии проектирования и на стадии испытания или внедрения:

1) На стадии проектирования разработки эффективность определяется расчетным путем.

2) На стадиях испытания и внедрения метода существуют два способа определения его эффективности: первый – при отсутствии фактических данных разработки пласта по базовому варианту, второй – при применении метода

после определенного периода эксплуатации опытного участка по базовому варианту. В последнем случае имеется фактический материал по разработке опытного участка по базовому варианту.

По объектам, которые имеют фактические промысловые данные о применении обычного (базового) метода разработки, эффективность процесса определяется следующим путем. Производится математическая обработка фактических промысловых данных разработки объекта базовым методом, аппроксимация показателей разработки на рассматриваемых период применения методов. Затем проводится сравнение фактических промысловых данных применения методов с экстраполированными показателями базового метода разработки. Дополнительная добыча нефти и снижение объема попутно добываемой жидкости – есть разница между прогнозными и фактическими данными разработки, которые напрямую влияют на экономическую эффективность циклического воздействия.

Исследование, испытание и внедрение различных методов разработки и увеличения нефтеотдачи пластов требуют большого времени и больших материально-технических средств. Разработка, испытание и внедрение любого метода включают несколько этапов.

Поиск	Степень изученности методов и тенденций их развития за рубежом и в смежных отраслях
Воплощение	Определение условий процесса
Научная демонстрация	Доказательство эффективности процесса на моделях пластов
Разработка	Изучение механизма процесса и влияния различных факторов
Опытный образец	Испытания процесса на месторождении
Промышленные испытания	Определение эффективности процесса в разных физико-геологических условиях
Проектирование	Создание математических моделей и методов проектирования
Технико-экономическое обоснование	Определение перспектив применения процесса, потребностей материально-технических средств и др.
Материально-техническое обеспечение	Задания на производство техники, реагентов,

	аппаратуры. Включение в планы смежных отраслей
Инженерная практика	Промышленное внедрение процесса на месторождениях. Регулирование, модификации метода

Каждый из этапов включает в себя большие экономические затраты. Наиболее ответственной, длительной и дорогостоящей стадией подготовки метода к широкому промышленному использованию является стадия промысловых испытаний по данному методу, в результате которого могут быть получены объективные данные о его эффективности.

Экономическая эффективность процесса циклического воздействия определяется сравнением технико-экономических показателей разработки, полученных при циклическом заводнении, с показателями при обычном заводнении.

При прогнозировании оценка базируется на сохранении объема извлекаемой жидкости одинаковым как при циклическом, так и при обычном способе закачки воды. Увеличение доли нефти в потоке обуславливает уменьшение обводненности добываемой продукции. Расчет прогнозных экономических показателей разработки месторождений с применением метода циклического заводнения должен проводиться в соответствии с методическим руководством ВНИИ по экономическому обоснованию схем и проектов разработки нефтяных месторождений.

В качестве основных показателей при определении экономической эффективности метода принимаются следующие:

1) Объем дополнительной добычи нефти, получаемой в результате нестационарного воздействия.

2) Дополнительные капитальные вложения, связанные с применением метода, включающие стоимость оборудования, необходимого для осуществления метода. Капитальные вложения определяются в зависимости от количества оборудования и стоимости его единицы по годам разработки.

Нормативы капитальных вложений берутся в основном из указанного руководства и уточняются по фактическим данным соответствующих НГДУ.

3) Себестоимость дополнительно добытой нефти, определяемая по формуле

$$C_2 = \Delta Z / \Delta Q \quad (15)$$

где  $C_2$  - себестоимость 1 т дополнительно добытой нефти, руб/т;

$\Delta Z$  – дополнительные годовые эксплуатационные затраты (тыс. руб.), состоящие из затрат на проведение мероприятий и затрат на извлечение дополнительной нефти в текущем году;

$\Delta Q$  – годовая дополнительная добыча нефти, тыс. т.

Экономический эффект от проведения циклической закачки воды в соответствии с типовой методикой оценки экономической эффективности капитальных вложений определяется по формуле

$$\mathcal{E} = [(C_1 + EK_1) - (C_2 + EK_2)]Q_2 \quad (16)$$

где  $\mathcal{E}$  – годовой экономический эффект, тыс. руб.;

$C_1$  – себестоимость 1 т нефти, полученной при обычном заводнении (руб.), определяется по существующим методикам;

$C_2 = (Z + \Delta Z) / (Q_1 + \Delta Q)$  – себестоимость 1 т нефти при циклическом заводнении (руб.);

$Z, Q_1$  – годовые эксплуатационные затраты и годовая добыча нефти при обычном заводнении;

$K_1, K_2$  – удельные капитальные вложения при обычном и циклическом заводнении соответственно, руб/т;

$Q_2$  – годовая добыча нефти при циклическом заводнении;

$E$  – нормативный отраслевой коэффициент эффективности.

По данной методике под руководством ВНИИ была рассчитана экономическая эффективность для различных месторождений, разрабатываемых методом циклического воздействия.

### **4.3 Мониторинг участков нефтяных месторождений с экономическим эффектом от внедрения циклического воздействия**

По данным на 1988 год.

Оценка экономического эффекта с применением указанной методики по опытным участкам Мамонтовского месторождения показала, что максимальный годовой экономический эффект от применения метода в период 1976 – 1995 гг. будет приходиться на год максимального прироста добычи нефти за счет нестационарного заводнения и может ожидаться в размере **47,5 млн. руб.**

Прогнозирование технико-экономических показателей разработки опытного Участка Абдрахамановской площади Ромашкинского месторождения с применением циклического воздействия позволило оценить годовой экономический эффект в **28,5 млн. руб.**

На основе фактического материала сделана оценка экономической эффективности метода для V блока Абдрахамановской площади за четыре года. Работы по осуществлению метода на блоке проводились с использованием имеющегося оборудования, что исключило дополнительные капитальные вложения. Экономическая эффективность метода составила **410,2 тыс. руб.**, а среднегодовой эффект – 88 тыс. руб.

В работе Л.Ф. Пермяковой и других проведена оценка экономических результатов применения циклического метода заводнения в 1973 – 1974 гг. по участкам некоторых месторождений Западной Сибири. Так, по Мортымья-Тетеревскому месторождению фактический экономический эффект в 1973г. Оценен в **269,1 тыс. руб.**, в 1974 г. – в **127,1 тыс. руб.**

По данным СибНИИНП, среднегодовой фактический экономический эффект от опытных работ по месторождениям Западной Сибири исчислялся в размере 1.6 млн. руб. В работах СибНИИНП метод циклического заводнения характеризуется как наиболее эффективный (технологически и экономически)

по сравнению со всеми другими методами, внедренными на месторождениях Западной Сибири.

Реализация циклической закачки воды на Речицком месторождении позволила экономить в среднем по **295 тыс. руб** в год.

По данным на 2005 год.

Внедрение технологии циклического заводнения на участках Восточно-Сулеевской и Ташлиярской площадях Ромашкинского месторождения (НГДУ «Джалильнефть» ОАО «Татнефть») позволило получить 36,77 тыс. т дополнительно добытой нефти с экономическим эффектом **49.9 млн.руб.**

Так же положительные результаты внедрения циклического воздействия были отмечены на участке № 4 залежи 302 Ромашкинского месторождения, где технологический эффект составил 7596 т дополнительно добытой нефти с экономическим эффектом – **8308 тыс. руб.**

В 2005 году были разработаны новые технологии нестационарного воздействия, которые были внедрены с положительным технологическим и экономическим эффектом на месторождениях Татарстана. Одна из технологий была успешно внедрена на коллекторах терригенного типа (горизонт Д], пласт А Восточно-Сулеевской площади) Отличительная особенность данной технологии от других заключается в группировании скважин, гидродинамически связанных с выделенной нагнетательной скважиной, по ряду показателей разработки (обводненность, водожидкостный фактор) и назначении для каждой группы скважин своего режима нестационарной работы. Другая технология - технология циклического воздействия на карбонатные коллектора, учитывающая ориентацию трещин в объеме пласта. Отличительная особенность ее заключается в периодической эксплуатации групп добывающих скважин, по разному расположенных относительно направления повышенной фильтруемости. Суммарный технологический эффект от применения технологий на 01.01.2005 г. составил 44,4 тыс. т дополнительно добытой нефти, экономический эффект - **58,2 млн.руб.**

Таким образом, на примере выше изложенных участках нефтяных месторождений, можно наблюдать значительный экономический эффект, от внедрения в разработку циклического воздействия, выраженный в дополнительной добыче нефти.

### **Вывод**

Таким образом, можно сделать вывод о том, что метод циклического воздействия применимый на неоднородные нефтяные пласты, может дать достаточно высокие значения дополнительной добычи нефти и снижении обводненности попутно добываемой жидкости, отражающиеся в высокой прибыли нефтегазового предприятия.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 2Б5П	ФИО Доржиеву Сергею Андреевичу
----------------	-----------------------------------

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Нефтегазовое дело (21.03.01)

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>Характеристика объекта исследования и области его применения</i>	<i>Объект исследования – кустовые площадки месторождений Западной Сибири</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	<i>Особенности регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом Организация рабочей зоны</i>
<b>2. Производственная безопасность</b> <i>2.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению 2.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению</i>	<i>Рассмотрение источников опасных и вредных факторов:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>обследование элементов конструкций на целостность и отсутствие видимых повреждений;</i></li> <li>• <i>монтаж, демонтаж оборудования;</i></li> <li>• <i>обеспечение санитарного порядка на территории объектов;</i></li> <li>• <i>работа оборудованием, работающим под высоким давлением;</i></li> <li>• <i>работа в темное время суток.</i></li> </ul> <i>Выяснение мер по обеспечению безопасности работы персонала.</i>
<b>3. Экологическая безопасность</b>	<i>Оценка и анализ воздействия работ по циклическому воздействию на атмосферу, литосферу и гидросферу. Комплекс мер по охране окружающей среды.</i>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	<i>Оценка возможных чрезвычайных ситуаций. Описание наиболее вероятной ЧС – взрыва, его источников, комплекса мер по обеспечению безопасности.</i>

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

### Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

### Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б5П	Доржиев Сергей Андреевич		

## 5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения;
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется в ее взаимоотношениях [8].

В настоящее время основным способом разработки нефтяных месторождений является заводнение нефтяных пластов. Эффективность такого способа разработки во многом зависит от геологического строения коллектора. Для повышения эффективности процесса заводнения неоднородных нефтяных коллекторов необходимо увеличить текущий коэффициент охвата пласта заводнением за счет внедрения воды в малопроницаемые нефтенасыщенные участки. Такими возможностями обладает метод циклического воздействия на неоднородные нефтяные пласты (нестационарное заводнение).

Метод циклического воздействия основан на периодическом изменении давления нагнетания воды в нагнетательные скважины, за счет чего более полно используются капиллярные и гидродинамические силы, способствующие более полному охвату пласта заводнением, тем самым увеличивая нефтеотдачу пласта.

Работы проводятся на открытых кустовых площадках операторами по поддержанию пластового давления (ППД) на нефтяных месторождениях Западной Сибири.

## **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Работы по циклическому воздействию проводятся лицами, работающими вахтовым методом. Данный вид работ регулируется Трудовым Кодексом РФ [9]. Вахтовый метод - особая форма осуществления трудового процесса вне места постоянного проживания работников, когда не может быть обеспечено ежедневное их возвращение к месту постоянного проживания.

К работам, выполняемым вахтовым методом, не могут привлекаться работники в возрасте до восемнадцати лет, беременные женщины и женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, а также лица, имеющие противопоказания к выполнению работ вахтовым методом в соответствии с медицинским заключением, выданным в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Вахтой считается общий период, включающий время выполнения работ на объекте и время междуменного отдыха. Продолжительность вахты не должна превышать одного месяца. Рабочее время и время отдыха в пределах учетного периода регламентируются графиком работы на вахте, который утверждается работодателем.

Работникам, выполняющим работы вахтовым методом, предоставляются надбавки и коэффициенты к заработной плате, а также социальные пакеты (пенсионный фонд, медицинская страховка, оплата санаторного лечения, оплата путевок в детские лагеря и др.).

Рациональная организация рабочей зоны обеспечивает удобную рабочую позу, возможность применения передовых приемов и методов труда, минимальные траектории движений рабочего и движений предметов труда, соблюдение строгой последовательности, при которой один элемент работы плавно переходит в другой. При этом размещение средств оснащения и предметов труда должно подчиняться основным требованиям, нарушение

которых ведет к непроизводительным затратам рабочего времени и энергии работника, преждевременному утомлению и снижению производительности труда, нерациональному использованию производственных площадей. К этим требованиям относятся:

- обеспечение свободы всех трудовых действий работника и удобства рабочей позы в зависимости от содержания труда;
- досягаемость предметов труда, органов управления и инструмента, не вызывающая излишних движений, наклонов, хождения и перемещения предметов труда, оснастки и готовой продукции;
- обеспечение свободного доступа для профилактических ремонтов и осмотров, аварийного обслуживания и возможности свободного ухода с рабочего места в аварийных и экстремальных ситуациях;
- рациональное размещение всех средств производства по общему правилу — то, чем рабочий пользуется чаще, должно быть ближе, чем все то, что в трудовом процессе используется реже;
- правильное размещение рабочей поверхности по отношению к источнику освещения, который должен находиться слева;
- планировка рабочего места должна учитывать технологические маршруты, маршруты работы, возможность применения наиболее целесообразных в данных условиях транспортных средств.

## **5.2 Производственная безопасность при выполнении работ**

Обслуживание нагнетательных скважин производит оператор по поддержанию пластового давления (ППД). Его рабочее место состоит из скважин, кустовой площадки, блоков автоматики.

Работа оператора ППД, согласно должностной инструкции на рабочее место, включает в себя:

- осуществление обслуживания оборудования нагнетательных скважин;
- спуск конденсата из влагоотделителей, наблюдение за исправностью устьевого оборудования нагнетательных скважин;

- систематический обход магистральных и рабочих трубопроводов и нагнетательных скважин, наблюдение за исправностью их состояния и участие в их ремонте;
- участие в работах по повышению приемистости скважин;
- наблюдение за показаниями регистрирующих приборов и учет показаний;
- участие в работах по монтажу и демонтажу трубопроводов;
- отбор проб из нагнетательных скважин и водоводов;
- ведение вахтового журнала закачки рабочего агента в пласт.

Работник подвержен вредному воздействию, находясь на территории производственного объекта, которое классифицируется согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [10] (таблица 9).

Таблица 9 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ на кустовых площадках

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: 1) обследование элементов конструкций на целостность и отсутствие видимых повреждений; 2) монтаж, демонтаж оборудования; 3) обеспечение санитарного порядка на территории объектов; 4) работаоборудованием, работающим под высоким давлением; 5) работа в темное время суток.	1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе; 2. Превышение уровней шума и вибрации; 3. Недостаточная освещенность; 4. Повышенная запыленность рабочей зоны.	1. Электрический ток; 2. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования; 3. Давление (разрушение аппарата, работающего под давлением).	Требования безопасности к уровню шума: ГОСТ 12.1.003-83 (1999); Требования безопасности к уровню вибрации: ГОСТ 12.1.012-90; Защитное заземление, зануление: ГОСТ 12.1.030-81; Естественное и искусственное освещение: СП 52.13330.2011; Оборудование производственное. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ; Оборудование производственное.

			Ограждения защитные: ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ.
--	--	--	---

### **5.2.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

*Отклонение показателей климата на открытом воздухе.* Отклонение показателей климата может привести к ухудшению общего самочувствия рабочего. Нормирование параметров на открытых площадках не производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего. При отклонении показателей климата на открытом воздухе, рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, которые предусмотрены отраслевыми нормами и соответствуют времени года.

Спецодежда должна быть хлопчатобумажной, изо льна, грубошерстные сукна, иметь удобный крой для работы в экстремальных условиях (например, при пожаре) применяют специальные костюмы из металлизированной ткани. Для защиты головы от теплового облучения применяют алюминиевые, фибровые каски, войлочные шляпы; глаз - очки (темные или с прозрачным слоем металла) лица - маски с откидным прозрачным экраном. Защита от воздействия пониженной температуры достигается использованием теплой спецодежды, а при осадках – плащей.

Коллективная защита может быть обеспечена путём рационального размещения технологического оборудования, рационализации режимов труда и отдыха, применения теплоизоляции оборудования, автоматизации и дистанционного управления технологическими процессами.

При определенной температуре воздуха и скорости ветра в холодное время работы приостанавливаются (таблица 10).

Таблица 10 – Погодные условия, при которых работы на открытом воздухе приостанавливаются

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С
безветренная погода	-40
менее 5,0	-35
5,1–10,0	-25
10,1–15,0	-15
15,1–20,0	-5
более 20	0

**Превышение уровней шума.** В непосредственной близости от рабочего места оператора ППД могут находиться машины КРС (капитальный ремонт скважин) либо агрегаты для ОПЗ, которые создает уровень звука, не превышающий допустимый согласно ГОСТ 12.1.003-83 (1999) [11]. Норма на открытой местности составляет 80дБА, а значение уровня звука на рабочем месте составляет 40-45 дБА. Доставка рабочих на месторождения осуществляется путем перелета на вертолетах, который создают уровень шума 95-100 дБА, превышающий допустимый. Согласно СП 51.13330.2011 (Защита от шума) мероприятия для устранения уровня шума: наушники и противошумные вкладыши [12].

**Превышение уровня вибрации.** Согласно ГОСТ 12.1.012-90 [13] технологическая норма уровня виброскорости составляет 92 дБ, при частоте в 63 Гц. Уровень вибрации на рабочем месте оператора ППД составляет около 30 дБ, что не превышает норму. Данная вибрация обусловлена работой двигателя, поднимающего скребок из скважины. Мероприятия по защите от вибрации: использование резиновых перчаток и резиновых прокладок в блоке установки двигателя.

**Недостаточная освещённость рабочей зоны.** При работе в темное время суток объект должен быть освещен, во избежание травматизма. В качестве осветительных приборов применяются фонари и прожектора. Норма

освещенности не ниже 10 люксов (СП 52.13330.2011) [14]. Мероприятия по улучшению освещенности не требуются.

***Повышенная запыленность рабочей зоны.*** Кустовая площадка огорожена насыпью песка со всех сторон с целью предотвращения разгорания лесного пожара. С учетом сильных ветров может происходить попадание песка в носовую область оператора ППД, что негативно влияет на его здоровье. Мероприятия для устранения попадания песка в носовую область: использование респираторов.

### **5.2.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

***Электрический ток.*** Источником поражения электрическим током, при проведении работ на кустовых площадках, могут являться плохо изолированные токопроводящие части, металлические элементы, случайно оказавшиеся под напряжением. Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т.е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках. Опасное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электротравм (ожоги, металлизация кожи, механические повреждения), электрического удара и профессиональных заболеваний. Все применяемое электрооборудование и электроинструменты должны иметь заземление и подлежать занулению отдельной жилой кабеля с сечением жилы не менее сечения рабочих жил. Защитное заземление должно удовлетворять ряду требований, изложенных в ГОСТ 12.1.030-81 «Защитное заземление. Зануление» [15].

Для защиты персонала от поражения электрическим током при пробое изоляции электрифицированных механизмов и электроинструмента они должны быть оборудованы устройствами защитного отключения (УЗО). Одной из защитных мер является также ограничение напряжения до 12- 36 В для переносного электрооборудования, местного или ремонтного освещения.

Для предотвращения негативного воздействия электрического тока на рабочих используются средства коллективной и индивидуальной защиты (ГОСТ Р 12.1.019-2009) [16].

Коллективные средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль, установка оградительных устройств, предупредительная сигнализация и блокировка, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов, применение малых напряжений, защитное заземление, зануление, защитное отключение.

Индивидуальные средства защиты: диэлектрические перчатки, инструменты с изолированными рукоятками, диэлектрические боты, изолирующие подставки [16].

***Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования.***  
Механические травмы могут возникать при монтаже, демонтаже оборудования, при спуско-подъемных операциях. При неправильной эксплуатации или использования неисправного оборудования, инструментов, механизмов. При проведении работ также используется автомобильный транспорт различного назначения, в связи с чем необходимо проводить мероприятия по устранению возможных механических травм. К числу которых относятся: проверка наличия защитных кожухов на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов; плановая и внеплановая проверка пусковых и тормозных устройств; проверка состояния оборудования и своевременное устранение дефектов.

Для защиты от данных опасных факторов используются коллективные средства защиты, – устройства, препятствующие появлению человека в опасной зоне. Согласно ГОСТ 12.2.062-81 [17] ограждения выполняются в виде различных сеток, решеток, экранов и кожухов. Они должны иметь такие размеры и быть установлены таким образом, чтобы в любом случае исключить доступ человека в опасную зону. При устройстве ограждений должны соблюдаться определенные требования. Запрещается работа со снятым или неисправным ограждением.

В качестве профилактических мер планируется систематически производить проверку наличия защитных ограждений на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов; плановую и внеплановую проверку пусковых и тормозных устройств; проверку состояния оборудования и своевременное устранение дефектов ГОСТ 12.2.003-91 [18].

При проведении работ на скважине необходимо соблюдать технику безопасности. Основная опасность заключается в том, что, зацепившись телом или одеждой за свободный конец движущегося механизма можно получить травму вплоть до смертельного исхода. Основными мерами предосторожности являются: соблюдение всех требований правил техники безопасности при работе с инструментами; соблюдение формы одежды (все пуговицы на одежде должны быть застегнуты, полы одежды не должны болтаться); периодическая проверка технического состояния используемых инструментов, повышенное внимание на рабочем месте.

*Давление (разрушение аппарата, работающего под давлением).* Оборудование, в котором давление газа или жидкости превышает атмосферное, принято называть сосудами, работающими под давлением.

Любые сосуды, работающие под давлением, всегда представляют собой потенциальную опасность, которая при определенных условиях может повлечь тяжелые последствия. Для предупреждения подобных ситуаций разработаны Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением», утверждённые Приказом Ростехнадзора №116 от 25.03.2014 г.

Разгерметизация (потеря герметичности), достаточно часто сопровождается возникновением двух групп опасностей.

Первая из них связана с взрывом сосуда или установки, работающей под давлением. При взрыве может произойти разрушение взрывной волной близко расположенного оборудования и техники, а также травмирование персонала разлетающимися осколками оборудования.

Вторая группа опасностей зависит от свойств веществ, находящихся в оборудовании, работающем под давлением. Но так как при циклическом воздействии в нагнетательные скважины закачивается только вода с незначительным содержанием посторонних примесей, то влияние, оказываемое ими на организм человека и окружающую среду, не является негативным.

Причинами разгерметизации могут являться различные дефекты (трещины, вмятины, дефекты сварки и др.), возникшие при изготовлении, хранении и транспортировке сосудов, работающих под давлением. Для своевременного обнаружения этих дефектов применяют различные методы контроля: внешний осмотр сосудов и аппаратов, работающих под давлением, гидравлические испытания сосудов, механические испытания материалов, из которых изготовлены сосуды, и др.

### **5.3 Экологическая безопасность**

Работа по циклическому воздействию сопровождается неизбежным техногенным воздействием на объекты природной среды. С целью исключения или сведения к минимуму негативного воздействия работ данного вида на окружающую среду предусмотрен комплекс специальных мероприятий по охране окружающей среды.

В соответствии с нормами технологического проектирования для предотвращения попадания химических реагентов и технологических жидкостей в гидросферу, регламент должен предусматривать полную герметизацию всего оборудования, арматуры.

#### ***Загрязнение атмосферы***

Источники загрязнения атмосферы проявляются практически во всех видах хозяйственной деятельности человека. Их можно разделить на группы стационарных и подвижных объектов. К первым относятся промышленные, сельскохозяйственные и другие предприятия, ко вторым — средства наземного, водного и воздушного транспорта.

Среди предприятий наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносят теплоэнергетические объекты (тепловые электрические станции, отопительные и производственные котельные агрегаты), металлургические, химические и нефтехимические заводы. В том числе и при циклическом воздействии, где эксплуатация сопровождается:

- Загрязнением углеводородами, сероводородом, оксидами серы и азота при эксплуатации скважин;
- Выделением отработанных газов транспортными средствами.

### ***Загрязнение литосферы***

Загрязнение земной поверхности при циклическом воздействии может сопровождаться:

- Нарушением и загрязнением почвенного и растительного покрова;
- Активизацией экзогенных геологических процессов;
- Снижением биопродуктивности экосистем;
- Нарушение экологической обстановки при строительстве и эксплуатации трубопроводов.

### ***Загрязнение гидросферы***

Вторичное вскрытие пласта скважин при определенных условиях может сопровождаться:

- загрязнением водотоков, поверхностных водоемов, подземных вод грунтов, почв химическими реагентами, горюче-смазочными материалами (ГСМ), пластовыми флюидами.
- хозяйственно-бытовыми жидкими и твердыми отходами;
- перетоками в заколонном пространстве из-за нарушения целостности обсадной колонны;
- продуктами утечек скважины.

***Организационные мероприятия по предупреждению загрязнения объектов природной среды.***

В процессе освоения скважины продукты освоения (нефть, отработанная вода) должны собираться в передвижные металлические емкости по 25 м<sup>3</sup> с последующей откачкой нефти и пластовой воды в нефтесборный коллектор.

#### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть на кустовой площадке на месторождениях Западной Сибири:

- нарушение герметичности или разрушение корпуса элементов, содержащих жидкости и газы, находящиеся под высоким рабочим давлением;
- разрыв трубопроводов, подающих реагенты в скважину;
- нарушение электроснабжения или полное отключение подачи электроэнергии в электросети.

Технологические процессы, идущие под высоким давлением, и оборудование, находящееся под большими нагрузками, в определенных условиях представляют наибольшую опасность для здоровья и жизни персонала.

Согласно ФНиП ПБ «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» общие требования при работе по циклическому воздействию включают в себя следующие ключевые моменты:

- работы по нагнетанию в скважину воды проводятся в соответствии с планом, утвержденным нефтегазодобывающей организацией;
- в плане должны быть указаны порядок подготовительных работ, схема размещения оборудования, технология проведения процесса, меры безопасности, ответственный руководитель работ;
- при закачке воды на нагнетательной линии у устья скважины должен быть установлен обратный клапан;
- нагнетательная система после сборки до начала закачки должна быть опрессована на полуторакратное ожидаемое рабочее давление;

- при гидравлических испытаниях нагнетательных систем обслуживающий персонал должен быть удален за пределы опасной зоны, устанавливаемой планом работ;
- перед началом работы по закачке воды и после временной остановки в зимнее время необходимо убедиться в отсутствии в коммуникациях насосных установок и нагнетательных линиях ледяных пробок.

Основные мероприятия по предотвращению опасностей, обусловленных повышением давления и нагрузками, включают в себя: осмотр и испытание установок, оборудования, механизмов; применение различных средств блокировки, исключающих аварии при неправильных действиях рабочих; автоматизация производственных процессов, позволяющая вывести людей из опасных зон, и осуществлять контроль показаний приборов дистанционно.

### **Вывод**

Таким образом, в данной главе были рассмотрены:

- правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности для лиц, работающих вахтовым методом;
- опасные и вредные производственные факторы и обоснованы мероприятия по их устранению;
- вопросы, касающиеся влиянию работ по циклическому воздействию на атмосферу, гидросферу и литосферу;
- безопасность в чрезвычайных ситуациях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе были рассмотрены основные геолого-физические и технологические критерии применимости циклического (нестационарного) воздействия, среди которых основным является проницаемостная неоднородность пласта  $V$ , которая рассчитывается исходя из двухслойной математической модели. При значении проницаемостной неоднородности  $V$  свыше 0,5 применение циклического воздействия можно считать эффективным.

Было оценено состояние изученности темы нестационарного воздействия, которое велось в трех направлениях: теоритическое и лабораторно-экспериментальные исследования; опытно-промышленные испытания. Дана физическая сущность циклического заводнения.

Также в ходе изучения исследовательских работ, фондовой и научной литературы, а также научных диссертаций, было выявлено, что метод циклического воздействия наиболее часто применяется совместно с методом изменения направления фильтрационных потоков, принцип технологии которого был представлен в подразделе 2.2

Разобраны основные виды нестационарного воздействия при различных сетках расположения нагнетательных и добывающих скважин.

Подобран оптимальный режим закачки и обоснована его эффективность на примере участка Суторминского месторождения.

В разделе 4 «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» была дана оценка конкурентоспособности рассматриваемого метода, методика определения технологической и экономической эффективности проведения циклического воздействия. Произведен мониторинг участков нефтяных месторождений, где метод циклического воздействия дал положительные технологические и экономические результаты.

В разделе 5 «Социальная ответственность» были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. Проанализированы вредные и опасные факторы, влияющие на работников при проведении циклического воздействия. Рассмотрены экологическая безопасность и безопасность при чрезвычайных ситуациях.

Циклическое воздействие остается одним из наиболее эффективным и низкзатратным способом увеличения нефтеотдачи пластов, позволяющее осуществлять процесс без значительных затрат на переустройство системы поддержания пластового давления и иных затрат на реализацию данного метода. Таким образом, в ходе выполнения выпускной квалификационной работы была обоснована эффективность применения циклического воздействия на неоднородные нефтяные пласты месторождений Западной Сибири.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сургучев М.Л. Об увеличении нефтеотдачи неоднородных пластов. Тр. ВНИИ, М. Гостоптехиздат. 1959. вып.19, с.102-110.
2. Сургучев М.Л. О принципах регулирования совместной разработки неоднородных пластов. Тр. Гипровостокнефть, М. «Недра». 1964., вып. 7.
3. Сургучев М.Л. Об эффективности импульсного (циклического) воздействия на пласт для повышения его нефтеотдачи. НТС по добыче нефти. Вып. 27, 1965.
4. Гавура В.Е. Геология и разработка нефтяных и газонефтяных месторождений. М.ВНИИОЭНГ, 1995, 496 с.
5. Шарбатова И.Н., Сургучев М.Л. Циклическое воздействие на неоднородные нефтяные пласты. М. Недра, 1988, 121 с.
6. Сургучев М.Л., Горбунов А.Т., Цынкова О.Э. Руководство по проектированию и применению циклического заводнения РД 39-1-72-78/ - М.:ВНИИ. – 1978, - 100с.
7. Шишмина Л.В. Сбор и подготовка продукции нефтяных скважин
8. Кашапова Г.Р. Нестационарное воздействие, направленное на увеличение нефтеотдачи пластов//Журнал «ПРОнефть». - №1. – С. 54-59.
9. ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Руководство по социальной ответственности. – М: Стандартиформ, 2014. – 23 с.
10. Трудовой Кодекс – ТК РФ – Глава 47. Особенности регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом.
11. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
12. ГОСТ 12.1.003-83 (1999) ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. Стандартиформ, 1999. – 25 с
13. СП 51.13330.2011. Защита от шума.
14. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. Стандартиформ, 1990. – 20 с.

15. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
16. ГОСТ 12.1.030-81 «Защитное заземление. Зануление».
17. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
18. ГОСТ 12.2.062-81 ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные.
19. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.