

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего
образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра геофизики

**«Построение гидродинамической модели бобриковского резервуара
Безымянного месторождения»**

АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 261 группы
очной формы обучения
геологического факультета
направления 05.04.01 «Геология»,
профиль «Геофизика при поисках нефтегазовых месторождений»
Пантюхина Никиты Сергеевича

Научный руководитель
к.г.-м.н., доцент

К.Б. Головин

Зав. кафедрой
к.г.-м.н., доцент

Е.Н. Волкова

Саратов 2022

Введение. Выбор темы выпускной квалификационной работы был обусловлен спецификой производственной деятельности в гидродинамическом моделировании, а именно, решение прямой задачи, т. е. получение путем исследования модели выходных данных для дальнейшего сопоставления с результатами наблюдений за объектом моделирования, адаптация модели по результатам наблюдения и анализ модели, ее модернизация по мере накопления новой информации об изучаемом объекте.

Научная новизна данной работы заключается, в том что гидродинамическая модель включает совокупность цифрового трехмерного массива геолого-физических параметров, характеризующая моделируемое месторождение (залежь, эксплуатационный объект, далее ЭО) и управляющие воздействия на него в процессе разработки, проблематика данной темы складывается, в основном, в построении наиболее приближенной к реальности ситуации на ЭО и построение прогноза с учетом максимальной экономической рентабельности.

Основной целью выпускной квалификационной работы является анализ текущего состояния и прогнозирование процесса разработки бобриковского резервуара посредством обработки и интерпретации геофизических данных. Данная работа предназначена для получения практических навыков создания гидродинамической модели залежи нефти в отложениях бобриковского горизонта, расположенной в Саратовской области.

- освоить теоретические основы гидродинамического моделирования;
- научиться самостоятельно разбираться и владеть комплексом программ t-Navigator;
- провести воспроизведение исторических данных разработки посредством адаптации
- рассчитать прогноз технологических показателей и сформировать готовый вариант разработки

Выпускная квалификационная работа содержит в себе введение, заключение, список используемых источников, а также 5 разделов основного содержания работы:

- 1 Геологическое строение месторождения и залежей
- 2 Программное обеспечение
- 3 Необходимые исходные данные для гидродинамического моделирования
- 4 Адаптация гидродинамической модели или воспроизведение истории разработки месторождения
- 5 Прогноз технологических показателей разработки на основе адаптации гидродинамической модели

Основное содержание работы. Раздел 1 «Геологическое строение месторождения и залежей». Территория, в пределах которой расположена Безымянная площадь, впервые исследовалась при проведении геологической съемки масштабов 1:100000; 1:25000 в 1935 г. Позднее в пределах данной территории проводилась крупно масштабная съемка (1:200000), завершенная в 1967 г. Геологическая съемка выявила основные закономерности геологического строения правобережья Саратовской области.

В 40-х годах начались детальные геофизические исследования, направленные на поиски нефти и газа. Начиная с 1941 года на территории Саратовской области стали проводиться работы по газометрической съемке, но нефтегазопроисковая значимость проведенных геохимических съёмок не получила однозначной оценки ни в их приповерхностном, ни в глубинном вариантах.

К 1955 году все Саратовское Поволжье было покрыто гравиметрической съемкой, по результатам работ составлены карты аномалий силы тяжести. На картах Рязано-Саратовский прогиб выражен в виде четкого регионального минимума, к которому приурочены линейно-вытянутые гравитационные и магнитные аномалии северо-западного простирания. Ракитовский участок полностью покрыт гравиметрической съемкой.

Бурение скважин в пределах Безымянного поднятия началось с 1987 года. Для подтверждения Безымянного поднятия и поисков нефти и газа была пробурена поисково-оценочная скважина №1 с забоем 2270 м, вскрывшая протерозойские отложения. При опробовании скважины в интервале глубин 1987,0-1991,5 м (абс. отм. «минус» 1737,3-1741,8 м) из отложений тимано-пашийского горизонта был получен приток нефти. Было открыто Безымянное месторождение.

Разведочный этап продолжался до конца 1989 г. С 1987 по 1989 гг. с целью уточнения структуры и поисков нефти и газа на Безымянной площади было пробурено шесть разведочных скважин №№ 2, 3, 4, 5, 10, 12.

Бурение эксплуатационных скважин началось с 1989 г. и продолжалось вплоть до середины 1993 г. Всего пробурено шесть скважин с целью эксплуатации выявленной нефтяной залежи тимано-пашийского горизонта (скважины №№№ 11, 16, 17, 19, 21, 22). Кроме того, в 1990-1992 гг. были пробурены поисково-оценочные скважины №№ 14 и 15 для уточнения геологического строения и перспектив нефтегазоносности месторождения.

Всего на исследуемой площади пробурено 15 скважин. Скважины №№ 1, 3, 10, 11, 17, 22 были законсервированы. Скважина №14 находится в наблюдательном фонде. Остальные скважины ликвидированы по геологическим причинам.

В 2019 г. скважина №10 Безымянная была выведена из бездействия. В феврале 2019 г. при опробовании скважины №10 в интервале перфорации 1364,5-1366,5 (абс. отметка «минус» 1154,8-1156,8 м) был получен приток нефти дебитом 24,6 м³/сут. В скважине было проведено гидродинамическое исследование (ГДИ) в интервале залегания продуктивного пласта, отобраны три глубинные пробы, две из которых взяты для исследований.

По состоянию на 01.01.2022г. скважина № 10 находится в бездействии, остальные скважины, пробуренные в пределах исследуемой площади, ликвидированы.

Раздел 2 «Необходимые исходные данные для гидродинамического моделирования». Компания «Rock Flow Dynamics» была создана на собственные средства весной 2005 года группой энтузиастов с богатым опытом в области моделирования месторождений. В конечном итоге, разработанный программный комплекс t-Navigator может напрямую работать с входными данными в форматах ECLIPSE© компании Schlumberger, IMEX и STARS компании CMG и Tempest MORE компании ROXAR.

Архитектура продукта была изначально задумана таким образом, чтобы большая часть операций с моделью могла быть произведена через графический интерфейс, что позволяет сэкономить огромное количество сил и времени, которые затрачиваются на адаптацию моделей, а также на подбор оптимальных схем разработки.

Кроме того, данная функциональность нашла широкое применение на нефтегазовых промыслах, где большая часть специалистов, занимающихся решением оперативных задач, не имеет навыков профессиональных модельеров. Не имея опыта работы с текстовыми файлами определенной структуры, довольно тяжело взять полученную от специалиста гидродинамическую модель и, внося изменения в схему разработки, оценить эффективность тех или иных геолого-технических мероприятий. Графический интерфейс t-Navigator позволяет инженерам-разработчикам за пару дней освоить необходимый инструментарий и приступить к решению промысловых задач на основе трехмерных гидродинамических моделей. Для простоты работы реализован механизм запуска серийных расчетов с различными вариантами ГТМ для последующей оценке эффективности на общем графике.

На сегодняшний день на добывающих предприятиях с помощью данного программного комплекса решаются следующие задачи:

создание прогнозной версии модели для планирования разработки месторождения;

оценка эффективности грп;

выбор оптимальных кандидатов на бурение боковых стволов;

оценка эффективности обработки призабойной зоны кислотами, растворами пав;

расстановка скважин (групп скважин) по заданной схеме разработки;

оценка эффективности заводнения;

выбор оптимальной схемы закачки.

Раздел 3 «Необходимые исходные данные для гидродинамического моделирования». Основная цель современной разработки месторождений углеводородов направлена на наиболее полное извлечение их извлекаемых запасов при максимальной экономической рентабельности. Для достижения наиболее полного коэффициента охвата и коэффициента извлечения нефти используются передовые технологии. Одним из ключевых направлений по праву является компьютерное моделирование.

Адаптация истории разработки и ее прогноз, позволяют оптимально, и, с наименьшими затратами, разрабатывать месторождения углеводородов. Тем не менее, основная проблема, при составлении проектных документов, обусловлена расхождениями между статической (геологической) и фильтрационной (гидродинамической) моделями. Характерно, что федеральные комиссии: центральная комиссия по разработке (ЦКР) и территориальная комиссия по разработке (ТКР), а также многочисленные эксперты, по-прежнему требуют, чтобы статическая и фильтрационная модели отличались друг от друга несущественно (не более 5 %).

Все этапы подготовительных и эксплуатационных работ можно разделить на несколько основных этапов – сейсмическое изучение площади работ, разведочное и эксплуатационное бурение (с и без отбора керна, испытание пластов и пр.), геофизическое изучение скважин (ГИС), лабораторное исследование керна и флюидов, анализ и выявление петрофизических зависимостей, построение трехмерной геолого-технологической модели (геологической и гидродинамической), расчет прогнозных показателей разработки.

Гидродинамическая модель представляет собой приближенное описание поведения изучаемого объекта с помощью математических символов. Процесс такого моделирования можно условно подразделить на четыре взаимосвязанных этапа:

1. формулирование в математических терминах законов, описывающих поведение объекта;
2. решение прямой задачи, т. е. получение путем исследования модели выходных данных для дальнейшего сопоставления с результатами наблюдений за объектом моделирования;
3. адаптация модели по результатам наблюдения, решение обратных задач, т. е. определение характеристик модели, которые оставались неопределенными;
4. анализ модели, ее модернизация по мере накопления новой информации об изучаемом объекте, постепенный переход к новой более совершенной модели.

Первый этап моделирования требует глубоких знаний об изучаемом объекте. Для создания модели пластовой системы используются обширные сведения из геологии и геофизики, гидромеханики и теории упругости, физики пласта и химии, теории и практики разработки месторождений, математики, численных методов и программирования. На этом этапе формулируются основные уравнения, описывающие процесс фильтрационного переноса

жидкостей и газов в пористой среде и выражающие законы сохранения массы, энергии, закон движения, уравнение состояния. Определяются совокупности начальных и граничных условий, для которых будет решаться сформулированная система дифференциальных уравнений в частных производных. Количество и тип уравнений зависят от особенностей рассматриваемой задачи: геологического строения пласта, свойств фильтрующихся флюидов, моделируемого процесса добычи. Затем разрабатываются численные методы и алгоритмы для решения поставленной задачи. Создается математическая модель фильтрации – компьютерная программа, которая решает уравнения тепло- и массопереноса с заданными начальными и граничными условиями.

В ГДМ модели задан один регион инициализации, соответствующий единственной залежи нефти, параметры региона инициализации приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Параметры региона инициализации

Регион инициализации	Опорная глубина, м	Давление на опорной глубине,	Положение УПУ, м
Регион 1	1170,0	10,85	1170,0

Раздел 4 «Адаптация гидродинамической модели или воспроизведение истории разработки месторождения» Высокая степень неопределенности исходной информации при построении модели пласта делает необходимым этапом моделирования адаптацию модели по данным наблюдений. На этом этапе путем решения обратной задачи осуществляется идентификация основных фильтрационно-емкостных параметров пласта, заложенных в модель. Этот процесс называется воспроизведением истории разработки. Корректируются обычно те параметры, которые имеют наибольшую неопределенность и при этом сильнее влияют на решение; чаще всего это – абсолютные и фазовые

проницаемости, объем законтурной области, коэффициент сжимаемости пор, коэффициенты продуктивности и приемистости скважин.

При воспроизведении истории разработки обычно известны фактические поля давлений, добыча и закачка каждого компонента по скважинам. Обратная задача решается итерационно до тех пор, пока модель фильтрации не воспроизведет распределение давления и насыщенных, которые возникают в результате приложенного воздействия – заданной добычи и закачки скважин. Процедура идентификации параметров пласта может быть автоматизированной или осуществляться вручную. Каждый из этих способов имеет свои достоинства и недостатки.

Раздел 5 «Прогноз технологических показателей разработки на основе адаптации гидродинамической модели» Хотя прогнозирование является обычно заключительным этапом моделирования, возможные сценарии или варианты разработки, которые будут рассматриваться, желательно выработать заранее для того, чтобы выбрать такую модель фильтрации, которая позволит их проанализировать, а также уточнить путем воспроизведения истории или в ходе дополнительных промысловых экспериментов те параметры пласта, которые могут оказаться существенными для реализации той или иной технологии.

Прогнозирование обычно проводится по нескольким сценариям разработки. В первую очередь, это – базовый вариант, который предусматривает продолжение разработки по тому сценарию, по которому месторождение разрабатывалось до сих пор. Кроме того, рассматриваются варианты, содержащие альтернативные стратегии разработки месторождения. На этапе использования модели для предсказания поведения пласта в будущем предполагается, что она включает в себя всю доступную информацию об изучаемом объекте.

Однако, учитывая, что задача воспроизведения истории имеет неединственное решение, на стадии прогнозирования в некоторых случаях проводят исследование чувствительности модели к варьированию тех

параметров пласта, которые могут существенно повлиять на прогнозные показатели, хотя модель и была нечувствительна к их изменению при

воспроизведении истории. Для оценки чувствительности рассматриваются дополнительные прогнозные варианты. При составлении прогнозных вариантов разработки учитывается опыт разработки данного и других аналогичных месторождений, а также технические возможности для реализации предлагаемых новых технологий. Важной проблемой является моделирование гладкого перехода от истории к прогнозу.

Заключение. Завершением данной работы будет являться констатация того, что с помощью освоения теоретического материала, и использования программного комплекса t-Navigator, были выполнены все поставленные задачи в начале выпускной квалификационной работы, а именно:

- освоить теоретические основы гидродинамического моделирования;
- научиться владеть комплексом программ t-Navigator;
- провести воспроизведение исторических данных разработки посредством адаптации
- рассчитать прогноз технологических показателей и сформировать готовый вариант разработки

Научная новизна данной работы заключается, в том что гидродинамическая модель включает совокупность цифрового трехмерного массива геолого-физических параметров, характеризующая моделируемое месторождение и управляющие воздействия на него в процессе разработки, проблематика данной темы складывается, в основном, в построении наиболее приближенной к реальности ситуации на ЭО и построение прогноза с учетом максимальной экономической рентабельности.

Основной целью выпускной квалификационной работы является анализ текущего состояния и прогнозирование процесса разработки бобриковского резервуара посредством обработки и интерпретации геофизических данных. Данная работа была предназначена для получения практических навыков

создания гидродинамической модели залежи нефти в отложениях бобриковского горизонта, расположенной в Саратовской области.