

**Азербайджанский Государственный Университет Нефти и
Промышленности
НИИ «Геотехнологические Проблемы Нефти, Газа и Химия»**

На правах рукописи

Гамаль Ахмед Аль-Рабаш

**ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ
ВОДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ
НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ
КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА**

Специальность 2526.01 – «Технология разработки морских
месторождений полезных ископаемых»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени доктора
философии по технике

Баку - 2017

Работа выполнена в НИИ «Геотехнологические Проблемы Нефти, Газа и Химия».

Научный руководитель:

член-корреспондент НАНА,
заслуженный деятель науки
Азербайджанской Республики,
д.т.н., профессор Т.Ш.Салаватов

Официальные оппоненты:

д.т.н. Т.А.Самедов
д.т.н. А.С.Стреков

Ведущее предприятие:

НИПИ «Нефтегаз» ГНКАР

Защита состоится 22 сентября 2017 г. в 11⁰⁰ часов на заседании Диссертационного Совета Д.02.141 при Азербайджанском Государственном Университете Нефти и Промышленности по адресу: Баку, пр.Азадлыг, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности.

Автореферат разослан «__» _____ 2017 г.

Отзывы в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять по указанному адресу Ученому Секретарю Диссертационного Совета.

Ученый секретарь
Диссертационного Совета Д.02.141,
к.т.н., доцент

А.В.Мамедов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время во всём мире основным методом воздействия на нефтяные залежи является заводнение, как наиболее интенсивный и экономически эффективный способ разработки нефтяных месторождений с разным геологическим строением и специфическими условиями разработки.

Наличие различных типов и режимов нефтяных залежей, сложнопостроенные геологические структуры (тектонические нарушения, многопластовость, изменение мощности, пористости, проницаемости продуктивных пластов по площади и по разрезу), сложные физико-химические свойства пластовых флюидов, проводимые системы разработки - все это в разной степени оказывает влияние на проведение процесса заводнения.

С целью поддержания пластового давления и вытеснения нефти, в залежь закачиваются значительные объемы воды, при этом неравномерной выработке запасов способствуют расчлененность и высокая неоднородность нефтенасыщенных коллекторов. В процессе разработки залежи происходит опережающая выработка запасов нефти, сосредоточенных в высокопроницаемых участках, быстрый рост обводненности, снижение темпов отбора нефти, что способствует неравномерному охвату заводнением, при этом закачиваются и отбираются значительные объемы воды, приводящие к росту материальных затрат на электроэнергию, транспортировку и переработку добываемой продукции.

Поэтому регулирование объемов закачки воды и отбора жидкости в процессе разработки залежи и задачи совершенствования методов анализа и контроля за проведением водного воздействия в сложнопостроенных неоднородных коллекторах, направленные на снижение эксплуатационных расходов и повышение эффективности процесса разработки, являются актуальными и приоритетными проблемами нефтедобычи, особенно в условиях морской нефтегазодобычи.

Цель работы. Разработка методологических основ диагностирования состояния пластовых систем и регулирования технологических процессов нефтедобычи для повышения эффективности водного воздействия сложнопостроенных

месторождений углеводородов.

Основные задачи исследования:

1. Повышение эффективности водного воздействия сложнопостроенных месторождений углеводородов.

2. Сравнительный анализ методов мониторинга и диагностирования процесса водного воздействия сложнопостроенных нефтяных коллекторов.

3. Обоснование критериев выбора методов анализа, мониторинга и диагностирования процесса водного воздействия сложнопостроенных нефтяных месторождений в условиях недостаточности информации.

4. Принятие обоснованных решений по регулированию системы «отбор-закачка» на основе диагностирования технологических процессов нефтедобычи.

5. Разработка методологических основ комплексного подхода к анализу характерных особенностей эволюции пластовых систем сложнопостроенных нефтяных месторождений.

Научная новизна.

1. Разработаны методологические основы комплексного подхода к регулированию технологических процессов нефтедобычи для повышения эффективности водного воздействия сложнопостроенных месторождений углеводородов с учетом гидродинамического состояния пластовой системы.

2. Установлены и обоснованы области применения и критерии выбора методов мониторинга, а также диагностирования особенностей процесса водного воздействия сложнопостроенных нефтяных месторождений в условиях недостаточности информации.

3. Разработан подход к принятию обоснованных решений по регулированию системы «отбор-закачка» на основе применения непараметрических критериев к диагностированию динамических особенностей технологических процессов нефтедобычи.

4. Впервые предложен комплексный подход к выбору стратегии водного воздействия сложнопостроенных нефтяных месторождений на основе анализа характерных особенностей развития пластовых систем.

Защищаемые положения.

1. Методические основы анализа и диагностирования состояния системы «пласт-скважина» и регулирования технологических

процессов нефтедобычи сложнопостроенных месторождений углеводородов.

2. Критерии выбора методов анализа, мониторинга и диагностирования процесса водного воздействия сложнопостроенных нефтяных коллекторов в условиях недостаточности информации.

3. Методика диагностирования технологических процессов нефтедобычи на основе применения непараметрических критериев для обоснования принятия решений по регулированию системы «отбор-закачка».

4. Методические основы комплексного подхода к повышению эффективности водного воздействия сложнопостроенных нефтяных месторождений.

Методы решения поставленных задач. Поставленные в диссертации задачи решались путем анализа промысловой информации, проведения промысловых исследований, математической обработки результатов и анализа полученных данных с применением компьютерных программ и вероятностно-статистических методов.

Личный вклад соискателя. Во всех проведенных исследованиях автором самостоятельно или в соавторстве сформулирована постановка задач исследований, методология их решений, а также анализ и интерпретация полученных данных и результатов моделирования.

В соавторстве разработаны методические основы комплексного подхода к анализу характерных особенностей развития пластовых систем сложнопостроенных нефтяных месторождений.

Практическая ценность полученных результатов.

1. Результаты проведенных исследований дают возможность диагностирования состояния системы «пласт-скважина» и регулирования технологических процессов нефтедобычи для повышения эффективности водного воздействия сложнопостроенных месторождений углеводородов.

2. На основе разработанных методологических основ комплексного подхода к анализу характерных особенностей развития пластовых систем создана новая адаптационная стратегия доработки сложнопостроенных месторождений, позволяющая существенно сократить сроки их разработки, что особенно важно в условиях морской нефтегазодобычи.

3. Разработанные методологические основы повышения эффективности разработки сложнопостроенных нефтяных месторождений на основе водного воздействия были успешно применены на месторождении Heijah (Йемен).

Реализация полученных результатов.

Внедрение полученных в диссертации результатов на нефтяном месторождении Heijah доказало эффективность комплексного подхода к анализу характерных особенностей развития пластовых систем сложнопостроенных нефтяных месторождений и позволило увеличить извлекаемые объемы нефти на 143 тыс. м³ (900 тыс. баррелей) (в приложении к диссертации приводится акт внедрения).

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались на:

- международном семинаре «Рассохинские чтения», Ухта, УГТУ, 2016 г.;
- международной научно-практической конференции «Geopetrol-2016», Краков, 2016 г.;
- международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли» Альметьевск, 2016 г.;
- международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика А. Х. Мирзаджанзаде, Уфа, 2016 г.;
- международной научно-практической конференции «Хазарнефтьгазтаг-2016», Баку, 2016 г.;
- научной сессии отделения Наук о Земле Национальной Академии наук Азербайджана «Фундаментальные и прикладные проблемы разработки месторождений нефти и газа», посвященной 90-летию со дня рождения академика М.Т.Абасова;
- международной научно-технической конференции «Современные технологии в нефтегазовой отрасли», Махачкала, 2016 г.

Основные результаты исследований представленных в диссертационной работе обсуждались на заседаниях Ученого Совета и семинарах Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности и НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия».

Публикация результатов работы. Основные положения диссертации опубликованы в 12 научных работах, опубликованных в

ведущих рецензируемых научных журналах, в том числе 2 в зарубежных авторитетных научных изданиях.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, трёх глав, основных выводов и рекомендаций общим объемом 195 страниц, 22 таблиц, 68 рисунков, списка использованной литературы, включающего 103 наименования и приложения.

Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю, члену-корреспонденту НАНА Т.Ш.Салаватову за постановку исследовательских задач, ценные советы и обсуждение полученных результатов.

Автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам кафедры «Нефтегазовая Инженерия» Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности и коллективу НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия» за содействие, оказанное при выполнении диссертационной работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведены основные положения диссертации, актуальность проведенных исследований, защищаемые положения, методы решения поставленных задач.

В первой главе дан анализ современного состояния процесса разработки с проведением процесса заводнения и основных направлений повышения эффективности разработки сложнопостроенных нефтяных месторождений.

Разработка нефтяных месторождений с применением заводнения предусматривает комплексный подход, который учитывает различные аспекты процесса нефтегазодобычи - геологическое строение и фильтрационно-емкостные характеристики коллектора, физические свойства пластовых флюидов, основные направления движения гидродинамических потоков, расположение добывающих и нагнетательных скважин и др. Система закачки воды в пласт представляет собой сложный механизм воздействия на нефтяную залежь, поэтому необходимо постоянно контролировать его влияние на параметры работы добывающих скважин с целью обеспечения их продуктивной работы по нефти и с минимальным количеством воды в отбираемой продукции.

Анализ современных методов регулирования процесса заводнения нефтяных залежей, показал, что они способствуют

увеличению охвата воздействием не вовлеченных в разработку участков, однако эффективны лишь в определенных физико-геологических условиях. Пропластки с высокой проницаемостью могут быть высокопроводящими каналами для воды и способствовать преждевременному прорыву воды к добывающим скважинам. Регулирование и оптимизация системы заводнения невозможна без анализа процесса разработки месторождения, который включает комплекс методов – оценки сложности геологического строения и энергетического состояния нефтяной залежи, определение компенсации отборов закачкой, анализа текущих показателей работы скважин и др. Смолли и Нишикиори для определения степени сложности геологического строения нефтяной залежи предложили метод оценки (скоринга). Оценку степени раздробленности пласта давали Чупарова, Гилл, Паэс, а Смолли и Маггеридж использовали такие параметры как пластовое давление, характеристики нефти, воды и уровни ВНК. Томас указывал, что литология - пористость, проницаемость, эффективная мощность и содержание глин, оказывает значительное влияние на эффективность процесса заводнения в конкретном резервуаре. Кларк и Роберт при анализе разработки месторождения Сабирийа Мауддуд (Северный Кувейт) использовали систему контроля при помощи коэффициента компенсации отбора закачкой, а совет по сохранению энергетических ресурсов Альберты (ERCB) рекомендует для достижения максимального нефтеизвлечения существующим фондом скважин на каждый баррель закачанной воды извлекать баррель нефти.

Геологическая модель, симуляционная модель, 4D и данные каротажа, давления и добычи скважин дают лучшее представление о раздробленности залежи, и позволяют применять правильную стратегию разработки месторождения. Для месторождения Северного моря применили программу интегрированного управления пластом “RoxarBigLoop” и были созданы геологическая и динамическая модель, а Альхутали и др., используя программное обеспечение Streamline, предложили эффективный подход для управления фронтом заводнения путем замедления времени процесса циклической закачки воды. Для оценки эффективности заводнения применяют модель емкостно-резистивную модель (CRM). Тилль и Батики оценили эффективность работы каждой нагнетательной скважины, учитывая, что объем закачки может быть перераспределен для повышения

эффективности заводнения. Гори использовал оптимизацию эффективности закачки для генерации скорости закачки с целью увеличения производительности заводнения. Метод циклического (нестационарного) заводнения нашел широкое применение на многих нефтяных месторождениях мира (Китай, США, России и др) и был успешно реализован на месторождениях Китая и Эквадора.

Научные решения, направленные на повышение эффективности процесса заводнения представлены во многих статьях и исследованиях, однако следует отметить, что это зависит от конкретных пластовых характеристик, а выбор оптимального решения должен быть основан на экономической эффективности и ожидаемом увеличении добычи нефти. Проведенный анализ существующих в настоящее время литературных источников методов анализа и регулирования за процессом заводнения нефтяных месторождений показал, что их дальнейшее совершенствование направлено на развитие новых подходов к развитию существующих методик и на повышение эффективности выработки запасов нефти.

Во второй главе на основе комплексного подхода предложены методы диагностирования и мониторинга эффективности процесса водного воздействия сложнопостроенных нефтяных месторождений. Дается краткая геологическая характеристика месторождения Хейджа, и приводится петрографическая интерпретация продуктивных отложений на основе анализа керна. Результаты кернового анализа, проведенные для скважин X-24, X-22, X-20 показали, что минералогическая структура выражена монокристаллическим кварцем (82-98%), эффективная пористость колеблется от 15 до 29 %, проницаемость пласта высокая - $0,298 - 9,31 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$. Песчаники обломочного резервуара Верхний Кишн месторождения Хейджа – горизонты S1, S2 и S3 являются нефтеносными, а пласты S2 и S3 рассматривают как единое целое, так как между ними отсутствуют изолирующие пропластки и они находятся в контакте с одним и тем же водоносным горизонтом. Горизонт S1A представляет собой песчаные отложения в составе свиты Верхнего Кишн, имеет мощность 7 м. Распределение песка неравномерное, наибольшая мощность и проницаемость прослеживается на своде складки, толщина и проницаемость песчаника уменьшается по направлению к её крыльям. Горизонт S1A имеет многочисленные тектонические нарушения, которые осложняют распределение неоднородности залежи и

характеризуется проницаемостью $0,987 - 4,93 \cdot 10^{12} \text{ м}^2$, но имеются отдельные пропластки с проницаемостью выше $9,87 \cdot 10^{12} \text{ м}^2$, пористость изменяется от 15 до 28%.

Во этой главе также приведены история и анализ процесса разработки месторождения Хейджа и горизонта S1A. Эксплуатация месторождения Хейджа началась в июле 1993 г, в конце 1994 г. дебит нефти достиг максимального значения $7154 \text{ м}^3/\text{сут}$, но в процессе разработки в связи с ростом обводненности продукции происходило падение добычи нефти. Дается детальный анализ процесса разработки месторождения Хейджа, который разделён на 4 этапа в соответствии с историей и динамикой добычи нефти и горизонта S1A - его южного и северного участков. Горизонт S1A был введен в разработку в 1993 г, начальное пластовое давление составляло 11,4 МПа в 1993 г. и в течение года разработки снизилось на 6,9 МПа, заводнение было начато в 2000 г в двух направлениях - север и юг, путем бурения новых нагнетательных скважин и перевода добывающих скважин в нагнетательные.

Проведенный анализ процесса разработки месторождения Хейджа показал, что вода добывалась с начала эксплуатации залежи и её добыча росла с увеличением числа добывающих скважин, из-за интенсивной закачки воды в пласт, что положительно сказалось на ППД, но негативно сказалось на добыче нефти на более позднем этапе разработки. Для количественной оценки продуктивности каждого пропластка были проведены каротажные исследования и определены участки для изоляции водных пропластков.

Также дан анализ применения методов оценки извлекаемых объемов углеводородов (объемный, материального баланса и кривых падения) для сложнопостроенных коллекторов. Для месторождения Хейджа и горизонта S1A была проведена оценка извлекаемых запасов нефти с применением геологических моделей Геомодель и Петрель.

Проведен анализ процесса заводнения, динамики пластового давления, методов по определению источника, контроля и регулированию движения пластовых вод по месторождению Хейджа. Для диагностики и контроля добычи воды для большинства скважин месторождения Хейджа были построены графики Чана (логарифмический график зависимости ВНФ WOR от времени), анализ которых показал, что конусообразование и каналообразование является серьезной проблемой с начала разработки месторождения.

Согласно интерпретации каротажного исследования, было выявлено, что большая часть воды поступает из нижней части перфорированного участка горизонтов S2/S3 - и появляется в скважинах в виде конусов или каналовобразований. Для определения притока воды использовано уравнение материального баланса, на основе которого рассчитана постоянная притока воды из водоносного пласта для северного и южного участков горизонта S1A.

Проведенный комплексный анализ выявил причины притока воды на месторождении Хейджа - это нарушение тонких природных барьеров в результате большого перепада давления. После применения методов диагностики и каротажного исследования для выявления водопродукцирующих интервалов были проведены разные мероприятия для сокращения добычи избыточной воды - это сепарация и закачка в нижнюю часть скважины, химическое и механическое перекрытие, применение скважинного дросселя, установка сдвоенного пакера, метод цементного задавливания, установки пакера-пробки в скважине и забойного штуцера. Было опробовано снижение скорости работы ЭПН, которое способствовало росту добычи нефти и уменьшению обводненности, что было подтверждено анализом кривой падения. На месторождении Хейджа были проведены комплексные исследования пластового и забойного давления. Результаты исследований пластового давления показали наличие связи между скважинами горизонта S1A, в которых наблюдается быстрый отклик на проведенное мероприятие - остановка или пуск работы скважины, уменьшение или остановка нагнетания воды. Исследования пластового давления проводились и для определения характеристик пласта и электропроводности породы на многих скважинах X-1, -16, -17, -18, -20, -22, -23, -24, -25, -26 (1998 г-1999 г) результаты которых показали хорошую проницаемость - от 1,9 до $4,93 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ горизонтов S2/S3.

Анализ разработки горизонта S1A показывает изменение проницаемости в широком диапазоне, так, на южном участке, (исследования скважин X-1, -9, -20, -33 и -42) проницаемость имеет высокое значение, которое достигает $5,92 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$, а в северной зоне резко меняются от 0,987 до $2,96 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$. Для определения показателя продуктивности и статического пластового давления были собраны и проанализированы данные изменения пластового давления по скважинам X-18, X-3, X-24 и X-25. На основании проведенных

исследований было установлено, что большинство скважин месторождения Хейджа имеют хорошую гидродинамическую связь. Было применено много методов по завершению нагнетательных скважин для проведения закачки на месторождении Хейджа: повторное завершение, смешанное завершение, двойное заканчивание (концентрическая установка) и поступление воды в продуктивный пласт из водоносного горизонта.

С целью ППД были проведены мероприятия для сбалансированного управления отношением добычи жидкости к закачке воды, что позволило стабилизировать пластовое давление на южном участке.

Таким образом, во второй главе рассмотрены методы диагностирования и мониторинга процесса водного воздействия месторождения Хейджа (горизонта S1A) – изучены геологические особенности; дан динамический анализ разработки; проведен анализ корректности применения методов оценки извлекаемых объёмов нефти; изучена применимость методов определения причин и выявления источника притока пластовых вод; даны результаты исследований и анализ динамики пластового давления. На основе предложенного комплексного подхода к анализу методов диагностирования и мониторинга процесса водного воздействия месторождения Хейджа проведены мероприятия по сокращению добычи избыточной воды и регулированию гидродинамических потоков пластовых флюидов.

В третьей главе предложены методологические основы комплексного подхода к повышению эффективности водного воздействия в сложнопостроенных нефтяных месторождениях. Комплексные исследования, анализ и контроль разработки нефтяной залежи, а также практическое применение результатов мониторинга являются основными факторами для проведения эффективного процесса заводнения.

Для оценки процесса заводнения для горизонта S1A был применен комплексный подход к анализу процесса разработки пласта и определения влияния закачки воды в целях создания новой стратегии управления пластом, главной задачей которого является повышение добычи нефти без дополнительных капиталовложений и снижение эксплуатационных затрат. При проведении мониторинга процесса заводнения проведён анализ кривых добычи, коэффициента

компенсации отбора закачкой, пузырьковых карт, метода X-PLOT, уравнения материального баланса, динамики ВНФ и объёмного охвата залежи. Был применён комплексный подход для оценки эффективности процесса закачки по горизонту S1A на основе анализа коэффициента продуктивности скважин, нефти и водонасыщенности, графиков Чана, ёмкостно-резистивного моделирования (CRM) и коэффициента Джини. По южному и северному участкам горизонта S1A для анализа работы добывающих скважин были рассчитаны показатель продуктивности для добывающих и приемистость для нагнетательных скважин, значения текущего пластового и забойного давлений. Для оценки запасов и прогнозирования добычи нефти горизонта S1A была применена модель на основе использования зависимости логарифма или функции обводненности от накопленной добычи, а на основе построенных диагностических графиков Чана дан анализ работы добывающих скважин и определён источник избыточной воды. Было установлено, что использование традиционных методов материального баланса для сложнопостроенных нефтяных месторождений приводит к существенным погрешностям при прогнозировании показателей разработки. Установлена целесообразность применения ёмкостно-резистивных моделей типа CRMT для оценки эффективности процесса водного воздействия сложнопостроенных нефтяных залежей.

Проведенный анализ процесса заводнения по горизонту S1A на основе рассчитанного коэффициента Джини для отборов нефти и воды показал, что, несмотря на рост числа добывающих скважин, увеличение закачки воды привело к уменьшению упорядоченности пластовой системы, росту обводненности залежи и падению добычи нефти. Интерпретация данных каротажного исследования в открытом стволе скважин подтвердила разделение горизонта S1A на три пропластка, что привело к неравномерному охвату процессом заводнения. Анализ процесса заводнения был проведён также на основе уравнения материального баланса (с использованием метода Хавлена-Одех), по которому уточнили запасы нефти и приток воды.

Мониторинг процесса заводнения проводился на основе комплексного анализа кривых добычи, коэффициента компенсации отбора (VRR), пузырьковых карт, определение объёмного охвата, анализа WOR, метода X-PLOT с целью обеспечения максимальной

добычи нефти при низких значениях ВНФ и эксплуатационных затратах. Мониторинг данных по добыче нефти и пластовому давлению показал отклонение закачки от оптимальных значений и расчет коэффициента компенсации подтвердил тот факт, что пластовая система получает воду извне (подтверждение поддержки водоносным горизонтом). В результате сравнительного анализа установлено, что для выявления причин добычи больших объемов воды на сложнопостроенных месторождениях можно использовать диагностические графики Чана, которые позволяют выявить признаки каналообразования, из-за влияния краевого водоносного пласта и быстрого прорыв воды после начала проведения закачки. Для анализа эффективности процесса заводнения также использован графический метод - X-plot, и получен конечный коэффициент нефтеотдачи и 64% и 57% для северной и южной зон соответственно.

В третьей главе также дан анализ опытно-промышленного внедрения разработанного комплексного подхода к повышению эффективности водного воздействия сложнопостроенных нефтегазовых месторождений и сравнительный анализ методов мониторинга процесса заводнения.

На основе применения комплексного подхода к анализу пластовых систем сложнопостроенных месторождений с использованием непараметрических диагностических критериев, предложена новая адаптационная стратегия доразработки, включающая в себя практические мероприятия по повышению эффективности процесса заводнения: снижение давления закачки ниже давления разрыва породы; применение скважинных датчиков для детального мониторинга динамики пластового давления; анализ каротажа добычи нефти и воды и закачки воды по всем добывающим и нагнетательным скважинам; оптимизация числа нагнетательных скважин после оценки работы каждой нагнетательной скважины; регулирование системы «отбор-закачка» путем регулирования фонда добывающих и нагнетательных скважин (конверсии нагнетательных скважин и консервирования добывающих скважин с высокими показателями обводненности); выбор оптимального метода заканчивания нагнетательных скважин; регулирование направления фильтрационных потоков с учетом рационального использования энергии пластовых вод и др.

В результате применения предложенного комплексного подхода

к доработке сложнопостроенных месторождений снизился темп падения добычи нефти, несмотря на снижение объёмов закачки и закрытие двух нагнетательных скважин. В некоторых добывающих скважинах снизилась обводненность, а анализ зависимости кривой падения от накопленной добычи нефти показал увеличение конечного нефтеизвлечения, что подтвердилось данными промыслового каротажа, которые показали увеличение добычи от 4.8 до 14.3 м³/сут нефти после изменения темпов закачки. Дальнейшие мероприятия по повышению эффективности водного воздействия были направлены на изоляцию водопритока. Динамика добычи и мониторинг показателя компенсации отбора жидкости подтвердили повышение влияния краевых вод.

Предложенная новая адаптационная стратегия доработки, включающая в себя практические мероприятия по повышению эффективности процесса заводнения позволяет существенно сократить сроки разработки сложнопостроенных месторождений, что, с учетом срока службы гидротехнических сооружений, особенно важно в условиях морской нефтегазодобычи.

Таким образом, внедрение полученных в диссертации результатов исследований на нефтяном месторождении Хейджа (Йемен) показало эффективность предложенного комплексного подхода к анализу процесса разработки сложнопостроенных нефтегазовых месторождений с проведением процесса заводнения и позволило увеличить извлекаемые объемы нефти на 143 тыс. м³ (900 тыс. баррелей).

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработаны методологические основы диагностирования особенностей состояния пластовой системы и регулирования технологических процессов нефтедобычи для повышения эффективности водного воздействия сложнопостроенных месторождений углеводородов.

2. Предложены и обоснованы области применения и критерии выбора методов мониторинга и диагностирования эффективности водного воздействия сложнопостроенных эксплуатационных объектов с учетом динамических особенностей технологических процессов в условиях недостаточности информации.

3. Показано, что использование традиционных методов

материального баланса для сложнопостроенных нефтяных месторождений приводит к существенным погрешностям при прогнозировании показателей разработки. Установлена целесообразность применения емкостно-резистивных моделей типа CRMT для оценки эффективности процесса водного воздействия сложнопостроенных нефтяных залежей.

4. Установлен определенный интервал обводненности корректного применения методов оценки эффективности процесса заводнения сложнопостроенных месторождений, основанных на анализе соотношений добываемых нефти и воды.

5. Впервые разработаны методологические основы комплексного подхода к анализу характерных особенностей эволюционного развития пластовых систем для повышения эффективности водного воздействия сложнопостроенных нефтяных месторождений в условиях недостаточности информации.

6. Предложена новая адаптационная стратегия доработки сложнопостроенных месторождений, включающая в себя практические мероприятия по повышению эффективности процесса заводнения, позволяющая существенно сократить сроки разработки, что особенно важно в условиях морской нефтегазодобычи.

7. Внедрение полученных в диссертации результатов исследований на нефтяном месторождении Хейджа (Йемен) показало эффективность предложенного комплексного подхода к анализу процесса разработки сложнопостроенных нефтегазовых месторождений с проведением процесса заводнения и позволило путем изменения стратегии закачки увеличить извлекаемые объемы нефти на 143 тыс. м³ (900 тыс. баррелей) (в приложении к диссертации приводится акт внедрения).

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

1. Salavatov T.Sh., Suleymanov A.A., Guseynova D.F., Al-Rabbash J.A. Application nonparametric criteria in the analysis of oil fields development // Petroleum Science and Technology, 2016, Volume 34, Issue 7, pp. 615-621.

2. Салаватов Т.Ш., Сулейманов А.А., Гусейнова Д.Ф., Аль-Раббаш Д.А. Применение непараметрических критериев для анализа процесса заводнения нефтяных месторождений // «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений», №3, 2016, с.57-59.

3. Салаватов Т.Ш., Сулейманов А.А., Гусейнова Д.Ф., Аль-Раббаш Д.А. Применение непараметрических критериев при анализе процессов разработки нефтяных месторождений // Сборник научных трудов НИИ «ГПНГХ» АГНА, Баку, 2016, XV том, с.155-161.

4. Салаватов Т.Ш., Сулейманов А.А., Гусейнова Д.Ф., Аль-Раббаш Д.А. Применение непараметрических критериев для анализа процесса заводнения нефтяных месторождений / Материалы международного семинара «Рассохинские чтения», Ухта, УГТУ, 4-5 февраля 2016 г., ч. 2, с. 80-83.

5. Салаватов Т.Ш., Гусейнова Д.Ф., Аль-Раббаш Д.А. Применение диагностических критериев для анализа процесса заводнения нефтяных месторождений / Instytut Nafty i Gazu “Cooperation of science and industry in hydrocarbon exploration and production”, Beynəlxalq “Geopetrol 2016” elmi-texniki konfransının materialları, Krakov, Polşa, 19-22 sentyabr 2016, с. 371-375.

6. Аль-Раббаш Д.А. Анализ процесса заводнения нефтяных месторождений применением непараметрических критериев / Сборник материалов международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли», Альметьевск, 2016 г., с.318-321.

7. Салаватов Т.Ш., Сулейманов А.А., Гусейнова Д.Ф., Аль-Раббаш Д.А. Применение диагностических критериев для мониторинга процесса заводнения нефтяных месторождений / Сборник докладов международной научно-технической конференции, посвященной памяти академика А. Х. Мирзаджанзаде, Уфа, 2016 г., с.75-80.

8. Аль-Раббаш Д.А. Анализ процесса заводнения нефтяных

месторождений на основе применения непараметрических критериев / Сборник докладов международной научно-практической конференции «Хазарнефтьгазтаг-2016», Баку, 2016, с.121-125.

9. Салаватов Т.Ш., Аль-Раббаш Д.А. Применение непараметрических критериев для мониторинга процесса заводнения нефтяных месторождений / Материалы международной научно-технической конференции «Современные технологии в нефтегазовой отрасли», Махачкала, 2016 г., с.193-194.

10. Салаватов Т.Ш., Гусейнова Д.Ф., Аль-Раббаш Д.А. Анализ процесса заводнения нефтяных месторождений с применением непараметрических критериев. Материалы научной сессии отделения Наук о Земле Национальной Академии наук Азербайджана «Фундаментальные и прикладные проблемы разработки месторождений нефти и газа», посвященной 90-летию со дня рождения академика М.Т.Абасова. Баку, «Nafta-Press», с.232-236.

11. Al-Rabbash J.A. Application of complex approach in waterflood performance analysis // Azerbaijan Oil Industry, №3, 2017, p. 60-66.

12. Салаватов Т.Ш., Гусейнова Д.Ф., Аль-Раббаш Д.А. Мониторинг процесса разработки нефтяных месторождений применением диагностических критериев // Азербайджанское Нефтяное Хозяйство, № 6, 2017, с.20-26.

Личный вклад соискателя:

Работы 6, 8, 12 выполнены самостоятельно, в работах 1-5, 7, 9-11 - теоретические исследования и обработка полученных результатов принадлежат соавторам в равной степени.

Qamal Əhməd Al-Rabbaş

Mürəkkəb quruluşlu neft-qaz yataqlarına su ilə təsirin tənzimlənməsi
ilə kompleks yanaşma əsasında qərarın qəbulu

Dissertasiya işində lay sisteminin hidrodinamik vəziyyəti nəzərə alınmaqla mürəkkəb quruluşlu karbohidrogen yataqlarında suyla təsirin səmərəliliyinin yüksəldilməsi üçün neftçıxarmanın texnoloji proseslərinin tənzimlənməsinə kompleks yanaşmanın metodoloji əsasları işlənilmişdir.

Neftçıxarmanın texnoloji proseslərinin dinamik xüsusiyyətləri nəzərə alınmaqla mürəkkəb quruluşlu istismar obyektlərinin sulaşma prosesinin səmərəliliyinin monitoring və diaqnozlaşdırılması üsullarının tətbiq sahələri və seçim kriteriyaları təyin edilərək əsaslandırılmışdır.

İlk dəfə lay sisteminin inkişafının xarakterik xüsusiyyətlərinin təhlili əsasında mürəkkəb quruluşlu neft yataqlarında suyla təsirin strategiya seçiminə kompleks yanaşma təklif edilmişdir ki, burada əsas məqsəd əlavə kapital qoyuluşu olmadan, istismar xərclərini aşağı salmaqla neft hasilatını artırmaqdır.

Lay sisteminin inkişafının xarakter xüsusiyyətlərinin təhlilinə işlənmiş kompleks yanaşmanın metodik əsasları mürəkkəb quruluşlu karbohidrogen yataqlarının işlənməsinin texniki-iqtisadi göstəricilərini hasilat və vurucu quyuların iş rejiminin tənzimlənməsi yolu ilə artırmağa imkan verir.

Özündə sulaşma prosesinin səmərəliliyinin yüksəlməsi üzrə praktik tədbirləri birləşdirən, mürəkkəb quruluşlu yataqların işlənməsinin başa çatdırılmasının yeni adaptasiya strategiyası təklif edilmişdir. Bu yanaşma işlənmə müddətini əhəmiyyətli dərəcədə qısaltmaya imkan verir ki, bu da dəniz neftqazçıxarma şəraitində xüsusilə vacibdir.

Xeyca yatağında (Yəmən) dissertasiyada aparılan tədqiqatlardan alınan nəticələrin tətbiqi sulaşma prosesi aparmaqla mürəkkəb quruluşlu neftqaz yataqlarının işlənmə prosesinin təhlilinə təklif olunmuş kompleks yanaşmanın səmərəliliyini göstərdi və suvurmanın strategiyasını dəyişmək yolu ilə çıxarılan neft həcmi 143 min m³ artırmağa imkan verdi.

Al-Rabbash Jamal Ahmed
Decision-making on regulation of waterflooding of complex oil and
gas reservoirs based on an integrated approach

In the thesis the methodological foundations of the integrated approach to the regulation of oil production technological processes for increasing the efficiency of the water impact of complexly constructed hydrocarbon fields, taking into account the hydrodynamic state of the reservoir system are developed.

Areas of application and criteria for selecting methods for monitoring and diagnosing the efficiency of the flooding process for complexly constructed operational objects, taking into account the dynamic features of oil production technological processes are established and justified.

For the first time, a comprehensive approach to the choice of a strategy for the water impact of complex oil deposits is proposed on the basis of an analysis of the characteristic features of development of reservoir systems, the main objective of which is to increase oil production without additional investment and reduce operating costs.

The developed methodical bases of the complex approach to the analysis of characteristic features of the development of reservoir systems allow increasing the technical and economic indices of the development of complex hydrocarbon deposits by regulating operating modes, producing and injecting wells.

A new adaptation strategy for the development of complex deposits, which includes practical measures to improve the efficiency of the water flooding process, allows to significantly shortening the development time and especially important in offshore oil and gas production is proposed.

The application of the researched results obtained in the thesis on the Heijia oilfield (Yemen) showed the effectiveness of the proposed integrated approach to the analysis of the process of developing complex oil and gas fields with the water flooding process and allowed to increase the recoverable oil volumes by 143 thousand m³ by changing the injection strategy.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
“Neftin, Qazın Geotexnoloji Problemləri və Kimya” ETİ

Əlyazması hüququnda

QAMAL ƏHMƏD AL-RABBAŞ

MÜRƏKKƏB QURULUŞLU NEFT-QAZ YATAQLARINA
SU İLƏ TƏSİRİN TƏNZİMLƏNMƏSİ İLƏ KOMPLEKS
YANAŞMA ƏSASINDA QƏRARIN QƏBULU

İxtisas 2526.01 – «Dəniz faydalı qazıntı yataqlarının işlənməsi
texnologiyası»

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim
edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı - 2017