

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ**

На правах рукописи

КОЙШИНА АКМАРАЛ ИТЕМГЕНОВНА

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ОБРАБОТКИ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ
КОМПОЗИЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ**

2525.01– Разработка и эксплуатация нефтяных и
газовых месторождений

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание научной степени
доктора философии по техническим наукам

БАКУ – 2016

Работа выполнена в Институте Геологии и Геофизики Национальной Академии Наук Азербайджана

Научный руководитель: доктор технических наук
А.С.Стреков

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Р.А.Мусаев

доктор философии по техническим
наукам **Э.М.Аббасов**

Ведущее предприятие: НИИ «Геотехнологические проблемы
нефти, газа и химия»

Защита диссертации состоится «22» февраля 2016 г. в 14³⁰ часов
на заседании Диссертационного Совета D 01.081 при Институте
Геологии и Геофизики НАНА

Адрес: Az1143, г. Баку, пр. Г.Джавида, 119.

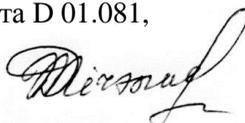
Факс: (99 412) 537 22 85

Электронная почта: gia@azdata.net

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института
Геологии и Геофизики НАН Азербайджана

Автореферат разослан «15» января 2016 г.

Ученый секретарь
Диссертационного Совета D 01.081,
доктор философии по
техническим наукам



Д.Р.Мирзоева

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы.

Практика разработки нефтяных месторождений находящихся на поздней стадии показывает, что применение традиционных технологий заводнения уже не обеспечивает их эффективной выработки.

Одной из основных причин, способствующих увеличению остающейся в пластах нефти и обводнённости продукции, является неоднородность пластов по проницаемости.

Анализ современного состояния методов повышения нефтеотдачи пластов (ПНП) и интенсификации добычи нефти (ИДН) показал, что в условиях месторождений характеризуемых послойной неоднородностью пластов по проницаемости одной из возможностей интенсификации добычи нефти, является применение методов и технологий, основанных на обработке призабойной зоны скважины.

Эффективность обработки призабойной зоны скважины определяется не только неоднородностью пласта, но и такими факторами как капиллярные силы, действующие в призабойной зоне пласта, и отношение подвижностей воды и вытесняемой нефти. Все эти факторы очень часто действуют совместно. В этой связи возникает необходимость применять новые композиционные системы (КС) на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ) и полимеров, комплексное воздействие которых на вышеуказанные факторы обеспечит эффективность обработки призабойной зоны скважины.

Анализ существующих к настоящему времени теоретических и экспериментальных исследований показал, что механизм влияния КС на основе ПАВ и полимеров на факторы, характеризующие процесс обработки призабойной зоны пласта, изучен недостаточно полно и нуждается в серьезных и целенаправленных исследованиях и обобщениях.

Следует отметить, еще одну из причин не достаточно высокой эффективности геолого-технических мероприятий (ГТМ) направленных на обработку призабойной зоны скважин КС. Связано это со значительными различиями в характеристиках скважин, добываемой продукции, геологических и эксплуатационных условиях отдельных скважины или группы скважин даже в пределах одного месторождения. На все это также накладывается наличие различного рода неопределенностей, искажающих информацию и существенно оказывающих влияние на результаты принимаемых решений.

В связи с вышеизложенным, создание рецептур композиций на основе ПАВ и полимеров, исследование их свойств и особенностей применения для повышения эффективности обработки призабойной зоны, а также разработка методов, заранее предполагающих неопределённость

условий принятия наилучших решений, обеспечивающих должную технологическую экономическую эффективность ГТМ в конкретных условиях определяют актуальность настоящей диссертационной работы.

Выполненные исследования проводились в рамках тематического плана научно-исследовательских работ Института Геологии и Геофизики НАН Азербайджана 2012 -2015 гг.

Цель работы. Повышение эффективности обработки призабойной зоны ресурсосберегающими композиционными системами в различных геолого- физических и технологических условиях на основе комплексного изучения закономерностей по их применению.

Основные задачи исследований:

1. Анализ и обобщение современного состояния экспериментальных исследований и промыслового опыта применения технологий, направленных на повышение эффективности обработки призабойной зоны скважин КС.

2. Изыскание и разработка ресурсосберегающих КС.

3. Установление закономерностей по эффективному применению разработанных КС при обработке призабойной зоны скважин.

4. Анализ показателей эффективности ГТМ и принятие решений по их выбору.

Методы решения поставленных задач, достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы.

Основные научные результаты диссертации получены на основе анализа и обобщения литературных данных, использования теоретических и экспериментальных исследований разработки нефтяной залежи с послойно-неоднородными пластами. Результаты проведенных опытов анализировались и сопоставлялись с известными экспериментальными данными других исследователей и с практикой применения КС на конкретных нефтяных месторождениях.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждаются данными опытов, применением апробированных современных методов исследования, обработкой полученных результатов методами математической статистики, а также промысловыми испытаниями.

Научная новизна:

1. Установлена степень влияния состава, соотношения исходных компонентов на физико-химические, фильтрационные характеристики КС на основе различных ПАВ, дизельно-щелочного отхода (ДЩО), хлорида кальция, полиакриламида (ПАА), иономера «Л».

2. Экспериментально установлена функциональная связь между

снижением фильтрационных характеристик пористой среды КС, состоящей из полимера и ПАВ, и поверхностной активностью ПАВ.

3. Экспериментально установлено влияние технологических параметров (порядок ввода в пласт полимера, ПАВ, осадкообразователя, числа циклов закачки) на эффективность применения разработанных КС.

4. Предложен метод позволяющий дать прогнозную оценку показателей эффективности различных ГТМ в различных физико-геологических и технико-технологических условиях.

Защищаемые положения.

1. Зависимость физико-химических и фильтрационных характеристик разработанных КС от состава, соотношения исходных компонентов и их концентрации.

2. Закономерности, установленные при использовании КС в послойно-неоднородных пластах.

3. Метод, позволяющий дать прогнозную оценку показателей эффективности ГТМ в различных физико-геологических и технико-технологических условиях.

Практическая ценность работы и реализация результатов.

Проведенные экспериментальные исследования позволили существенно дополнить и развить представления о механизме извлечения нефти КС из слоисто-неоднородного по проницаемости нефтяного коллектора.

Предложен метод для прогнозной оценки показателей эффективности ГТМ в различных физико-геологических и технико-технологических условиях.

Результаты исследований дали возможность целенаправленно выбирать как рецептуры КС, так и технологию их применения для повышения добычи нефти и ограничения добычи воды в различных геолого-физических условиях. Для этого составлены и утверждены в АО "Мангистаумунайгаз" "Методические рекомендации по разработке композиционных систем, оценке влияния геолого-физических и технических характеристик пласта и скважины на показатели эффективности для различных геолого-технических мероприятий и принятие решений по их выбору". Технологический эффект от внедрения метода обработки призабойной зоны добывающих скважин 1086, 1087 и 1218 композиционной системой в ПУ «Жетыбаймунайгаз» составил, соответственно, дополнительно добытой нефти 187,62 тонн нефти, ограничение отбора воды 1234,88 м³. В ПУ «Каламкасмунайгаз» внедрение метода обработки призабойной зоны нагнетательной скважины № 1112 горизонта С 2 месторождения Каламкас композиционной системой на основе полимера и ПАВ позволило повысить технико-эконо-

мические показатели за счет добычи через добывающие скважины №№ 1505, 1506, 1507, 1514, 1515, 1526, 1527, 3474 дополнительной нефти 1136,9 тн. Полученные технологические эффекты подтверждаются соответствующими документами, прилагаемыми к работе.

Апробация работы.

Основные результаты работы были обсуждены:

- на научных семинарах секции "Разработка месторождений нефти и газа" Института геологии и геофизики НАН Азербайджана (2015 гг);
- Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс: техника, технология и образование» (Актау, 2012);
- Seventh International Conference on Soft Computing, Computing with Words and Perceptions in System Analysis, Decision and Control, Izmir, Turkey September 2-3, 2013;
- Пятой Международной Научной конференции молодых ученых и студентов «Фундаментальная и прикладная геологическая наука: достижения, перспективы, проблемы и пути их решения» (Баку, 2013 г.)

Объем и структура работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных выводов и рекомендаций, списка использованной литературы, включающего 131 наименование, и 2 приложения. Работа содержит 146 страниц текста, 24 таблицы и 14 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и основные задачи исследований, методы решения поставленных задач, научная новизна и практическая ценность полученных результатов. Приведены сведения об апробации работы, структуре диссертации.

В первой главе рассматривается современное состояние изученности проблемы обработки призабойной зоны пласта ресурсосберегающими КС.

Как показал обзор литературных источников, разработка продуктивных пластов системой скважин в условиях неоднородных пластов ведет к образованию застойных зон между скважинами. В таких измененных геолого-промысловых условиях разработки продуктивных пластов основным условием повышения эффективности обработки призабойной зоны становится значительное снижение проницаемости обводненных наиболее проницаемых прослоев пласта с тем, чтобы направить закачиваемую воду в менее проницаемые малообводненные прослои.

Теоретические и физические основы повышения эффективности

разработки нефтяной залежи путем регулирования охвата ее заводнением были созданы в результате фундаментальных исследований Абасова М.Т., Баишева Б.Т., Борисова Ю.П., Везирова Д.Ш., Газизова А.А. Галлямова М.Н., Гасымлы А.М., Горбунова А.Т., Джалалова Г.И., Джалилова К.Н., Джафарова Н.Д., Дияшева Р.Н., Жданова С.А., Закирова С.Н., Мамедзаде А.М., Мамедзаде Р.Б., Мирзаджанзаде А.Х., Мусаева Р.А., Паныхова Г.М., Поддубного Ю.А., Рахимкулова Р.Ш., Сазонова В.М., Салаватова Т.Ш., Самардакова В.В., Сидорова И.А., Солякова Ю.В., Соркина А.Я., Строганова В.М., Ступоченко В.Е., Сулейманова Б.А., Смит Ч.Р., Сургучева М.Л., Таирова Н.Д., Телина А.Г., Фахретдинова Р.Н., Шахвердиева А.Х., Швецова И.А., Юсифзаде Х.Б., Hussen J.E., Dalland M. и т. д.

На основе многочисленных теоретических, экспериментальных и опытно-промышленных работ установлены следующие основные причины неполноты извлечения нефти водой:

- проявление капиллярных сил, которые препятствуют вытеснению нефти из части микронеоднородной пористой среды;
- неблагоприятное соотношение подвижностей вытесняющей и вытесняемой жидкостей;
- геологическая неоднородность строения продуктивного коллектора.

Очевидно, что для вовлечения остаточных запасов нефти в активную разработку необходимо применение современных и эффективных технологий воздействия, которые должны обладать направленностью на получение эффекта в зонах, где положительное влияние традиционного заводнения практически исчерпано.

Одним из возможных путей повышения эффективности разработки послойно-неоднородного по проницаемости нефтяного пласта заводнением является применение методов и технологий, основанных на обработке призабойной зоны скважины (ПЗС) ресурсосберегающими КС, базирующимися на использовании различных химических реагентов и обладающих комплексным воздействием на пласт и призабойную зону.

Исследованиями свойств, применяемых химических реагентов и продуктов их взаимодействия между собой установлено, что они являются потенциальными источниками для образования в пластовых условиях водоизолирующей массы, обеспечивающей увеличение фильтрационного сопротивления пласта относительно воды. Важное значение приобретают также исследования направленные на разработку КС, основанных на использовании побочных продуктов нефтепереработки и нефтехимии.

Однако отсутствие достаточно полного экспериментального

обоснования применения методов и технологий, основанных на ограничении непроемкой фильтрации воды по пластам, препятствует целенаправленному применению этих методов для повышения эффективности обработки призабойной зоны.

Следует отметить, еще одну из сторон не достаточно высокой эффективности применения композиционных систем. Очень часто при переносе метода воздействия на пласт из одного нефтяного месторождения в другое внедрение их оказывается малоэффективным. В значительной мере связано это с различиями в характеристиках скважин, добываемой продукции, геологических и эксплуатационных условиях отдельных скважины или группы скважин в различных месторождениях.

Проведенный анализ позволил сформулировать в заключительной части первой главы основные задачи исследований, решение которых поможет создать базу для более эффективного и широкого применения композиций на основе ПАВ и полимеров для повышения эффективности обработки призабойной зоны КС, что и определило цель настоящей работы.

Во второй главе приведены результаты экспериментальных лабораторных исследований, направленных на разработку многофункциональных КС для комплексного воздействия на призабойную зону нагнетательных и добывающих скважин.

Для широкого использования ПАВ при создании композиционных систем необходимо изучение их физико-химических свойств, механизма их взаимодействия с другими фазами (углеводородная жидкость, твердое тело).

Для оценки диапазона оптимальных концентраций ПАВ при разработке КС необходимо знать их физико-химические характеристики: межфазное натяжение (σ) на границе раздела применяемый раствор химического реагента - углеводородная жидкость.

В качестве ПАВ исследованы водорастворимый продукт щелочной обработки дизельной фракции нефти (ДЩО), водорастворимый ПАВ ОП-10 и водорастворимый анионо-активный ПАВ сульфанола. Растворы ДЩО, ОП-10 и сульфанола готовились на пресной воде. В качестве углеводородных жидкостей были использованы нефти месторождений Бибиэйбат, Балаханы-Сабунчи-Рамана (КС₄).

Наибольшее снижение величины межфазного натяжения на границе с обеими нефтями наблюдаются для водных растворов ДЩО, а наименьшее для водных растворов сульфанола. Причем, на границе с более активной нефтью Балаханы-Сабунчи-Рамана (КС₄) величины межфазного натяжения для всех ПАВ ниже, чем для менее активной.

Полученные данные дали возможность рассчитать поверхностную

активность (g) используемых ПАВ. Для ДЩО, ОП-10, сульфанолаповерхностная активность, соответственно, равна - 0,1230,- 0,1538,- 0,2.

Были проведены исследования по изучению особенностей капиллярного поднятия в пористой среде растворов ДЩО, ОП-10, сульфанола. Как показали результаты экспериментов, для всех исследованных ПАВ существует свой равновесный уровень капиллярного поднятия. Для ДЩО он равен 0,2 м, для ОП-10 - 0,155 м, для сульфанола - 0,126 м.

Введение химических веществ в пласт может изменить реологические характеристики нефтей и тем самым повлиять на эффективность обработки ПЗС. В связи с этим в работе исследуется влияние ПАВ на изменение реологических характеристик нефтей.

Полученные на ротационном вискозиметре Реотест 2.1 данные влияния водорастворимых ПАВ ОП-10, сульфанола на реологические характеристики нефти месторождения Палчыг пилпиляси при температурах 20-90⁰С показали, что при добавке сульфанола при всех рассмотренных концентрациях и температурах нефть месторождения Палчыг пилпиляси проявляет псевдопластические свойства. В случае добавки ПАВ ОП-10 с увеличением температуры для исследуемой нефти наблюдается переход от псевдопластического характера течения к ньютоновскому.

При добавке водорастворимых ПАВ 2 % сульфанола и 2 % ОП-10 нефть месторождения Палчыг пилпиляси кажущаяся вязкость нефти в обоих случаях становится выше кажущейся вязкости исходной нефти. Причем кажущаяся вязкость при добавке 2 % ОП-10 по сравнению с вязкостью исходной изменяется сильнее, чем при добавке 2 % сульфанола.

Для изучения водоизолирующих характеристик разработанных композиционных систем были проведены экспериментальные исследования на установке, схема которой позволяет в зависимости от задач исследований монтировать в неё однородную линейную или слоисто-неоднородную модели пласта.

Для оценки водоотклоняющих характеристик создаваемых КС на основе ПАВ и полимеров на линейной модели пласта была проведена серия экспериментов. На основании вышеприведенных исследований в главе 2 в качестве ПАВ были выбраны ДЩО, сульфанол и ОП-10 при концентрациях показавших наименьшее межфазное натяжения на границе с нефтью.

Исследования были проведены в следующей последовательности закачки компонентов входящих в КС:

1. Закачка КС состоящей из раствора CaCl_2 (8,5 % от объема пор

(о.п.) модели пласта (м.п.)) с последующей закачкой после буферной жидкости (3% от о.п. м.п.) (пресная вода) 3 %-ного раствора ДЩО (8,5 % от о.п. м.п.). 2. Закачка КС состоящей из раствора CaCl_2 (6 % от о.п. м.п.) с последующей закачкой после буферной жидкости (3% от о.п. м.п.) 3 %-ного раствора ДЩО (6 % от о.п. м.п.) и 0,5 % растворе иономера «Л» (5 % от о.п. м.п.). 3. Закачка КС состоящей из 3 %-ного раствора ДЩО (6 % от о.п. м.п.) и 0,5 % растворе иономера «Л» (5 % от о.п. м.п.) с последующей закачкой после буферной жидкости (3% от о.п. м.п.) раствора CaCl_2 (6 % от о.п. м.п.). 4. Закачка КС состоящей из 0,5-ного раствора иономера «Л» (5 % от о.п. м.п.), раствора CaCl_2 (6 % от о.п. м.п.) с последующей закачкой после буферной жидкости (3% от о.п. м.п.) 3 %-ного раствора ДЩО (6 % от о.п. м.п.). 5. Закачка КС состоящей из 0,2 %-ного раствора ПАА (12 % от о.п. м.п.) с последующей закачкой 3 %-ного раствора ДЩО (8 % от о.п. м.п.). 6. Закачка КС состоящей из 0,2 %-ного раствора ПАА (12 % от о.п. м.п.) с последующей закачкой 0,3 %-ного раствора ОП-10 (8 % от о.п. м.п.). 7. Закачка КС состоящей из 0,2 %-ного раствора ПАА (12 % от о.п. м.п.) с последующей закачкой 0,3 %-ного раствора сульфанола (8 % от о.п. м.п.).

Для оценки и сравнения изменения фильтрационных характеристик пористой среды, обработанной предлагаемыми КС, был использован фактор остаточного сопротивления ($R_{\text{ост}}$), а также безразмерный параметр – эффект изоляции (W) (табл.).

Таблица

Изменение проницаемости, $R_{\text{ост}}$ и W при обработке пористой среды композиционными системами с различным содержанием реагентов и их расположением

№№	Взаимодействующие реагенты и их расположение	Проницаемость, мкм ²		$R_{\text{ост}}$	W , %
		До обработки	После обработки		
1	Хлорид кальция, вода и 3%-ый ДЩО	1,2	0,15	8	87,5
2	Хлорид кальция, вода, раствор 3 %-го ДЩО и 0,5 %-ый раствор иономера «Л»	1,2	0,08	15	93,3
3	3 %-ый ДЩО, 0,5 % раствор иономера «Л», вода, хлорид кальция,	1,2	0,5	2,4	58,3
4	0,5 % раствор иономера «Л», хлорид кальция, вода и ДЩО	1,2	0,2	6	83,3
5	0,2 % ПАА и 3% ДЩО	1,2	0,32	3,75	73,3
6	0,2 % ПАА и 0,3% ОП-10	1,2	0,4	3	66,7
7	0,2 % ПАА и 0,3% сульфанол	1,2	0,48	2,5	60

Результаты проведенных экспериментов показали, что в зависимости от природы реагентов, входящих в разрабатываемую композицию, и последовательности их закачки в пористую среду происходит различное изменение фильтрационных характеристик пористой среды. Причем, КС состоящая из полимера и ПАВ с меньшим межфазным натяжением и большей высотой капиллярного поднятия показала большую величину $R_{ост}$ и W , чем с большим межфазным натяжением и меньшей высотой капиллярного поднятия.

При изучении особенностей водоизоляции при закачке в пористую среду КС с осадкообразователем во всех случаях был получен $R_{ост}$ выше, чем без него. Вызвано это тем, что добавка осадкообразователя в КС приводит к большей величине осадка в пористой среде.

Было также изучено влияние объема буферной жидкости между оторочками хлорида кальция и ДЩО в КС №2 (табл. 1). Установлено, что увеличение объема буферной жидкости от 0,03 до 0,15 о.п. приводит к снижению фактора остаточного сопротивления с 15 до 7, что является следствием разбавления реагентов в пористой среде. Причем при объемах буферной жидкости от 0,03 до 0,05 о.п. $R_{ост}$ снижается с 15 до 14,5, что практически незначимо.

Результаты исследований проведенных в данной главе позволили сформулировать ряд выводов:

1. Растворы ДЩО обладают более низким межфазным натяжением и большей высотой капиллярного поднятия по сравнению с растворами ОП-10 и сульфанола, т.е. растворы ДЩО обладают большей поверхностной активностью (g), чем другие исследуемые ПАВ;

2. Добавка ПАВ и ДЩО, не изменяя псевдопластического характера течения нефти, приводит к увеличению ее вязкости по сравнению с исходной, причем к тем большему, чем меньше межфазное натяжение;

3. Композиционная система, состоящая из полимера и ПАВ с меньшим межфазным натяжением (большей поверхностной активностью), показывает большую величину фактора остаточного сопротивления и эффекта изоляции, чем с большим межфазным натяжением;

4. Установлена возможность принятия решения при выборе эффективных композиционных систем для изоляции водопритоков для конкретных геолого-физических условий на основе значений межфазного натяжения.

5. Экспериментальные исследования физико-химических и фильтрационных характеристик разработанных КС на основе ПАВ (ДЩО, ОП-10, сульфанол), хлорид кальция, Иономер «Л», ПАА показали, что изменяя состав и порядок закачки в пластхимических реагентов, входящих в КС, можно в широких пределах регулировать водоизоляционные свойства;

6. Установлено влияние объема разделяющей (буферной) жидкости, входящих в КС реагентов, на величину фактора остаточного сопротивления. Для каждой из исследованных композиций существует определенная концентрация полимера, выше которой применение их не рационально.

Третья глава посвящена изучению закономерностей влияния технологических параметров на эффективность обработки призабойной зоны неоднородных по проницаемости нефтяных пластов КС.

Исследования проводились на двухслойной модели пласта с гидродинамически сообщающимися слоями. Проницаемость малопроницаемого прослоя лежащего под высокопроницаемым слоем во всех случаях составляла $0,9 \text{ мкм}^2$, высокопроницаемого $4,77 \text{ мкм}^2$.

Для проведения исследований были использованы КС в составе и в последовательности приведенных в табл.1 при изучении водоотклоняющих характеристик. Обработка призабойной зоны послойно-неоднородных по проницаемости нефтяных пластов КС всех типов оказалась эффективной. В тоже время эффективность применения КС зависела от природы реагентов, входящих в применяемую систему и последовательности их закачки в слоисто-неоднородный пласт.

Далее была проведена серия экспериментов по изучению циклической обработки высокопроницаемого слоя слоисто-неоднородного пласта КС. При проведении экспериментов использована КС хлорид кальция, вода, раствор 3 % -го ДЦО и 0,5 %-ый раствор иономера «Л» (№2) объемом 20 % от объема пор высокопроницаемого слоя. Обработка КС высокопроницаемого слоя во всех циклах производилась после полной обводненности продукции.

На основании данных опытов установлено, что увеличение циклов обработки КС высокопроницаемого слоя до 3 позволяет увеличить КИН до 0,71 вместо 0,49, когда извлечение производилось только водой. Прирост КИН при трехразовой обработке высокопроницаемого слоя КС в по сравнению с вытеснением нефти из слоисто-неоднородного пласта только водой в целом составляет 0,22. В связи с тем, что четырехразовая обработка КС практически не приводит к росту КИН из послойно-неоднородного пласта в целом, то, в условиях наших экспериментов, трехразовую обработку можно считать оптимальной.

Обработка призабойной зоны нагнетательных скважин КС обычно вызывает только локальное изменение направления фильтрации в связи с небольшим радиусом воздействия по сравнению с размерами пласта. В этом отношении более перспективными представляются КС не только повышающие фильтрационное сопротивление обводненных участков в призабойной зоне нагнетательных скважин, но и перемещающиеся по

пласту и последовательно изменяющие направление фильтрации воды по пути их движения.

Для изучения эффективности применения таких КС были проведены исследования влияния обводненности продукции добывающих скважин (50, 70 и полной 100 %) на КИН из послойно-неоднородного по проницаемости пласта, насыщенного нефтью месторождения Биби-эйбат, при закачке КС объемом 25 % от объема пор всего слоисто-неоднородного пласта, состоящей из 0,2 %-го раствора ПАА и 3 % - го раствора ДЩО, в высокопроницаемый слой со стороны линии нагнетания.

Как показали проведенные эксперименты, закачка КС в высокопроницаемый пропласток на всех стадиях разработки послойно-неоднородного пласта заводнением обеспечила дополнительно добытую нефть. В то же время эффективность применения КС определяется степенью обводненности добываемой продукции.

Следующим этапом исследований было изучение влияния перепада давления 0,003; 0,006; 0,012 и 0,022 МПа, при котором происходит извлечение, на эффективность применения КС в послойно-неоднородных пластах.

Несмотря на то, что оторочка КС применялась после полного обводнения добываемой продукции из послойно-неоднородного пласта, закачка ее оказалась эффективной при всех рассмотренных перепадах давления. Самый высокий КИН 0,75 и прирост его в 0,26 по сравнению с заводнением послойно-неоднородного пласта наблюдается при перепаде давления 0,003 МПа, а самый низкий КИН 0,62 и его прирост в 0,13 - при перепаде давления 0,022 МПа.

Результаты проведенных экспериментов показали:

1. Разработанные КС существенно повышают КИН из послойно-неоднородных по проницаемости пластов, находящихся на поздней стадии разработки, по сравнению с заводнением.

2. Применение исследуемой КС в послойно-неоднородных пластах при извлечении нефти эффективно при всех рассмотренных обводненностях добываемой продукции, перепадах давления и цикличности закачки.

В четвертой главе рассматриваются вопросы адекватного выбора наилучших геолого-технических мероприятий (ГТМ), обеспечивающих должную технологическую экономическую эффективность в конкретных условиях.

В последние годы благодаря созданию различных моделей, а также соответствующих программ, основывающихся на комплексной геолого-геофизической и технико-технологической информации, появляется возможность принимать наиболее обоснованные технологические решения.

С целью построения таких моделей, были использованы данные о ГТМ, проводимых на объектах различных месторождений.

В качестве признаков, от которых зависит эффективность геолого-технического мероприятия служат: 1. Общая толщина пласта, м (x_1), 2. Нефтенасыщенная толщина, м (x_2), 3. Вскрытая нефтенасыщенная толщина, м (x_3), 4. Коэффициент песчаности (x_4), 5. Пористость д.ед. (x_5), 6. Проницаемость, $K_{пр} \cdot 10^{-3}$ мкм² (x_6), 7. Вязкость нефти, мПа·с (пластовое условие) (x_7), 8. Плотность нефти т/м³ (x_8), 9. Газосодержание, м³/т (x_9), 10. Начальная нефтенасыщенность, д.ед (x_{10}), 11. Пластовая температура, Т⁰С (x_{11}), 12. Содержание в нефти парафина, % (x_{12}), 13. Содержание в нефти серы, % (x_{13}), 14. Дебит нефти до геолого-технического мероприятия, т/сут (x_{14}), 15. Дебит жидкости до геолого-технического мероприятия, т/сут (x_{15}), 16. Обводненность до геолого-технического мероприятия, % (x_{16}).

В качестве показателей геолого-технического мероприятия служат: 1. Продолжительность эффекта, сут. (Y_1), 2. Дополнительная добыча нефти, т. (Y_2), 3. Прирост дебита нефти, т. (Y_3), 4. Дебит нефти после геолого-технического мероприятия, т/сут (Y_4), 5. Обводненность после геолого-технического мероприятия, % (Y_5).

Таким образом, исходные данные включают по каждому виду ГТМ 16 признаков и 5 показателей эффективности.

Далее было проведено преобразование исходных данных с целью сокращения числа входных переменных.

Прежде чем перейти к корреляционному анализу, была проверена подчинённость данных о ГТМ нормальному закону распределения. Использование в качестве критерия проверки на нормальность промысловых данных критерия Шапиро-Уилка показало, что гипотеза нормальности распределения не отклоняется.

Собранные данные о геолого-технических мероприятиях, были подвергнуты корреляционному анализу. При этом данные подвергались статистической обработке двумя путями с применением программы линейной регрессии.

1. Строились зависимости показателей эффективности от геолого-технологических факторов по их натуральным значениям:

2. Все данные логарифмировались, строилась такая линейная зависимость, которая путём потенцирования превращалась в мультипликативную, с дальнейшим уточнением путём последовательного приближения.

Каждое уравнение представляло собой зависимость того или иного показателя эффективности от выбранных факторов.

После получения уравнений регрессии была установлена степень

соответствия расчетных значений показателей эффективности ГТМ фактическим. Количественная оценка степени соответствия определяется мерой идентичности.

При использовании комплексной геолого-геофизической и технико-технологической информации для принятия наиболее обоснованного технологического решения в зависимости от типа ГТМ выбирается тот вид уравнения регрессии, который имеет большую меру идентичности.

Полученные модели позволяют прогнозировать показатели того или иного вида ГТМ в новых геолого-физических условиях. То есть, с помощью этих моделей появляется возможность ответить на вопрос, каковы были бы показатели, если бы в рассматриваемых условиях (пласт с известными характеристиками) осуществлялось бы данное ГТМ.

С этой целью нами проводились расчеты с помощью построенных моделей для условий, отличных от тех, где применялось ГТМ, для которого построена данная модель.

Для этого были собраны данные о геолого-физических условиях характерных для некоторых месторождений Азербайджана.

В качестве признаков, от которых зависит эффективность геолого-технического мероприятия взяты те же, что были указаны выше. Показатели эффективности для ГТМ были рассчитаны по одному и тому же массиву данных соответственно полинейным имультипликативным уравнениям. Выбор этих уравнений определялся значениями меры идентичности.

Результаты расчетов были использованы при принятии решений по выбору наилучшего ГТМ, для рассматриваемых условий. Это осуществлялось с помощью показателей эффективности ГТМ, принятых в качестве критериев, таким образом, чтобы искомое решение должно было бы удовлетворять условиям 5 критериев.

При решении многокритериальных задач возникают трудности, связанные с одновременным удовлетворением всех критериев, т.е. приходится принимать решения в условиях неопределённости.

Для решения таких задач был использован метод, называемый методом «наименьших уступок».

Были проведены расчеты по данным анализа ГТМ на рассматриваемых месторождениях с применением метода наименьших уступок. После качественного анализа пяти показателей в качестве первого критерия была выбрана дополнительная добыча нефти, т. (Y_2), далее по значимости продолжительность эффекта, сут. (Y_1), прирост дебита нефти, т. (Y_3), дебит нефти после геолого-технического мероприятия, т/сут (Y_4), обводненность после геолого-технического мероприятия, % (Y_5).

Проведя последовательно расчёты, отбрасывали те данные, которые после уступки на первый показатель эффективности не вошли в интервал $(0,6Y_{2\max}-Y_{2\max})$. Затем отбрасывали те данные, которые после уступки на второй показатель эффективности не вошли в интервал $(0,6Y_{1\max}-Y_{1\max})$ и т.д. В результате оставшиеся после последней уступки данные и отбрасывания тех данных, которые не вошли в рассматриваемый по последнему по важности показателю интервал, можно рекомендовать при выборе наилучшего ГТМ для соответствующих геолого-физических условий.

Результаты исследований позволили прийти к следующим выводам.

1. Путем преобразования признаков, характеризующих пласт, в соответствующие факторы, построены уравнения, выражающие зависимость показателей эффективности ГТМ от сформированных факторов.

2. Путем вариантных расчетов и анализа сравнительной эффективности того или иного ГТМ в различных условиях показаны пути и получены результаты принятия решений по выбору наилучшего ГТМ.

3. Предложен метод позволяющий дать прогнозную оценку показателей эффективности для различных объектов при различных ГТМ.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Комплекс лабораторных и промысловых исследований, выполненных в диссертационной работе, посвященной повышению эффективности обработки призабойной зоны композиционными системами (КС), и принятию решений по выбору наилучшего ГТМ в различных геолого-физических и технико-технологических условиях позволили сделать ряд выводов, основными из которых являются:

1. Экспериментальные исследования физико-химических и фильтрационных характеристик разработанных композиционных систем на основе ПАВ (ДЩО, ОП-10, сульфанол), хлорид кальция, Иономера «Л», ПАА показали, что изменяя состав и порядок закачки в пласт химических реагентов можно в широких пределах регулировать водоизолирующие свойства.

2. Экспериментально установлена функциональная связь между поверхностной активностью ПАВ реологическими характеристиками нефтей и степенью проявления композиционными системами водоизоляционных свойств.

3. Показана возможность для конкретных геолого-физических условий принятия решения при выборе эффективных композиционных систем для изоляции водопритоков на основе минимальных значений межфазного натяжения на границе нефть – ПАВ.

4. Разработанные композиционные системы могут быть использованы как при выравнивании фронта вытеснения нефти водой в по-слойно-неоднородных пластах (закачка в нагнетательные скважины), так и при селективной водоизоляции в добывающих скважинах.

5. Установлено, влияние технологических параметров (порядок ввода в пласт полимера, ПАВ, осадкообразователя, объема разделяющей (буферной) жидкости, числа циклов закачки, перепада давления), а также обводненности добываемой продукции на эффективность обработки призабойной зоны разработанными КС.

6. Путем вариантных расчетов и анализа сравнительной эффективности того или иного ГТМ в различных условиях показаны пути и получены результаты принятия решений по выбору наилучшего ГТМ.

7. Предложен метод позволяющий дать прогнозную оценку показателей эффективности различных ГТМ в различных физико-геологических и технико-технологических условиях.

Проведены работы по отработке и апробированию технологии ремонтно-изоляционных работ композиционными системами на скважинах в АО "Мангистаумунайгаз". Технологический эффект от внедрения метода обработки призабойной зоны добывающих скважин 1086, 1087 и 1218 композиционной системой в ПУ «Жетыбаймунайгаз» составил, соответственно, дополнительно добытой нефти 187,62 тонн нефти, ограничение отбора воды 1234,88 м³. В ПУ «Каламкасмунайгаз» внедрение метода обработки призабойной зоны нагнетательной скважины № 1112 горизонта С 2 месторождения Каламкас композиционной системой на основе полимера и ПАВ позволило повысить технико-экономические показатели за счет добычи через добывающие скважины № 1505, 1506, 1507, 1514, 1515, 1526, 1527, 3474 дополнительной нефти 1136,9 тн.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в следующих работах:

1. Койшина А. И., Сарбопеева М.Д., Тастемиров М.М. Эффективность мероприятий по регулированию процесса разработки месторождения Жетыбай. Материалы международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс: техника, технология и образование» 2 часть – Актау. –2012, с. 160-167.
2. Койшина А. И., Сарбопеева М.Д. Состояние разработки месторождения Каламкас. Материалы международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс: техника, технология и образование» 2 часть – Актау. –2012, с. 167-174.
3. Койшина А.И. Анализ эффективности применяемых технологий

- добычи нефти на месторождении Узень. Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2013, N4, с.24-27.
4. Койшина А.И. Исследование особенностей влияния поверхностно-активных веществ на реологические характеристики нефтей. Управление качеством в нефтегазовом комплексе (УКАНГ), 2013, №3, с. 55-57.
 5. Койшина А.И. Применение композиции на основе дизельно-щелочного отхода для ограничения водопритоков в добывающих скважинах. Тезисы. 5-я Международная научная конференция молодых ученых и студентов. – Баку. –2013, с .199-200.
 6. Стреков А.С., Койшина А.И. Исследование физико-химических свойств дизельно-щелочных отходов побочного продукта нефтехимического производства. Нефтепромысловое дело, 2013, №12, с 53-56.
 7. Strekov A.S., Mamedov P.Z., Koyshina A.I. Decisions-making on the choice of geological and technical measures under uncertainty Seventh International Conference on Soft Computing, Computing with Words and Perceptions in System Analysis, Decision and Control, Izmir, Turkey September 2-3, 2013. PP 381-384.
 8. Стреков А.С., Койшина А.И. Применение композиционных систем в потокорегулирующих технологиях в слоисто-неоднородных пластах. Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2014, №7-8, с.24-27.
 9. Стреков А.С., Койшина А.И. Некоторые особенности извлечения нефти композиционными системами в слоисто-неоднородных пластах. Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2014, № 11, с.21-24.
 10. Стреков А.С., Койшина А.И.К вопросу выбора поверхностно-активных веществ при создании эффективной композиционной системы для изоляции водопритоков. Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2015, №9, с.29-33

Личный вклад соискателя

[3], [4], [5]-выполнены самостоятельно; [1,2]-участие в обсуждении и постановке задачи, сборе данных, анализ полученных результатов; [6],[8],[9],[10]-участие в обсуждении и постановке задачи, проведение экспериментов, анализ результатов лабораторных исследований; [7] - участие в обсуждении и постановке задачи, статистическая обработка данных, проведение расчётов.



Koşına Akmaral İtemgenovna

**QUYUDİBİ ZONANIN KOMPOZİSİYA SİSTEMLƏRİ
İLƏ EMALİ EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASI**

XÜLASƏ

Keçiriciliyə görə təbəqəli-qeyri-bircins şəraitli neft yataqlarının işlənilmə səmərəliliyinin artırılması yollarından biri vurulması zamanı hasilat quyularının və ya vurucu quyuların quyudibiətrafı zonalarında süzülmə kanallarını kifayət qədər etibarlı örtən sumeyletdirici ekran yaradan xüsusi kompozisiya sistemlərinin (KS) istifadəsindən ibarətdir.

SAM və polimerlər əsaslı KS ilə yaradılan sumeyletdirici xüsusiyyətlərin qiymətləndirilməsi üçün bu SAM-in fiziki-kimyəvi xassələri, onların digər fazalarla qarşılıqlı təsir mexanizmi öyrənilmişdir. Təcrübə olaraq müəyyən edilmişdir ki, işlənilmiş çöküntüməlagətirən kompozisiyaya daxil olan reagentlərin təbiətindən və onların məsaməli mühitə vurulma ardıcılığından asılı olaraq, məsaməli mühitin süzülmə xüsusiyyətləri müxtəlif dəyişikliyə məruz qalırlar.

Aparılmış eksperimentlər nəticəsində göstərilmişdir ki, işlənilib hazırlanmış KS-i, sulaşdırma mərhələsi ilə müqayisədə, işlənilmənin son mərhələsində olan keçiriciliyə görə təbəqəli-qeyri-bircins layların neftçıxarma əmsallarını (NÇƏ) əhəmiyyətli dərəcədə artırır.

Geoloji-texnoloji tədbirlərin (GTT) təkə aparıldıqları şəraitlərdə deyil, habelə aparılmadıqları şəraitlərdə tətbiq səmərəliliklərinin qiymətləndirilməsi məqsədilə müqayisəli təhlilin aparılması üçün GTT-in effektivlik göstəricilərinin baxılan və ya analoji şəraitli digər yataqlarda bu və ya digər tədbirin həyata keçirilməsinin geoloji-fiziki şəraitlərini səciyyələndirən əlamətlərdən asılılığını ifadə edən modellər qurulmuşdur.

Alınmış modellər, habelə yeni geoloji-fiziki şəraitlərdə bu və ya digər növə malik GTT-in səmərəlilik göstəricilərini proqnozlaşdırmağa imkan verirlər. Bu məqsədlə GTT-in aparıldıqları şəraitlərdən fərqli olan şəraitlər üçün qurulmuş modellərin köməyiylə hesablamalar

aparılmışdır. Hesablamaların nəticələrindən nəzərdən keçirilən şəraitlər üçün ən yaxşı GTT-in seçilməsi üzrə qərarların qəbul edilməsi zamanı istifadə edilmişdir. Bu, qəbul edilmiş qərarın qəbul olunmuş bütün meyarları ödədə bilən meyarlar qismində qəbul edilmiş GTT-in səmərəlilik göstəricilərinin köməyi ilə həyata keçirilmişdir. Çoxmeyarlılıq şəraitlərində ən yaxşı GTT-in seçilməsi üzrə qərarların qəbul edilməsi üçün ən az güsəştlər üsulundan istifadə edilmişdir.

Koyshina Akmaral Itemgenovna

**EFFICIENCY INCREASE OF THE BOTTOM-HOLE ZONE
TREATMENT BY THE COMPOSITIONAL SYSTEMS**

SUMMARY

One of the efficiency increase ways of the oil deposits development in the conditions of the layer-by-layer-nonuniform permeable strata is the special compositional systems (CS) use during their injection there is created water-deflector plate in the bottom-hole zone of the production or injection wells that is sufficiently reliably covered filtration channels.

Physical-chemical properties of the SAS (Surface Active Substance), their interaction mechanism with the other phases were studied for evaluation of water-deflecting characteristics created CS on the basis of SAS and polymers. Experimentally it has been determined that different change of the filtration characteristics of the porous medium occurs depending on the reagents nature including in the developed sediment-forming composition and the sequences of their injection in the porous medium.

The conducted experiments results have showed that the developed CS increase significantly Oil Recovery Factor (ORF) from layer-by-layer nonuniform permeable strata that are situated at the late development stage in comparison with water flooding.

The models showing the dependence of the GEO efficiency indicators on the features characterizing the geological-physical conditions of the various operations use in the considered or similar conditions of other field were developed for comparative analysis conduction with the purpose of efficiency evaluation of the Geological-Engineering Operations (GEO) use not only in their conduction conditions but also in conditions where they were not carried out.

The obtained models also allow to predict the efficiency indicators of the various types of GEO in new geological and physical conditions. For this purpose there were carried out calculations by using developed models for conditions different from those that used GEO for which the model was developed. The calculations results were used during decision-making on the best GEO selection for the considered conditions. This was carried out by the GEO efficiency indicators taken as criteria in such a way as taken decision to satisfy all accepted criteria. For taking decisions on the best GEO choice the least concessions method was used in the multicriteriality conditions.

Sifariş № 1. Tirajı 100 nüsxə

Azərbaycan MEA Geologiya və Geofizika İnstitutu

«Nafta-Press» nəşriyyatı

Bakı, H.Cavid pr. 119, Tel.: 539-39-72

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
GEOLOGİYA VƏ GEOFİZİKA İNSTİTUTU**

Əlyazması hüququnda

AKMARAL İTEMGENOVNA KOYŞINA

**QUYUDİBİ ZONANIN KOMPOZİSİYA SİSTEMLƏRİLƏ
EMALI EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASI**

2525.01- Neft və qaz yataqlarının
işlənməsi və istismarı

Texnika elmləri üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKİ – 2016