

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»



**Институт** Природных ресурсов  
**Направление** 21.03.01 Нефтегазовое дело  
**Кафедра** Геологии и разработки нефтяных месторождений

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**
**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАВОДНЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ  
 НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

УДК 622.276.43-047.44

Студент

| Группа | ФИО                           | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 2Б37   | Черненко Игорь Константинович |         |      |

Руководитель

| Должность             | ФИО                        | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|----------------------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Максимова Юлия Анатольевна |                           |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО       | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------|---------------------------|---------|------|
| Доцент    | Вазим А.А | к.э.н.                    |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО          | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------|--------------|---------------------------|---------|------|
| Инженер   | Грязнова Е.Н | к.т.н.                    |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Зав.кафедрой  | ФИО                      | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|---------------|--------------------------|---------------------------|---------|------|
| Зав. кафедрой | Чернова Оксана Сергеевна | к.г-м.н., доцент          |         |      |

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 8  |
| 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ЗАВОДНЕНИЯ .....   | 10 |
| 1.1 История развития заводнения.....  | 10 |
| 1.2 Классификация методов заводнения .....  | 11 |
| 1.2.1 Системы с законтурным воздействием.....   | 11 |
| 1.2.2 Системы с приконтурным воздействием.....  | 14 |
| 1.2.3 Системы с внутриконтурным воздействием .....  | 15 |
| 1.3 Сравнительная эффективность на примере рядной и площадной систем заводнения.....  | 24 |
| 1.4 Вытеснение нефти водой в послойно и зонально неоднородном по коллекторским свойствам пласте при различных вариантах размещения скважин..... | 28 |
| 1.5 Влияние площадной анизотропии пласта на коэффициент охвата заводнением .....  | 30 |
| 2. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЗАВОДНЕНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫХ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ РОССИИ .....   | 35 |
| 2.1 Применение метода поддержания пластового давления при реализации системы горизонтальных скважин .....                                       | 35 |
| 2.2 Полимерное заводнение .....   | 39 |
| 2.3 Нестационарный метод заводнения .....   | 41 |
| 2.3.1 Механизм нестационарного заводнения.....  | 41 |
| 2.3.2 Реализация поочередной остановки зон закачки.....   | 42 |
| 2.3.3 Перемена направлений фильтрационных потоков .....   | 44 |
| 2.3.4 Механизм перемены направлений фильтрационных потоков при нестационарном заводнении.....   | 45 |
| 2.3.5 Импульсное циклическое заводнение.....  | 47 |
| 2.3.6 Критерии выбора объектов для эффективного нестационарного заводнения .....  | 48 |
| 2.3.7 Анализ применения технологии циклического воздействия   |    |

|   |    |
|---|----|
| на Аганском месторождении Западной Сибири .....   | 53 |
| 2.3.8 Результаты применения технологии нестационарного заводнения<br>на Аганском месторождении .....        | 56 |
| 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И<br>РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....                                 | 57 |
| 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ РАБОТЕ ОПЕРАТОРА С<br>ОБОРУДОВАНИЕМ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ .....                | 66 |
| 4.1 Производственная безопасность.....  | 66 |
| 4.2 Анализ вредных факторов, которые могут возникнуть на рабочем<br>месте. ....                             | 68 |
| 4.2.1 Превышение уровня шума .....  | 68 |
| 4.2.2 Превышения уровня вибрации .....  | 68 |
| 4.3 Анализ опасных факторов, которые могут возникнуть<br>на рабочем месте .....                             | 69 |
| 4.3.1 Пожарная безопасность .....   | 69 |
| 4.3.2 Электробезопасность .....   | 70 |
| 4.3.3 Аппараты под давлением .....  | 71 |
| 4.4 Экологическая безопасность.....   | 71 |
| 4.4.1 Защита атмосферы .....  | 71 |
| 4.4.2 Защита гидросферы.....  | 72 |
| 4.4.3 Защита литосферы.....   | 74 |
| 4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....  | 75 |
| 4.5.1 Анализ вероятных ЧС на месте проведения работ.....  | 75 |
| 4.5.2 Мероприятия, направленные на предотвращение ЧС, и порядок<br>действий в случае его возникновения..... | 75 |
| 4.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....                                       | 76 |
| 4.6.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства.....  | 76 |
| 4.6.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. ....   | 77 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....  | 79 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....  | 80 |

## ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

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

Эффективность систем заводнения отчасти зависит от геолого-физических условий коллекторов. При идеальных условиях геологической и технической составляющей в конечном итоге заводнение обеспечивает нефтеотдачу не превышающую 50-60% от начальных запасов нефти, а при

приблизженных к реальным условиям составляет около – 30-40%. Так же из негативных факторов неблагоприятно влияющих на работу систем заводнения можно выделить основные такие как высокая неоднородность пластов и повышенная вязкость нефти, которые в совокупности создают условия при которых наблюдается большой удельный расход воды и низкие показатели коэффициента нефтеизвлечения.

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

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

## АННОТАЦИЯ

Выпускная бакалаврская работа содержит в себе 4 главы, а также введения и заключения. В бакалаврской работе проведен анализ современных методов заводнения, в частности, рассмотрен анализ применения метода нестационарного заводнения на конкретном месторождении А.

В первой главе бакалаврской работы представлены общие сведения о классических системах заводнения, истории их развития и модернизации. Развитие и внедрение систем заводнения на нефтяных месторождениях берет свое начало с 30-х годов прошлого столетия на участках месторождений США. Рассмотрена их сравнительная эффективность на примере рядной и площадной систем при помощи гидродинамических моделей. Также рассмотрена зависимость вытеснения нефти при различной конфигурации размещения нагнетательных скважин в зонально и послойно неоднородном пласте. В результате анализа гидродинамической модели известно, что по конечному извлечению нефти более эффективно вытеснение нефти водой из слабонефтенасыщенных, заводненных зон к более нефтенасыщенным. Анизотропные свойства трещиноватых коллекторов и их применение при разработке системы заводнения является перспективным направлением в решении вопроса оптимального размещения добывающих и нагнетательных скважин и их ориентации относительно трещин.

Во второй главе рассматриваются современные методы заводнения применяемые на нефтяных месторождениях, основанных на классических системах заводнения, рассмотренных в первой главе. А также рассмотрен вариант применения метода поддержания пластового давления при реализации системы горизонтальных скважин, варианты модификации классических систем заводнения при использовании горизонтальных скважин на примере площадной системы заводнения. Представлены общие сведения о полимерном заводнении, механизме его воздействия на пласт, а также об основных типах полимеров применяемых при заводнении пластов. Рассмотрены общие критерии применения полимерного заводнения. Более

подробно и полно рассмотрен метод нестационарного заводнения, а также методы на его основе. Суть методов нестационарного воздействия в том, что в пластах, обладающих неоднородностью по размерам пор, по проницаемости слоев, пропластков, зон, участков и неравномерной их нефтенасыщенностью, вызванной этими видами неоднородности, искусственно создается нестационарное давление. Рассмотрен механизм их действия в пластовых условиях. Критерии применимости метода нестационарного заводнения в зависимости от разных свойств флюида и коллектора. Критериями эффективного использования метода относительно обычного заводнения являются, следующие ситуации:

- наличие слоисто-неоднородных либо гидрофильных коллекторов;
- большая остаточная нефтенасыщенность
- технологическая способность имеющегося оборудования (насосов, компрессоров) создания высоких пиковых колебаний давления (расходов),
- возможность компенсации отбора закачкой (во время начала закачки нагнетательные скважины должны обеспечить закачку удвоенного количества воды, которая не была закачана в период простоя). Рассмотрена реализация данного метода в реальных условиях И... месторождения. Так же рассмотрены модификации данного метода в частности применение совместно с технологией перемены фильтрационных потоков, а также модификация с применением технологии импульсной закачки. Был проанализирован результат применения нестационарного заводнения на А... месторождении

В третьей главе определяется экономическая эффективность внедрения нестационарного заводнения на А. месторождении. Так как метод является достаточно эффективным в определенных условиях эксплуатации и не требует больших затрат на внедрение на месторождениях с классическими системами заводнения, его использование приносит хороший экономический эффект, связанный с добычей дополнительных тонн нефти на участках с нестационарным заводнением, что в свою очередь приводит к максимизации прибыли предприятия. Произведена оценка полученной прибыли после

внедрения технологии нестационарного заводнения на А... месторождении. Анализируя влияние применения циклического заводнения на изменение основных технико-экономических показателей предприятия можно сделать вывод, что применение циклического заводнения ведет к увеличению добычи нефти и как следствие к увеличению прибыли. Следовательно, данный метод является экономически эффективным.

Четвертая глава посвящена безопасности и экологичности на нефтегазодобывающих предприятиях, применяющих системы заводнения. Техническая безопасность как правило играет ключевую роль на опасных производствах, к которым и относится нефтегазодобыча. В соответствии с действующим законодательством для работника предприятия должны быть созданы безопасные и благоприятные условия труда, не угрожающие его жизни и здоровью. Рабочие установки, нагнетающие воду в пласт, создают определенный уровень вибрации. Общие требования безопасности" а также уровень звукового давления в децибелах не должен превышать допустимый уровень шума, согласно требованиям ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ «Шум. Общие требования. Норма для помещения управления» составляет 75 дБА. Так же работодатель обязан проводить мероприятия, направленные на снижение уровня аварийных и чрезвычайных ситуаций. Также в этой главе рассматриваются опасные и вредные производственные факторы при проведении работ, решения по обеспечению безопасности работ и экологичность проекта.



## Заключение

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

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

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

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

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