

На правах рукописи

ИСМАЙЛОВ ФАХРЕДДИН САТТАР ОГЛЫ

**НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ
НОВЫХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ
ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ПОДЗЕМНОГО РЕМОНТА
СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ НАХОДЯЩИХСЯ В
ПОЗДНЕЙ СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Специальность: 2525.01 – Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

Диссертации на соискание учёной степени
доктора технических наук

Баку - 2018

Работа выполнена в Научно-исследовательском и проектном институте «Нефтегаз» Государственной Нефтяной Компании Азербайджанской Республики

Научный консультант: Заместитель директора по добыче нефти и газа НИПИ «Нефтегаз» SOCAR, член-корреспондент Национальной Академии Наук Азербайджана, доктор технических наук, профессор
Багир Алекпер оглы Сулейманов

Официальные оппоненты: Директор НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия», член-корреспондент НАН Азербайджана, доктор технических наук, профессор
Эльмира Мамедмин кызы Рамазанова
Заведующий кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда» Азербайджанского Государственного Университета Нефти и Промышленности, доктор технических наук, проф.
Сакит Рауф оглы Расулов
Старший инженер по исследованию пластов и скважин компании «BP Азербайджан», доктор технических наук
Эльдар Хасай оглы Азимов

Ведущая организация: Научная секция «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» Института «Нефти и Газа» НАНА

Защита диссертации состоится «28» марта 2018 г. в 11⁰⁰ в ауд. 1213 на заседании Диссертационного Совета BMD.02.141 при Азербайджанском Государственном Университете Нефти и Промышленности по адресу: AZ 1010, г. Баку, Азербайджан, Проспект Азадлыг, 34

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

Автореферат разослан « 23 » февраля 2018 года.

Ученый секретарь
Диссертационного Совета BMD.02.141,
Доктор философии по технике, доцент

Мамедов А.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Современное состояние нефтяной и газовой промышленности характеризуется интенсификацией разработки месторождений и освоением месторождений с трудноизвлекаемыми запасами. С этим связано многообразие гидродинамических, термических и физико-химических методов воздействия на природные резервуары и насыщающие их флюиды в целях повышения степени извлечения углеводородов из недр. Сложность и неопределенность современных технологических процессов требует решения многокритериальных задач, обеспечивающих высокую эффективность и качество процесса нефтедобычи.

Эффективное проектирование разработки нефтегазовых месторождений возможно на основе комплексного подхода к процедуре принятия решений и использования для этой цели современных методов исследования сложных неопределенных систем. Поэтому в этих условиях все больше внимания привлекает проблема изыскания методов более полного извлечения нефти из разрабатываемых месторождений. Разработка новых методов интенсификации добычи нефти позволяет значительно повысить эффективность эксплуатации месторождений.

Таким образом, разработка новых методов принятия решений, повышения производительности и ремонта скважин на месторождениях находящихся в поздней стадии эксплуатации является весьма актуальной задачей.

Цель работы. Разработка новых методов принятия решений, повышения производительности, ремонта скважин и увеличения нефтеотдачи пласта на месторождениях находящихся в поздней стадии эксплуатации.

Основные задачи исследования

1. Разработать методы постадийной структуризации, выделения границ стадий разработки нефтяного месторождения, прогнозирования добычи нефти, выбора метода увеличения нефтеотдачи, а также анализа состояния разработки нефтяного месторождения на основе мультифрактального подхода.

2. Разработать эффективные методы повышения нефтеотдачи пласта.

3. Разработать комплекс оборудования для повышения эффективности механизированных способов добычи нефти.

4. Разработать комплекс оборудования для повышения эффективности восстановления бездействующего фонда скважин.

5. Разработать новый способ вскрытия пескопроявляющего продуктивного пласта.

6. Разработать комплекс оборудования для ликвидации скважин в морских условиях.

Методы решения поставленных задач

Поставленные задачи решались путем применения методов математического моделирования, экспериментальных и промысловых исследований.

Научная новизна

1. Предложены методы постадийной структуризации, выделения границ стадий разработки нефтяного месторождения, прогнозирования добычи нефти при вторичном и третичном воздействии на залежь, с учетом интерференции скважин.

2. Разработаны методы анализа состояния разработки нефтяного месторождения на основе мультифрактального подхода и определения фрактальной размерности фронта вытеснения нефти водой на основе данных нормальной эксплуатации скважин.

3. Разработана методика выбора метода увеличения нефтеотдачи на основе анализа скрининговых критериев.

4. Разработаны нанофлюиды, а также новые микробиологические методы для повышения нефтеотдачи пласта.

5. Разработаны новые конструкции струйного, линейного, многоступенчатого электроцентрабежного насосов, погружного электродвигателя, комплекс оборудования для одновременно-раздельной эксплуатации пластов, а также предложена усовершенствованная ШГНУ.

6. Разработан новый способ вскрытия пескопроявляющего продуктивного пласта.

7. Разработан комплекс оборудования для восстановления герметичности эксплуатационной колонны, ловильные и режущие инструменты новой конструкции, а также гелевые системы высокой прочности.

8. Разработан комплекс оборудования для ликвидации скважин в осложненных условиях.

Защищаемые положения

1. Методы постадийной структуризации, выделения границ стадий разработки нефтяного месторождения, прогнозирования добычи нефти, выбора метода увеличения нефтеотдачи, а также

анализа состояния разработки нефтяного месторождения на основе мультифрактального подхода.

2. Нанофлюид, а также новые микробиологические методы для повышения нефтеотдачи пласта.

3. Комплекс оборудования для механизированной добычи нефти.

4. Способ вскрытия пескопроявляющего продуктивного пласта.

5. Комплекс оборудования и реагенты для подземного и капитального ремонта скважин.

6. Комплекс оборудования для ликвидации скважин в осложненных условиях.

Практическая значимость результатов работы

Полученные в работе результаты нашли применение в нефтяной промышленности.

Разработанный способ вскрытия продуктивного пласта был внедрен на месторождении Пираллахи НГДУ «Абшероннефть» ПО «Азнефть» в декабре 2013 года. В качестве объекта испытания была выбрана вышедшая из бурения скважина № 1097. С момента пуска скважины в эксплуатацию она эксплуатируется без ремонтов, связанных с пескопроявлением, в то время как среднемесячный межремонтный период, связанный с пескопроявлением, по НГДУ «Абшероннефть» составляет 60 дней. В течение года сэкономлено 6 подземных ремонтов. Скважина № 1097 эксплуатируется по настоящее время и дебит скважины составляет 4,1т/сут и 0,3т/сут нефти и воды соответственно.

Разработанная усовершенствованная глубинно-насосная установка была успешно применена на скважинах №№ 620, 911, 912, 908, 294, 979, 924, 939, 178 НГДУ «Абшероннефть» и на скважинах №№ 2429, 3969, 3624, 346 НГДУ «Балаханынефть». В результате внедрения на каждой тонне добываемой продукции сэкономлено примерно 1кВт·час энергии. Кроме того, после установки, утечек нефти в сальнике не наблюдалось, что предотвратило загрязнение окружающей среды и потери нефти. Общее количество сэкономленной энергии составило 17148кВт·час

Разработанный ЭЦН новой конструкции был внедрен и прошел испытания на скважине 1733 НГДУ «Балаханынефть». Испытания показали, что ЭЦН новой конструкции, несмотря на наличие в добываемой продукции механических примесей до 5г/л проработал 221 день, что почти в 7 раз выше, чем насос старого образца (32 дня). После установки насоса новой конструкции дебит нефти увеличился

почти на 40%. В период эксплуатации насоса сэкономлено 7 подземных ремонтов.

Разработанный струйный насос были успешно применен на скважине № 995 в НГДУ «Абшероннефть». Испытания показали, что струйный насос новой конструкции соответствует своему назначению и может быть широко применен в промышленных условиях.

Разработанный комплекс оборудования для ликвидации скважин в осложненных условиях был внедрен при подводной ликвидации скважины № 797, на приэстакадной площадке НГДУ «Абшероннефть».

Разработанный комплекс оборудования для восстановления герметичности эксплуатационной колонны был внедрен на скважине № 1852 НГДУ им.А.Амирова. В результате внедрения разработанного комплекса была полностью восстановлена герметичность эксплуатационной колонны, межремонтный период составил 22мес. (≈ 660 дней). Дополнительная добыча составила 315 т нефти, было сэкономлено около 30 подземных ремонтов, что почти в 30 раз выше, чем до применения комплекса оборудования.

Разработанные ловильные и режущие инструменты новой конструкции были применены при ремонтно-восстановительные работы на скважинах №№ 121, 174 и 265 месторождения «Гюнешли» НГДУ «28 Мая» и из скважин дополнительно добыто около 22.1тыс. т нефти и 42,6млн. м³ газа.

Акты о внедрении мероприятий прилагаются к диссертации.

Разработанный способ вскрытия продуктивного пласта защищен Евразийским патентом № 026292, а на разработанные погружной электродвигатель и многоступенчатый центробежный электронасос получены Евразийские патенты № 020195 и № 016802 соответственно.

Разработанный «Способ вытеснения нефти из обводненного пласта» защищен патентом Азербайджанской Республики № İ 2015 0067.

Разработанные «Способ ремонта в скважине с дефектным участком и внутренним сужением обсадной колонны и устройство для его осуществления» и «Кольцевой фрезер» защищены Евразийскими патентами № 027301 и № 027330 соответственно.

На разработанный «Магнитный фрезер» получено решение о выдаче патента Азербайджанской Республики на изобретение (регистрационный № а 2013 0117, дата приоритета 13.11.2013г. Опубликовано в Официальном Бюллетене Промышленной Собственности № 1, 2017г.)

Апробация работы

Материалы диссертации докладывались и обсуждались на:

- Международной научно-практической конференции «Современные проблемы нефтегазового комплекса Казахстана», Актау - 23-25 февраля 2011 г.;
- OGU 2011 - 15-ой юбилейной Международной Выставке и Конференции «Нефть и Газ Узбекистана», 18-19 мая 2011 г.;
- IV Congress of the Turkic World mathematical society, Book of abstracts, 1-3 July, 2011;
- VIII Международной научно-практической нефтегазовой конференции «Использование инновационных подходов для повышения эффективности бурения и ремонта скважин», г. Кисловодск, 10-14 октября 2011 г.;
- Четвертой Международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии», Алматы, КБТУ, 23-24 февраля 2012 г.;
- 11-ой Северо-Каспийской Региональной Выставке «Атырау Нефть и Газ», 6-я Атырауская Региональная Нефтегазовая Технологическая Конференция, Атырау, Казахстан, 3-4 апреля 2012 г.;
- Международной Выставке и Конференции «Нефть и Газ Узбекистана», Ташкент, Узбекистан, 16-17 мая 2012 г.;
- II Международной Научно-Практической Конференции «Новые технологии в нефтегазодобыче», г. Баку, 06-07 сентября 2012 г.;
- V Международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии», г. Алматы, КБТУ, 21-22 февраля 2013 г.;
- Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие нефтегазового комплекса Казахстана», г. Актау, 25-26 апреля 2013 г.;
- XI Международной научно-практической нефтегазовой конференции «Проблемы добычи и реализации газа, газового конденсата, нефти», г. Кисловодск, 27-31 октября 2014 г.;
- Международной научно-практической конференции SPE Annual Caspian Technical Conference & Exhibition, г. Баку, 4-6 ноября 2015;
- Международной научно-практической конференции SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition, г. Москва, 24-26 октября 2016.

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 43 научных труда, из которых 21 статья (в том числе 9 статей за рубежом), 15 докладов и тезисов докладов конференций, 7 патентов.

Структура и объём работы

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, списка литературы, включающего 302 наименования и приложения. Работа изложена на 393 страницах, содержит 36 таблицы и 119 рисунка.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель, основные задачи и указана ее практическая ценность.

Первая глава диссертации посвящена исследованию новых подходов к анализу состояния разработки месторождений.

Современное состояние нефтяной и газовой промышленности характеризуется интенсификацией разработки месторождений и освоением месторождений с трудноизвлекаемыми запасами. С этим связано многообразие гидродинамических, термических и физико-химических методов воздействия на природные резервуары и насыщающие их флюиды в целях повышения степени извлечения углеводородов из недр. Сложность и неопределенность современных технологических процессов требует решения многокритериальных задач, обеспечивающих высокую эффективность и качество процесса нефтедобычи. Эффективное проектирование разработки нефтегазовых месторождений возможно на основе комплексного подхода к процедуре принятия решений и использования для этой цели современных методов исследования сложных неопределенных систем.

В связи с этим, в первой главе работы дан обзор существующих методов анализа для подхода к изучению процессов нефтедобычи и показана общая принципиальная схема формирования путей анализа показателей, характеризующих состояния разработки месторождений.

Рассмотрено статистическое моделирование жизненного цикла нефтяного месторождения. Показано, что различные стадии разработки нефтяного месторождения качественно отличаются друг от друга типом функции распределения текущей добычи нефти.

На основе статистического анализа жизненного цикла разработки залежи предложен методический подход к определению

границных точек смежных стадий в пределах точности задания кривой добычи нефти, с помощью которых вычисляется длительность каждой стадии. Достоверность полученных результатов определяется степенью согласия теоретических и эмпирических функций распределения (рис. 1).

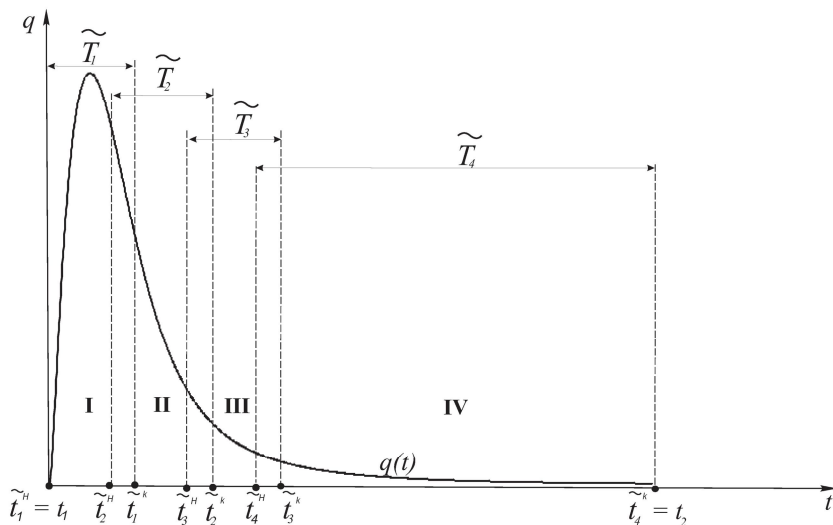


Рис. 1. Разбиение жизненного цикла на интервалы $\tilde{T}_j (j = 1, \dots, 4)$

При этом показано, что распределение значений текущей добычи нефти на последовательных стадиях разработки с достаточно высокой достоверностью аппроксимируется соответственно логнормальным, экспоненциальным, Парето и Вейбулла распределениями. Разработана процедура расчета извлекаемых запасов при существующей стратегии разработки месторождения и времени достижения максимального уровня текущей добычи нефти.

Показано, что функция распределения Вейбулла значений текущей добычи нефти на четвертой стадии жизненного цикла разработки, с учетом скейлинговой зависимости, совпадает с решением линейного дифференциального уравнения относительно нормированной накопленной добычи нефти, которое является аналогом кинетического уравнения Колмогорова-Ерофеева.

Для накопленной добычи нефти $Q(t)$ получается следующее уравнение

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -\lambda(t)Q(t) + \lambda(t)Q_\infty + w(t)$$

где $w(t)$ - возможное случайное возмущение, воздействующее на состояние процесса, $\lambda(t)$ - темп выработки запасов нефти, $Q_\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} Q(t)$.

По значениям накопленной добычи нефти на завершающей стадии разработки с помощью адаптивного фильтра Калмана в дискретном времени построены прогнозы добычи нефти и даны оценки возможности достижения проектных показателей при существующей системе разработки. Получены расчетные формулы для одношагового и многошагового прогноза добычи нефти.

Предложен метод анализа разработки нефтяного месторождения на основе мультифрактального подхода. В рамках метода мультифрактального флуктуационного анализа промысловых данных исследована динамика изменения обобщенной фрактальной размерности временного ряда значений текущей добычи нефти. Проведенный анализ дает оценку степени самоорганизации процесса разработки с целью выбора наиболее эффективных методов воздействия на пласт, их целенаправленной корректировки на различных этапах эксплуатации месторождения и позволяет оценить эффективность процесса, что представляется особенно полезным в условиях недостаточной или неопределенной геолого-промысловой информации. На основе анализа результатов проведенных расчетов по методу мультифрактального флуктуационного анализа (МФФА) можно сделать следующие выводы. Динамический анализ процесса добычи нефти с применением мультифрактального анализа дает более детальную картину переходов от порядка к хаосу и наоборот с выявлением промежуточных этапов между этапами взаимодействия и поглощения. МФФА можно использовать в качестве критерия для установления взаимосвязи между изменениями параметра деформации q и исследуемого объекта, возникающей в результате процесса самоорганизации в пласте. Таким образом на ранних этапах воздействия на пласт можно проверять эффективность того или иного метода воздействия на пласт и осуществлять его целенаправленную корректировку. На некоторых участках временного ряда значения обобщенной фрактальной размерности могут выходить за пределы

интервала допустимых значений, ограниченных снизу топологической размерностью исследуемого объекта. Это объясняется тем, что на данном этапе хаотические колебания не могут быть описаны скейлинговым соотношением и не приводят к фрактальным множествам. Водное воздействие на залежь должно основываться не только на принципах поддержания пластового давления, но и учитывать процесс самоорганизации системы. Наиболее действенным методом корректировки этого воздействия является динамический анализ процесса выработки запасов нефти из залежи с помощью мультифрактального анализа, выявляющий неоднородность и зоны однородности процесса добычи нефти, являющиеся отражением фрактальной геометрии порового пространства пласта. Таким образом, мультифрактальный подход к анализу разработки месторождения позволяет оценить эффективность процесса, что представляется особенно полезным в условиях недостаточной или неопределенной геолого-промысловой информации.

Предложен метод для определения фрактальной размерности фронта вытеснения нефти водой, по данным нормальной эксплуатации скважин.

Рассмотрим нефтяную залежь, в которую через нагнетательные скважины закачивается вода, а через добывающие скважины извлекают необводненную нефть. Если фронт вытеснения фрактален, то для объема нагнетаемой в залежь воды можно записать

$$V \sim V_0(r/R)^{3-D} \quad (1)$$

где V_0 - некоторый постоянный объем; r - максимальное расстояние от линии нагнетания до фронта вытеснения (радиус гирации фрактального кластера); R - расстояние от линии нагнетания до первого ряда добывающих скважин (максимально возможный размер фрактального кластера); D - фрактальная размерность фронта вытеснения (кластера).

Принимая во внимание, что количество отобранной нефти пропорционально закачанной воде, после некоторых преобразований выражения (1) получим

$$\lg V \sim \lg V_0 + (3-D)\lg(1 - \xi V^{1/2}/R), \quad (2)$$

где $V = r_1^2/\xi^2$; $r_1 = R - r$ - расстояние от первого ряда добывающих скважин до фронта вытеснения; ξ - коэффициент пропорциональности.

Таким образом, на основе данных об объемах нефти, отбираемой в различные периоды времени, в координатах ($\lg V$, $\lg(1 -$

$\xi V^{1/2}/R$) можно определить фрактальную размерность фронта вытеснения.

На основе анализа данных нормальной эксплуатации скважин исследовано продвижение фронта вытеснения нефти водой. Рассчитаны параметры, характеризующие динамику фронта. Совместный анализ динамики монофрактальных размерностей функции потенциалов, тока и мультифрактальных размерностей временных рядов значений дебита нефти и воды, объема закачиваемой воды позволяет провести раннее диагностирование прорыва воды в скважину. Проведен анализ разработки месторождения Гюнешли по методу мультифрактального флуктуационного анализа, который показал, что эксплуатация месторождения без учета динамики продвижения фронта вытеснения нефти водой приводит к снижению добычи нефти и увеличению обводненности продукции. Между значениями мультифрактальной размерности временных рядов дебита нефти и воды, количества закачиваемой воды, минимального расстояния и значениями исходных временных рядов наблюдается хорошая корреляция. Поэтому совместный анализ динамики фрактальных размерностей этих временных рядов позволяет оценить эффективность воздействия на пласт.

Разработана новая методика выбора метода увеличения нефтеотдачи (МУН) по скрининговым критериям Табера. Методика основана на нечеткой логике, теории возможностей и байесовских механизмах вывода. Ранжирование методов производится при фиксированных значениях бинарных критериальных параметров путем выделения наилучшего метода по данному параметру на основе известных в теории возможностей правил сравнения (упорядочения) нечетких интервалов. Полученные в результате оценки степени применимости каждого МУН уточняются с использованием итерационных процедур байесовского механизма вывода. Предложенные процедуры расчета сходятся достаточно быстро (не более 5-ти итераций) и могут быть применены для большего количества современных МУН. При этом вычисление коэффициентов применимости производится путем использования техники нечеткой логики, распределений возможностей и байесовских механизмов вывода.

При планировании мероприятий по воздействию на пласт, часто возникает необходимость прогнозной оценки эффективности вторичного и третичного воздействия. В данной работе предлагается подход, основанный на исследовании перераспределения пластового

давления, вызванного воздействием на рассматриваемый участок с учетом интерференции скважин. Приведена предлагаемая методика оценки дополнительной добычи нефти, а так же её численная реализация с использованием реальных промысловых данных.

Вторая глава посвящена разработке новых методов увеличения нефтеотдачи пластов.

В последние годы при оценке состояния и перспектив разработки, ранее введенных в эксплуатацию месторождений, отмечается снижение объема прироста запасов, которые к тому же приурочены к категории трудноизвлекаемых, характеризующихся высокой степенью обводненности и ухудшением качества остаточной нефти, отличающейся большим содержанием тяжелых компонентов. Поэтому в этих условиях все больше внимания привлекает проблема изыскания методов более полного извлечения нефти из разрабатываемых месторождений.

В главе проведен обзор современного состояния методов увеличения нефтеотдачи, рассмотрена классификация МУН, дана характеристика и оценка состояния работ по каждому из этих методов воздействия.

Представлены экспериментальные исследования разработанного нанофлюида, предназначенного для воздействия на пласт и призабойную зону скважин. В качестве объекта исследований использовался водный раствор анионного ПАВ с добавкой наночастиц легкого цветного металла.

Были проведены серии экспериментов по определению межфазного поверхностного натяжения, адсорбции и смачиваемости исследуемых растворов. Определялись реологические свойства исследуемой наносuspезии и влияние наночастиц на процесс вытеснения ньютоновской нефти в однородной и неоднородной пористых средах. При этом получено:

- Наночастицы уменьшают межфазное поверхностное натяжение на 70-79% при концентрации 0,004-0,0078 масс% сульфанола, при концентрации более 0,0156 масс% эффект составляет 88-90% (табл.1);

- Добавка наночастиц в раствор ПАВ изменяет характер течения от ньютоновского к неньютоновскому (псевдопластичному). Минимальная ньютоновская вязкость водного раствора ПАВ при добавке наночастиц дважды превышает аналогичные значения вязкости раствора ПАВ без добавок наночастиц и составляет 2 мПа·с (рис.2);

Таблица 1

Результаты экспериментов по исследованию межфазного
натяжения при $T = 298 \text{ K}$

Массовая Концентрация %		Поверхностное натяжение, 10^{-3} Н/м	
Сульфанол	Наночастицы	Сульфанол	Нанофлюид
0,004	0,001	31,4	9,2
0,0078	0,001	18,4	5,5
0,0156	0,001	16,6	3,6
0,0312	0,001	14,7	1,8
0,05	0,001	10,9	1,09

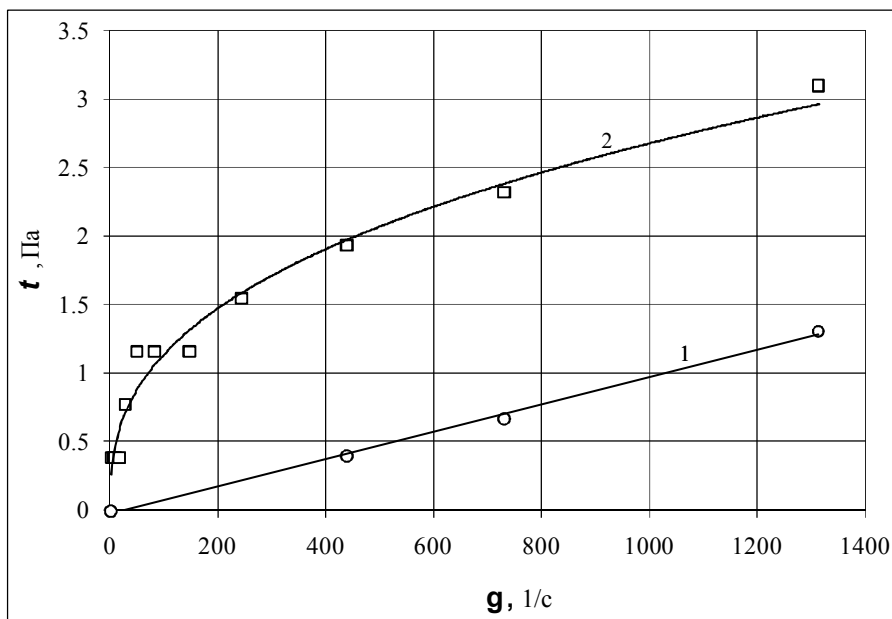


Рис. 2. Зависимость напряжения сдвига τ от скорости сдвига $\dot{\gamma}$ для водного раствора анионного ПАВ без добавки (1) и с добавкой (2) наночастиц

- Применение разработанной наносuspензии позволяет значительно повысить эффективность вытеснения и фильтрации

нефти. Коэффициент вытеснения при использовании нанофлюида как вытесняющего агента в 1,5 раза больше по сравнению с водным раствором ПАВ и 4.7 по сравнению с водой (табл.2).

Таблица 2

Результаты экспериментов по вытеснению нефти с использованием трех различных вытесняющих агентов

Вытесняющий агент	Коэффициент вытеснения в однородной пористой среде, %		Коэффициент вытеснения в неоднородной пористой среде, %	
	Безводный	Конечный	Безводный	Конечный
Вода	35	51,3	26,4	45,8
Водный раствор ПАВ	39	53,4	22,2	47,5
Флюид с наночастицами	53	60,3	44	56
Оторочка флюида с наночастицами	-	-	44	56

В настоящее время для повышения нефтеотдачи пластов широко используются микробиологические методы воздействия. Эти методы, наряду с повышением нефтеотдачи обводненных пластов, обладающих трудноизвлекаемыми запасами, способствуют уменьшению добываемых совместно с нефтью объемов воды. Вместе с тем, обоснованные с научной точки зрения методы, экологически чисты и безопасны. В работе предложены разработанные новые микробиологические методы для повышения нефтеотдачи пласта, которое происходит за счет совместного микробиологического и образуемого им физико-химического методов воздействия.

Применение метода на месторождениях суши Азербайджана дало положительные результаты. Во время биовоздействия, в пласт в первую очередь закачивается богатый микроорганизмами активный ил (АИ). В результате проведенных исследований установлено, что АИ, обладающий высокой биохимической активностью, не способен обеспечить собственный биоценоз необходимыми питательными веществами и поэтому возникает необходимость включения в него

дополнительных субстратов – стимуляторов. С этой целью при проведении дальнейших исследований при закачке активного ила дополнительно закачивается меласса. Однако, учитывая высокую стоимость мелассы, возникла необходимость в поиске нового биореагента, используемого совместно с активным илом. Далее начались лабораторные исследования по изучению отхода Бакинского завода шампанских вин в композиции с активным илом, результаты которых показали увеличение содержания углекислого газа в общем составе. Результаты экспериментальных исследований показали, что если при закачке в обводненный пласт композиции активный ил – меласса она способствует вытеснению 10% дополнительной нефти и уменьшению проницаемости на 40% от 6,8 до 4,1 мкм², то при прочих равных условиях, при закачке композиции активный ил – отход завода Шампанского вытесняется дополнительно 15% остаточной нефти и проницаемость уменьшается на 46% от 6,5 мкм² до 3,3 мкм². Учитывая вышеизложенное можно заключить, что закачка в обводненный пласт композиции, состоящей из активного ила и отхода Бакинского завода шампанских вин, наряду с повышением коэффициента нефтевытеснения приведет к уменьшению добываемой с нефтью воды.

В данной главе также рассмотрен метод увеличения нефтеотдачи с использованием керосино-щелочного отхода (КЩО), путем добавки щелочей к воде, вытесняющей нефть, которая снижает межфазное натяжение и улучшает смачиваемость породы для воды. Как показали проведенные исследования, некоторые отходы нефтехимических производств и продукты, полученные на их основе, нисколько не уступая в эффективности известным химреагентам, в то же время легкодоступны и дешевы. Причем при использовании отходов одновременно решается не менее важная задача их утилизации и защиты окружающей среды. При вытеснении нефти раствором КЩО в дистиллированной воде в отличие от вытеснения пресной и дистиллированной водами уменьшается как объем закачиваемого агента, так и время вытеснения, при существенном увеличении нефтеотдачи (на 23%).

Третья глава посвящена повышению эффективности механизированных способов добычи нефти.

В главе дан обзор современного состояния механизированной добычи нефти, рассмотрены способы механизированной добычи, их распространение и применение, достоинства и недостатки. Даны технические характеристики модификаций и показаны схемы работы,

используемых насосов для добычи нефти. Проанализировано состояние механизированной добычи нефти по ПО "Азнефть".

Рассмотрены задачи повышения эффективности работы ШГНУ. Проведены анализы факторов влияющих на потери энергии при глубинно-насосной эксплуатации скважин. Установлено влияние связи системы пласт-скважина на КПД глубинно-насосной установки. На основе проведенных исследований создана усовершенствованная глубинно-насосная установка. Она позволяет подачу насоса осуществить с использованием веса штанг, т.е. подача насоса происходит при движении плунжера вниз. Энергия, потребляемая в существующих конструкциях для подачи жидкости (при ходе плунжера вверх), в новой конструкции исключается. Кроме того, устьевое сальниковое уплотнение штока осуществляется уплотнительным элементом, изготовленным по специально разработанной технологии. Уплотнительные элементы обладают вязкоупругим свойством, что позволяет уменьшить коэффициент трения между его наружной поверхностью и стенкой полированного штока на порядок по сравнению с существующей конструкцией. Основу уплотнительных элементов составляют фторопластовые стружки определенного размера, смешанные с уплотнительной смазкой «Арматол-238» (ТУ 38.101812-83). Применение новой конструкции штанговой глубиннонасосной установки, позволяет сэкономить электроэнергию как минимум на 1кВт·час на каждую тонну добываемой продукции.

Разработан погружной центробежный насос новой конструкции для работы в осложненных условиях в коррозионно- и эрозионно-агрессивных средах. Основные детали насоса выполняются путем штамповки из полимерных материалов. Даны технические характеристики, конструкция насоса, указаны преимущества, а также особенности настоящего изобретения. Подробно рассмотрен принцип работы погружного электродвигателя. Проработан вопрос предотвращения коррозии корпуса насоса с использованием композитных материалов, которые прошли промысловые испытания на эксплуатационных скважинах НГДУ ПО «Азнефть».

Также предложена новая конструкция погружного электродвигателя. Наиболее успешно, разработанный погружной электродвигатель может быть промышленно применен для использования в качестве привода для многоступенчатых центробежных насосов для добычи нефти из скважин.

Обобщены и тщательно проанализированы область применения существующих струйных насосов и их принцип работы. Проанализирована эффективность работы применяемых в мировой практике нефтедобычи струйных насосов. На основе проведенных исследований, разработана новая более простая конструкция струйного насоса, который позволяет повысить к.п.д., эффективность его применения и улучшить его работоспособность. Даны технические характеристики и схемы установки в однорядном и двухрядном исполнении, в зависимости от условий эксплуатации. Разработана технология и инструменты, необходимые для внедрения струйного насоса новой конструкции. Следует отметить, что по своим конструктивным особенностям, высокой надежности и эффективности, разработанные струйные насосы выгодно отличаются из остального нефтедобывающего оборудования. Компактность наземной и подземной частей комплекта оборудования, позволяет использовать струйные насосы новой конструкции и на морских промыслах, пробуренных кустовым способом. Это позволяет расширить область применения струйных насосов новых конструкций, как на суше, так и в морских условиях. В некоторых месторождениях, отдаленных от коммуникаций энерго-газоснабжения и расположенных в труднодоступных районах, для освоения и эксплуатации скважин, применение струйных насосов является наиболее целесообразным.

Разработана новая конструкция линейного насоса. Линейная штанговая глубинонасосная установка обладает следующими преимуществами: простая конструкция, скорость возвратно-поступательного движения штанг регулируется изменением угловой скорости реверсивного электродвигателя, нетрудоемкие монтаж и демонтаж. На основе проведенных исследований был создан механический привод, который приводит в движение точку подвеса штанг почти без ускорения. Линейная штанговая глубинонасосная установка обладает следующими преимуществами по сравнению с существующими глубинонасосными штанговыми установками: конструкция простая, неметаллоемкая; скорость возвратно-поступательного движения штанг регулируется изменением угловой скорости реверсивного электродвигателя, что позволяет изменить число двойных ходов полированного штока при изменении притока жидкости из пласта; транспортировка, монтаж и демонтаж нетрудоемкие. Полированный шток расположен внутри стойки, подвешен посредством обычного штангодержателя. Асинхронный

двигатель, соединен с линейным механизмом посредством редуктора и перемещая его вверх-вниз, приводит в движение штанги.

В главе далее рассмотрен метод одновременно-раздельной эксплуатации, предназначенный для раздельной эксплуатации двух или более пластов одной скважиной. Проанализированы существующие варианты эксплуатации многопластовых скважин. На основе проведенных исследований разработан комплекс оборудования новой конструкции для одновременно-раздельной эксплуатации двух пластов с различными способами добычи каждого пласта. Представлены схемы разработанной новой конструкции оборудования, способ его применение, указаны преимущества от внедрения его при одновременно-раздельной эксплуатации нескольких пластов.

Дан подробный анализ существующих способов вскрытия продуктивного пласта, их преимущества и недостатки. На основе проведенных исследований разработан способ вскрытия продуктивного пласта сложенного слабосцементированными песчаниками. Задачей предлагаемого способа является предотвращение разрушения призабойной зоны пласта, выноса на поверхность песка и других механических примесей при эксплуатации скважин и повышение эффективности способа вскрытия за счет улучшения гидродинамической связи продуктивного пласта со скважиной. Поставленная задача решается тем, что в способе вскрытия продуктивного пласта, включающем глушение отверстий на фильтре в обсадной колонне до ее спуска пробками различных масс из материала разрушаемого химическим веществом, расположение фильтра с пробками против продуктивного пласта, цементирование заколонного пространства материалом, разрушаемым под воздействием химического вещества, до спуска обсадной колонны на фильтре дополнительно устанавливают фильтрующий элемент, выполненный из проволоки, намотанной на опорные стержни и зафиксированный упорными кольцами, при этом фильтрующий элемент снабжают защитным кожухом, выполненным из материала разрушаемого химическим веществом.

Четвертая глава посвящена повышению эффективности подземного ремонта скважин.

Дан обзор современного состояния техники для подземного ремонта скважин. Рассмотрена общая классификация видов аварий, проанализированы их причины, дана классификация скважинных устройств и инструментов для ликвидации аварий по их назначению и

применению. Рассмотрены возможности для решения задачи создания современного оборудования и инструментов, разработки соответствующих технологий, позволяющих за короткое время и с минимальными затратами устранять самые сложные аварии различного характера.

Разработаны, запатентованы и внедрены ловильные и режущие инструменты, вспомогательное оборудование новой конструкции, такие как кольцевые, забойные, магнитные фрезеры и гидромеханический паук. Также разработан комплекс оборудования для восстановления герметичности эксплуатационной колонны. Указаны их расчетные характеристики, схемы конструкции, принцип работы применения на практике. В результате проведенных промышленных испытаний на нефтяных и газовых скважинах, выявлено превосходство разработанного оборудования, по сравнению с уже существующим, за счет новых конструкций, качества изготовления, снижения затрат и сокращения времени, требуемого на ремонтно-восстановительные работы.

Рассмотрен вопрос возможности восстановления бездействующего фонда скважин путем зарезки второго ствола. Проанализирован опыт некоторых зарубежных стран в вопросах восстановления скважин путем проведения зарезки бокового ствола на старых месторождениях, применения современного оборудования и технических возможностей новых технологий. Даны критерии выбора скважин для зарезки бокового ствола и пути эффективного восстановления скважин для увеличения нефтеотдачи, из бездействующего фонда ПО «Азнефть». Рассмотрены поэтапные пути увеличения эффективности бурения боковых стволов. Даны прогнозы экономической эффективности восстановления бездействующих скважин путем зарезки боковых стволов.

Далее рассмотрен вопрос разработки гелевых систем высокой прочности, которые применяются для восстановления герметичности резьбовых соединений, запорной арматуры, восстановления герметичности заколонного пространства, разделении потока жидкостей и т.д. Проведена серия экспериментов с целью изучения влияния добавок наночастиц на процесс формирования полимерного геля. Получено, что прочность геля при добавке наночастиц легких металлов увеличивается до 65% (рис. 3). Предложен кинетический механизм процесса гелеобразования при наличии наночастиц легких металлов в гелеобразной системе. Отмечено, что применение нанонаполнителя позволяет значительно уменьшить расход полимера.

Рассчитана экономическая эффективность разработанного гелеобразующего состава.

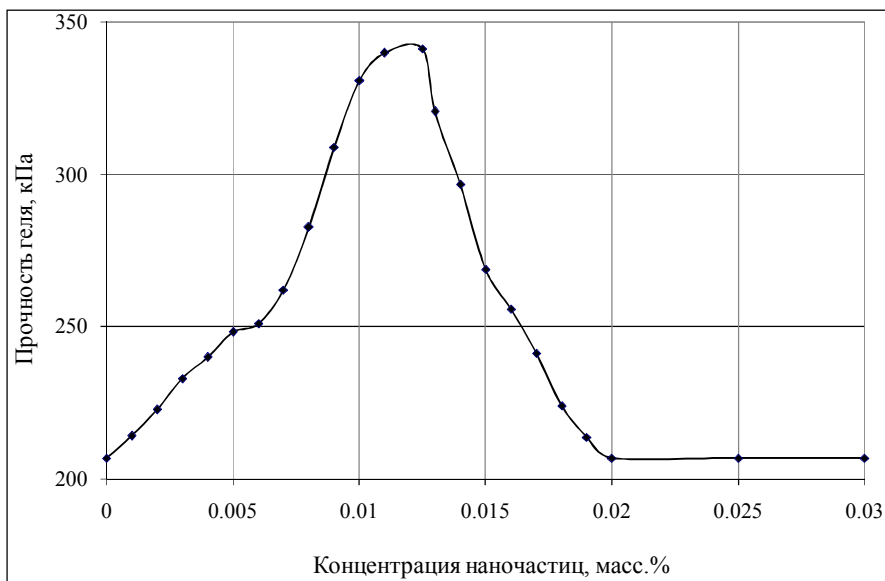


Рис. 3. Зависимость прочности геля от концентрации наночастиц

Пятая глава посвящена ликвидации скважин в осложненных условиях.

Проанализированы существующие технологии ликвидации скважин в морских условиях и техника для его проведения. Дана классификация скважин подлежащих ликвидации, в зависимости от состояния гидротехнических сооружений, стволов скважин и устьевого оборудования, а также наличия в скважине подъемных труб и их секционности. Рассмотрен состав ликвидационного оборудования, условия его применения в зависимости от индивидуального плана работ, учитывающего состояние скважины на момент ликвидации, а также вида применяемого плавсредства.

Разработан новый подход к ликвидации скважин в морских условиях, который обеспечивает повышение надежности ликвидации скважины путем герметического и надежно-сцепленного перекрытия эксплуатационной колонны изнутри на определенной глубине над продуктивным пластом, а кондукторной колонны – на уровне дна моря. Описана технология проведения ликвидационных работ. При

применении предлагаемого варианта сокращаются затраты, связанные с классической ликвидацией и ускоряется сам процесс ликвидации скважин. Разработан комплекс оборудования для ликвидации скважин в осложненных условиях.

В зависимости от состояния гидротехнических сооружений (площадок или платформ), стволов скважин и устьевого оборудования, а также наличия в скважине подъемных труб, их секционности и т.д. ликвидируемые морские скважины делятся на следующие группы:

- Скважины, находящиеся на рабочих гидростатических сооружениях (площадках или платформах) (устье скважины на рабочей площадке);

- Скважины, находящиеся на частично разрушенных площадках или платформах, стволы которых не разрушены и находятся над водой (устье скважины на аварийной площадке);

- Скважины, не имеющие гидротехнические сооружения (платформы или площадки), находящиеся над водой с не разрушенной устьевой арматурой (устье скважины над водой);

- Скважины, не имеющие гидротехнические сооружения (платформы или площадки), с изогнутыми стволами и находящиеся под водой, без утечек скважинного флюида (устье скважины под водой, без утечек);

- Скважины, не имеющие гидротехнические сооружения (платформы или площадки), с поломанными стволами находящимися под водой, с утечками скважинного флюида (устье скважины под водой, с утечками).

Последовательность ликвидационных работ по предлагаемой технологии отличается в зависимости от конкретного положения скважины по вышеуказанным группам и выполняется по составленному индивидуальному плану работ. Для тех скважин, устья которых находятся на рабочей площадке, технология проведения ликвидационных работ производится традиционным способом в части установки цементного моста в эксплуатационной колонне, а срез ствола с последующей установкой пакера-пробки и наружного кондукторского пакера выполняется по предложенной новой технологии. Для скважин II группы, устья которых находятся на аварийной площадке, ликвидационные работы производятся как и для скважин III группы, т.е. как не имеющих гидротехнические сооружения (рабочие площадки или платформы), после полной разборки на уровне дна моря аварийной площадки или платформы, с

последующим применением или самоподъемной плавучей установки (СППУ), или кранового судна с водолазной бригадой. Для скважин V группы, устья которых находятся под водой, с изогнутыми и поломанными стволами, имеющими утечки, ликвидационные работы производятся после герметизации мест утечек различными способами и закачки морской воды и цементного раствора в пласт для установки цементного моста. В дальнейшем срезается ствол скважины ниже поломанного или согнутого участка в пределах выше указанного интервала, а при нахождении согнутого участка на уровне дна моря очищается около скважинный участок земли до глубины ниже дна моря на $1,0 \div 1,5$ м, с применением кранового судна с водолазной бригадой. Для скважин IV группы, устья которых находятся под водой с изогнутым стволом, но без утечек, ликвидационные работы со срезом ствола также выполняются как в предыдущем варианте с применением кранового судна с водолазной бригадой. Остальные ликвидационные работы с установкой пакера-пробки в эксплуатационной колонне и наружного кондукторного пакера можно выполнять или с самоподъемной плавучей установки, или с кранового судна с водолазной бригадой. При этом последовательность выполнения ликвидационных работ будет отличаться в зависимости от конкретного применения СППУ или кранового судна.

Шестая глава посвящена внедрению разработанных технологий в промысловых условиях.

Разработанную технологию микробиологического воздействия планируется внедрить на опытном участке НГДУ им. А.Амирова на нагнетательной скважине №1309 действующей на горизонты VII-VIIa. От внедрения мероприятия ожидается дополнительно добыть 200 тонн нефти.

Разработанный способ вскрытия продуктивного пласта был внедрен на месторождении Пираллахи НГДУ «Абшероннефть» ПО «Азнефть» в декабре 2013 года. В качестве объекта испытания была выбрана вышедшая из бурения скважина №1097. Со времени пуска скважины в эксплуатацию она эксплуатируется без ремонтов, связанных с пескопроявлением, в то время как среднемесячный межремонтный период, связанный с пескопроявлением, по НГДУ «Абшероннефть» составляет 60 дней. В течение года сэкономлено 6 подземных ремонтов. Скважина № 1097 (рис. 4 и 5) эксплуатируется по настоящее время и дебит скважины составляет 4,1т/сут и 0,3т/сут нефти и воды соответственно.

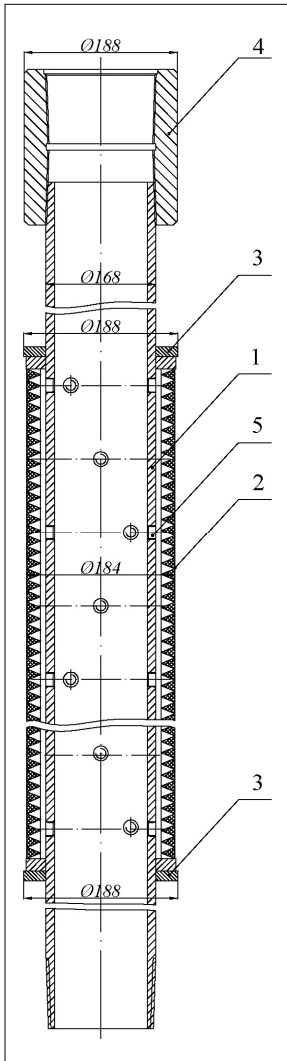


Рис. 4. Схема устройства для вскрытия продуктивного пласта
 1 - перфорированная труба, 2 - проволочный фильтрующий элемент, 3 - опорное кольцо, 4 - муфта, 5 - пробка

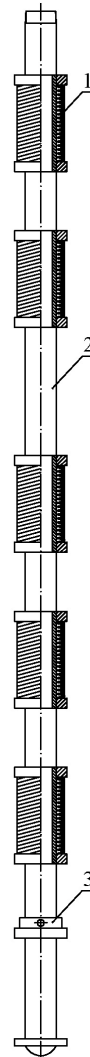


Рис. 5. Схема размещения секций устройства для вскрытия пласта в скважине № 1097
 1 - устройство для вскрытия пласта, 2 - обсадная колонна, 3 - циркуляционный клапан обратного действия (ЦКОД)

Разработанная усовершенствованная глубинно-насосная установка была успешно применена на скважинах №№ 620, 911, 912, 908, 294, 979, 924, 939, 178 НГДУ «Абшероннефть» и на скважинах №№ 2429, 3969, 3624, 346 НГДУ «Балаханынефть». В результате внедрения на каждой тонне добываемой продукции сэкономлено примерно 1кВт·час энергии.

Кроме того, после установки, утечек нефти в сальнике не наблюдалось, что предотвратило загрязнение окружающей среды и потери нефти. Общее количество сэкономленной энергии составило 17148кВт·час.

Разработанная усовершенствованная глубинно-насосная установка была успешно применена на скважинах №№ 620, 911, 912, 908, 294, 979, 924, 939, 178 НГДУ «Абшероннефть» и на скважинах №№ 2429, 3969, 3624, 346 НГДУ «Балаханынефть». В результате внедрения на каждой тонне добываемой продукции сэкономлено примерно 1кВт·час энергии. Кроме того, после установки, утечек нефти в сальнике не наблюдалось, что предотвратило загрязнение окружающей среды и потери нефти. Общее количество сэкономленной энергии составило 17148кВт·час

Разработанный ЭЦН новой конструкции был внедрен и прошел испытания на скважине 1733 НГДУ «Балаханы» (рис. 6).

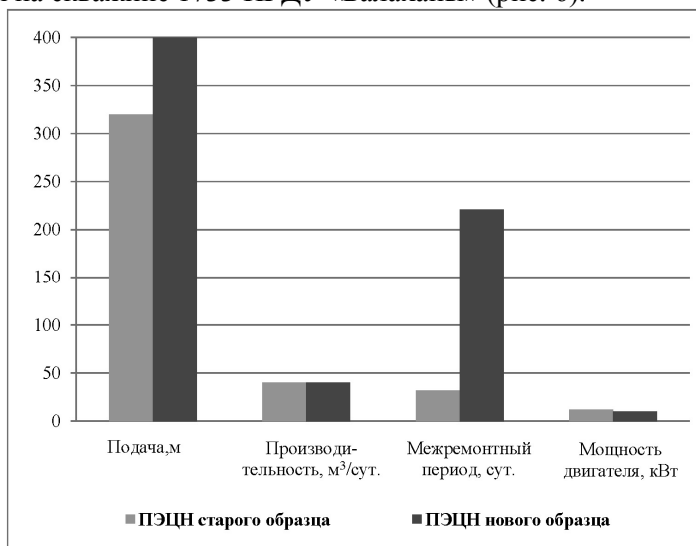


Рис. 6. Сравнение технических показателей ПЭЦН новой конструкции и ПЭЦН старого образца, эксплуатируемого на месторождении НГДУ «Балаханынефть»

Испытания показали, что ЭЦН новой конструкции, несмотря на наличие в добываемой продукции механических примесей до 5г/л проработал 221 день, что почти в 7 раз выше, чем насос старого образца (32 дня). После установки насоса новой конструкции дебит нефти увеличился почти на 40%. В период эксплуатации насоса сэкономлено 7 подземных ремонтов.

Разработанные новые струйные насосы были успешно применены на скважине № 995 в НГДУ «Абшероннефть». Испытания показали, что струйный насос новой конструкции соответствует своему назначению и может быть широко применен в промышленных условиях.

Разработанный комплекс оборудования для ликвидации скважин в осложненных условиях был внедрен при подводной ликвидации скважины № 797, на приэстакадной площадке НГДУ «Абшероннефть».

Разработанный комплекс оборудования для восстановления герметичности эксплуатационной колонны был внедрен на скважине № 1852 НГДУ им. А.Амирова. В результате внедрения разработанного комплекса была полностью восстановлена герметичность эксплуатационной колонны, межремонтный период составил 22мес. (\approx 660 дней). Дополнительная добыча составила 315 т нефти, было сэкономлено около 30 подземных ремонтов, что почти в 30 раз выше, чем до применения комплекса оборудования.

Разработанные ловильные и режущие инструменты новой конструкции были применены при ремонтно-восстановительные работы на скважинах №№ 121, 174 и 265 месторождения «Гюнешли» НГДУ «28 Мая» и из скважин дополнительно добыто около 22.1тыс. т нефти и 42,6млн. м³ газа.

Таким образом, в результате внедрения разработанных технологий дополнительно добыто более 23тыс. т нефти и 43млн.м³ газа, сэкономлено 43 подземных ремонта и 17148кВт·час энергии. На разработанные технологии имеются патенты. Акты о внедрении мероприятий прилагаются к диссертации.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Предложена методика постадийной структуризации и выделения границ стадий разработки нефтяного месторождения:

- показано, что распределение значений текущей добычи нефти на последовательных стадиях I-IV с достаточно высокой достоверностью аппроксимируется соответственно логнормальным, экспоненциальным, Парето и Вейбулла распределениями;

- разработана численная процедура расчета начальных извлекаемых запасов при существующей стратегии разработки месторождения и времени достижения максимального уровня текущей добычи нефти;

- с помощью адаптивного фильтра Калмана получены расчетные формулы для одношагового и многошагового прогноза добычи нефти на завершающей стадии разработки с оценкой ошибки прогноза и ее дисперсии.

2. Разработан метод анализа состояния разработки нефтяного месторождения на основе мультифрактального подхода. При этом показано:

- динамический анализ процесса добычи нефти с применением мультифрактального анализа дает более детальную картину переходов от порядка к хаосу. Таким образом на ранних этапах воздействия на пласт можно проверять эффективность того или иного метода воздействия на пласт и осуществлять его целенаправленную корректировку;

- предложен метод для определения фрактальной размерности фронта вытеснения нефти водой, по данным нормальной эксплуатации скважин;

- анализ разработки месторождения Гюнешли по методу мультифрактального флуктуационного анализа показал, что эксплуатация месторождения без учета динамики продвижения фронта вытеснения приводит к снижению добычи нефти и увеличению обводненности продукции.

3. Разработана новая методика выбора метода увеличения нефтеотдачи на основе геолого-физической информации по свойствам добываемой нефти и коллектора. Предложенные процедуры расчета сходятся достаточно быстро (не более 5-ти итераций) и могут быть применены для большего количества современных МУН. При этом вычисление коэффициентов применимости производится путем использования техники нечеткой логики, распределений возможностей и байесовских механизмов вывода.

4. Предложен метод прогнозирования добычи нефти при вторичном и третичном воздействии на залежь, с учетом интерференции скважин

В качестве исходных данных используются продуктивность скважин за период, предшествующий периоду предполагаемого воздействия, планируемые объемы закачки, координаты расположения скважин, как эксплуатационных, так и нагнетательных, физические характеристики пласта, закачиваемой и добываемой жидкости. В процессе расчета производится количественная оценка изменения пластового давления на выбранном участке, как с учетом изменения режима воздействия, так и без него. Далее рассчитывается соответствующий прирост добываемой жидкости, по каждой добывающей скважине.

5. Разработан нанофлюид для повышения нефтеотдачи пласта. При этом получено:

- наночастицы уменьшают поверхностное натяжение на 70-79% при концентрации 0,004-0,0078 масс% сульфанола, при концентрации более 0,0156 масс% эффект снижается и составляет 88-90%;

- добавка наночастиц в раствор ПАВ изменяет характер течения от ньютоновского к неньютоновскому (псевдопластичному). Минимальная ньютоновская вязкость водного раствора ПАВ при добавке наночастиц дважды превышает аналогичные значения вязкости раствора ПАВ без добавок наночастиц и составляет 2мПа·с;

- применение разработанной наносuspension позволяет значительно повысить эффективность вытеснения и фильтрации нефти. Коэффициент нефтедобычи при использовании нанофлюида как вытесняющего агента в 1,5 раза больше по сравнению с водным раствором ПАВ и 4.7 по сравнению с водой.

6. Разработаны новые микробиологические методы увеличения нефтеотдачи:

- закачка в обводненный пласт композиции, состоящей из активного ила и отхода Бакинского завода шампанских вин;

- применение в нефтяных пластах, содержащих высоковязкие нефти, 5%-го раствора керосино-щелочного отхода в дистиллированной воде;

- экспериментальные исследования показали высокую эффективность предложенных МУН.

7. Предложена усовершенствованная ШГНУ. Разработаны новые конструкции:

- струйного, линейного, многоступенчатого электроцентробежного насосов;
- погружного электродвигателя;
- комплекс оборудования для одновременно-раздельной эксплуатации пластов;

8. Разработан способ вскрытия пескопроявляющего продуктивного пласта. Опытно-промышленные испытания, проведенные на месторождении Пираллахы НГДУ «Абшероннефть» ПО «Азнефть» в декабре 2013 года на вышедшей из бурения скважине № 1097, показали, что применение разработанного способа позволяет предупредить разрушение призабойной зоны скважины, избежать деформации обсадных колонн и цементного камня, предотвратить вынос песка, повреждающего скважинное оборудование.

9. Разработаны и внедрены:

- комплекс оборудования для восстановления герметичности эксплуатационной колонны, ловильные и режущие инструменты новой конструкции, а также гелевые системы высокой прочности;
- комплекс оборудования для ликвидации скважин в осложненных условиях.

10. В результате внедрения разработанных технологий дополнительно добыто более 23тыс. т нефти и 43млн.м³ газа, сэкономлено 43 подземных ремонта и 17148кВт·час энергии. На разработанные технологии имеются патенты.

**Основное содержание и результаты диссертации
опубликованы в следующих работах:**

1. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А., Гусейнова Н.И. Анализ состояния разработки нефтяного месторождения на основе мультифрактального подхода. М., Нефтяное хозяйство, 2011, №2, с.92-96.

2. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Мирзалиев А.Н. Практическое применение ПЭЦН новой конструкции в агрессивных рабочих условиях. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы нефтегазового комплекса Казахстана», Актау, 23-25 февраля 2011, с. 102-105.

3. Suleimanov B.A., Ismailov F.S., Veliyev E.F. Nanofluid for enhanced oil recovery. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2011, vol.78, No.2, p.431-437.

4. Исмаилов Ф.С. Способ ликвидации морских нефтегазовых скважин. Материалы 15-ой юбилейной Международной Выставки и Конференции «Нефть и Газ Узбекистана», 18-19 мая 2011.

5. Suleimanov B.A., Ismailov F.S., Dyshin O.A., Guseinova N.I. Analysis of oil deposit exploration state on the base of multifractal approach. IV Congress of the Turkic World mathematical society, Book of abstracts, 1-3 July, 2011, p. 346.

6. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А. Определение фрактальной размерности фронта вытеснения нефти водой по данным нормальной эксплуатации скважин. Материалы VIII Международной научно-практической нефтегазовой конференции «Использование инновационных подходов для повышения эффективности бурения и ремонта скважин», Кисловодск, 10-14 октября 2011 г., с. 48.

7. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А., Гусейнова Н.И. Определение фрактальной размерности фронта вытеснения нефти водой на основе данных нормальной эксплуатации скважин. Нефтяное хозяйство, 2011, №12, с.111-115.

8. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А., Гусейнова Н.И. Фрактальный анализ фронта вытеснения нефти водой. SOCAR Proceedings, 2011, №4, с.36-43.

9. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А. Определение фрактальной размерности фронта вытеснения нефти водой. Материалы 4-ой Международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии», Алматы, КБТУ, 23-24 февраля 2012, с. 310-319.

10. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А. Моделирование жизненного цикла разработки нефтяного месторождения. Материалы 11-ой Северо-Каспийской Региональной Выставки «Атырау Нефть и Газ», 6-я Атырауская Региональная Нефтегазовая Технологическая Конференция, Атырау, Казахстан, 3-4 апреля 2012 г., с. 138-139.

11. Исмаилов Ф.С. Погружной электроцентробежный насос для работы в агрессивных скважинных условиях. Материалы международной Выставки и Конференции «Нефть и Газ Узбекистана», Ташкент, Узбекистан, 16-17 мая 2012 г.

12. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А., Гусейнова Н.И. Мультифрактальный анализ состояния разработки нефтяного месторождения. SOCAR Proceedings, 2012. №2, с.20-28.

13. Исмаилов Ф.С., Аббасов Э.М., Ибадов Г.Г. Оборудование для ликвидации скважин в море. Материалы II Международной Научно-Практической Конференции «Новые технологии в нефтегазодобыче», Баку, 06-07 сентября 2012 г., с. 111-112.

14. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Мирзалиев А.Н. Многоступенчатый центробежный электронасос. Евразийский патент № 016802, 2012.

15. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А., Велиев Э.Ф. О влиянии наночастиц на прочность полимерных гелей для проведения технологических операций в нефтяных скважинах. Материалы V Международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии», Алматы, КБТУ, 21-22 февраля 2013, с.338-345.

16. Исмаилов Ф.С., Гасымлы А.М. Увеличение нефтеотдачи пласта при использовании отходов нефтеперерабатывающего завода. SOCAR Proceedings, 2013, №1, с.43-46.

17. Исмаилов Ф.С., Гасымлы А.М., Абдуллаева Ф.Я., Абдуллаев М.Г., Кязымов Ф.К. Увеличение нефтевытеснения из обводненного пласта и уменьшение поступления воды путем применения микробиологического метода. Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие нефтегазового комплекса Казахстана», Актау, 25-26 апреля 2013, часть 2, с. 290-294.

18. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А. Статистическое моделирование жизненного цикла разработки нефтяного месторождения. Нефтепромысловое дело, 2013, №5, с.10-18.

19. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А., Велиев Э.Ф. О влиянии наночастиц на прочность полимерных гелей, применяемых в нефтяной добыче. SOCAR Proceedings, 2013, №2, с.24-28.

20. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Давудов Ю.Г., Велиев А.М. Магнитный фрезер. Получено решение о выдаче патента Азербайджанской Республики на изобретение. Регистрационный № а 2013 0117, дата приоритета 13.11.2013г. Опубликовано в Официальном Бюллетене Промышленной Собственности № 1, 2017.

21. Исмаилов Ф.С., Гасымлы А.М., Абдуллаева Ф.Я., Рзаева С.Д. Извлечение остаточной нефти из обводненного пласта новым микробиологическим методом. SOCAR Proceedings, 2013, №4, с.57-60.

22. Suleimanov B.A., Ismailov F.S., Dyshin O.A., Keldibayeva S.S. Statistical modeling of life cycle of oil reservoir development. Journal of the Japan Petroleum Institute, 2014, vol.57, №1, p.47-57.

23. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Велиев Э.Ф. О влиянии наночастиц металла на прочность полимерных гелей на основе КМЦ, применяемых при добыче нефти. Нефтяное хозяйство, 2014, №1, с.86-88.

24. İsmayılov F.S., Qurbanov M.M., Qafarov N.Ə. Kompozit materiallarla dalma elektrik nasos mühərrikləri gövdələrinin korroziyadan mühafizə texnologiyası. Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2014, №3, s.38-42.

25. Исмаилов Ф.С., Гасымлы А.М., Абдуллаева Ф.Я., Рзаева С.Д. Некоторые результаты внедрения микробиологического метода на месторождениях суши Азербайджана. Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2014, № 7-8, с. 28-31.

26. İsmayılov F.S., Davudov Y.Q., Hacıyev N.M. Neft hasilatının artırılması üçün fəaliyyətsiz quyularda yan lülələrin qazılması. Azərbaycan neft təsərrüfatı, 2014, №10, s.13-20.

27. Исмаилов Ф.С., Мамедов А.А., Давудов Ю.Г., Азимов Ф.Т. Новый подход к восстановлению герметичности эксплуатационных колонн. SOCAR Proceedings, 2014, №3, с.37-42.

28. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А., Мамедбейли Т.Э. Новый подход к выбору МУН на основе скрининг-критериев. Материалы XI Международной научно-практической нефтегазовой конференции «Проблемы добычи и реализации газа, газового конденсата, нефти», Кисловодск, 27-31 октября 2014 г., с. 30-31.

29. Исмаилов Ф.С., Бабаев Р.Д., Искендеров Д.А., Гусейнов Ш.Ш. Опыт-промышленное внедрение комплексного способа вскрытия продуктивного пласта в осложненных условиях. SOCAR Proceedings, 2014, №4, с.29-34.

30. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Мирзалиев А.Н. Погружной электродвигатель. Евразийский патент № 020195, 2014.
31. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А., Мамедбейли Т.Э. Новый подход к выбору методов увеличения нефтеотдачи на основе нечеткой логики и байесовских механизмов вывода. Территория Нефтегаз, 2015, №2, с.14-21.
32. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Гусейнова Н.И. Прогнозирование добычи нефти при вторичном и третичном воздействии на залежь, с учетом интерференции скважин. Нефтепромысловое дело, 2015, №2, с.19-22.
33. Ismayilov F.S., Davudov Y.G., Hajiyev N.M. Sidetrack drilling in inactive wells to enhance oil recovery. Azerbaijan oil industry, 2015, №2, p.21-27.
34. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Абдуллаева Ф.Я. и др. Способ вытеснения нефти из обводненного пласта. Патент Азербайджанской Республики № I 2015 0067.
35. Исмаилов Ф.С., Ибрагимов Х.М., Абдуллаева Ф.Я. Оценка результатов использования биотехнологий на основе опыта воздействия на пласты месторождения «Бибиэйбат». SOCAR Proceedings, 2015, №2, с.43-46.
36. Suleimanov B.A., Ismailov F.S., Dyshin O.A., Keldibayeva S.S. Statistical modeling of oil reservoir life cycle. SPE-177337-MS. SPE Annual Caspian Technical Conference & Exhibition, 4-6 November 2015, Baku, Azerbaijan.
37. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А., Келдибаева С.С. Статистическое моделирование жизненного цикла разработки нефтяного месторождения. SPE-177337-RU. SPE Annual Caspian Technical Conference & Exhibition, 4-6 November 2015, Baku, Azerbaijan.
38. Suleimanov B.A., Ismailov F.S., Dyshin O.A., Veliyev E.F. Selection methodology for screening evaluation of EOR methods. Petroleum Science and Technology, 2016, Vol.34, Issue 10, Pp. 961-970.
39. Suleimanov B.A., Ismailov F.S., Dyshin O.A., Veliyev E.F. Screening evaluation of EOR methods based on fuzzy logic and bayesian inference mechanisms. SPE-182044-MS. SPE Russian Petroleum Technology Conference and Exhibition, 24-26 October 2016, Moscow, Russia.
40. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Дышин О.А., Велиев Э.Ф. Скрининговый подход к выбору МУН на основе нечеткой логики и байесовских механизмов вывода. SPE-182044-RU. SPE Russian

Petroleum Technology Conference and Exhibition, 24-26 October 2016, Moscow, Russia.

41. Исмаилов Ф.С., Сулейманов Б.А., Мамедов А.А. и др. Способ ремонта в скважине с дефектным участком и внутренним сужением обсадной колонны и устройство для его осуществления. Евразийский патент № 027301, 2017.

42. Сулейманов Б.А., Исмаилов Ф.С., Мамедов А.А. и др. Кольцевой фрезер. Евразийский патент № 027330, 2017.

43. Исмаилов Ф.С., Сулейманов Б.А., Ибадов Г.Г. и др. Способ вскрытия продуктивного пласта. Евразийский патент № 026292, 2017.

Личный вклад соискателя:

Работы [4,11] выполнены самостоятельно, в работах [13, 14, 16, 18-19, 22, 24-28, 35-37] постановка задачи, участие в проведении исследований и обобщении результатов, в работах [1-3, 5-10, 12, 15, 17, 20, 21, 23, 29-34, 38-43] участие в постановке задачи, проведение исследований и обобщение результатов.

İSMAYILOV FƏXRƏDDİN SƏTTAR OĞLU

İSTİSMARIN SON MƏRHƏLƏSİNDƏ OLAN YATAQLARDA QUYULARIN YERALTI TƏMİRİ VƏ MƏHSULDARLIĞININ ARTIRILMASININ YENİ ÜSULLARININ İŞLƏNMƏSİNİN ELMİİ VƏ TƏCRÜBİ ƏSASLARI

XÜLASƏ

Neft-qaz yataqlarının işlənməsinin səmərəli layihələndirilməsi qərarların qəbul edilməsi proseduruna kompleks yanaşma və mürəkkəb qeyri-müəyyən sistemlərin tədqiqinə müasir üsullardan istifadə əsasında mümkündür. Bu səbəbdən işlənən yataqlardan neftin daha tam şəkildə çıxarılması üsullarının araşdırılması məsələsi diqqəti cəlb edir. Neft hasilatının intensivləşdirilməsinin yeni üsullarının işlənməsi yataqların istismarının səmərəliliyini əhəmiyyətli şəkildə yüksəltməyə imkan verir. Beləliklə, istismarın son mərhələsində olan yataqlarda quyuların təmirinin və məhsuldarlığının artırılmasının yeni həlli üsullarının işlənməsi olduqca aktual məsələdir.

Dissertasiya işində neft yatağının işlənməsinin mərhələli strukturlaşması və mərhələlərin sərhədlərinin ayrılması metodikası, multifraktal yanaşma əsasında neft yatağının işlənmə vəziyyətinin təhlili üsulu, quyunun normal istismar məlumatlarının əsasında neftin su ilə sıxışdırılması səthinin fraktal ölçüsünün müəyyənləşdirilməsi üsulu, qeyri-səlis məntiq və bayesin qərarların çıxarılması mexanizmi əsasında neftveriminin artırılması üsullarının seçiminə yeni yanaşma, quyuların interferensiyası nəzərə alınmaqla laya ikinci və üçüncü təsirlə neft hasilatının proqnozlaşdırılması üsulu təklif olunur.

Şırnaqlı, xətti, çoxpilləli elektrik mərkəzdənqaçma nasoslarının, dalma elektrik mühərrikinin yeni konstruksiyaları, layların eyni vaxtda ayrı-ayrılıqda istismarı üçün avadanlıq dəsti, təkmilləşdirilmiş ştanqlı dərinlik nasos qurğusu, qum təzahürlü məhsuldar layın açılmasının yeni üsulu, istismar kəmərinin hermetikliyinin bərpası üçün avadanlıq dəsti, yeni konstruksiyalı tutucu və kəsici alətləri, yüksək dayanıqlı gel sistemləri, mürəkkəbləşmiş şəraitlərdə quyuların ləğvi üçün avadanlıq dəsti işlənmişdir.

Dissertasiya işində əldə edilən nəticələr neft sənayesində öz tətbiqini tapmışdır. İşlənmiş məhsuldar layın açılması üsulu “Abşeronneft” NQÇİ-nin 1097saylı quyusunda 2013-cü ilin dekabr ayında tətbiq edilmişdir. Quyu istismara buraxıldığından hazırkı vaxtadək təmirsiz istismar edilir, baxmayaraq ki, qum təzahürü ilə əlaqədar NQÇİ-də orta aylıq təmirlərarası

dövr 60 gün təşki edir. İşlənmiş təkmilləşdirilmiş dərinlik nasos qurğusu “Abşeronneft” NQÇİ-nin 9, “Balaxanıneft” NQÇİ-nin isə 4 quyusunda tətbiq edilib. Qənaət edilmiş enerjinin ümumi miqdarı 1714kVt·saat təşkil edir. İşlənmiş elektrik mərkəzdənqaçma nasosunun yeni konstruksiyası “Balaxanıneft” NQÇİ-nin 1733 sayılı quyusunda tətbiq edilmiş və sınaqdan keçirilmişdir. Sınaqlar göstərmişdir ki, hasil olunan məhsulun tərkibində 5 q/l qədər mexaniki qarışıqların olmasına baxmayaraq yeni konstruksiyalı elektrik mərkəzdənqaçma nasosu 221 gün işləmişdir ki, bu da əvvəlki nasos nümunəsi ilə müqayisədə 7 dəfə yüksəkdir. İşlənmiş şırnaqlı nasos “Abşeronneft” NQÇİ-nin 995 sayılı quyusunda müvəffəqiyyətlə tətbiq olunmuşdur. Mürəkkəbləşmiş şəraitlərdə quyuların ləğvi üçün işlənmiş avadanlıqlar dəsti “Abşeronneft” NQÇİ-nin estakadayanı meydançasında 797 sayılı quyunun sualtı ləğvi zaman tətbiq edilmişdir. İstismar kəmərinin hermetikliyinin bərpası üçün işlənmiş avadanlıqlar dəsti Ə.Əmirov adına NQÇİ-nin 1852 sayılı quyusunda tətbiq edilmişdir. İşlənmiş dəstin tətbiqinin nəticəsində istismar kəmərinin hermetikliyi tam surətdə bərpa edilmişdir, təmirlərəarası dövr isə 660 gün təşkil etmişdir. Əlavə hasilat 315 t neft təşkil etmişdir, 30-a yaxın yeraltı təmirə qənaət edilmişdir. Yeni konstruksiyalı tutucu və kəsici alətləri “28 May” NQÇİ-nin “Günəşli” yatağında 121,174 və 265 sayılı quyuların təmir-bərpa işlərində tətbiq edilmiş və quyulardan əlavə 22.1min tona yaxın neft və 42,6 mln.m³ qaz hasil edilmişdir.

ISMAYILOV FAKHRADDIN SATTAR

SCIENTIFIC AND PRACTICAL BACKGROUND FOR THE DEVELOPMENT OF EOR AND WELL WORKOVER NEW METHODS IN THE FIELDS AT LATE OPERATION STAGE

ABSTRACT

Efficient oil and gas reservoir engineering is feasible on the basis of an integrated approach to decision-making procedure and thereto utilization of state-of-the-art research methods for complicated uncertain systems. Therefore, under the circumstances, more and more attention is drawn to the problem of enhanced oil recovery methods. Development of new stimulation methods of oil production enables to raise significantly field exploitation effectiveness. Therefore, the development of new decision-making methods, increase in efficiency and well workover in the fields at late operational stage is a very urgent task.

The paper proposes technique of stepwise structuring and boundary detection for oil-field research stage, analysis method of operative conditions for oil field development based on multifractal approach, determination of fractal dimension of water-oil displacement front based on normal operation of wells, a new approach to the EOR method selection based on fuzzy logic and Bayesian inference mechanism, crude production forecast method during the secondary and tertiary formation stimulation, with regard to the well interference.

New designs of the linear multistaged electric-centrifugal jet-pumps, submersible electric motor, equipment system for dual completion recovery, improved rod pump; a new method of productive sand formation perforation; equipment system for restoration of production string sealing, advanced fishing and cutting tools; high strength gel systems; complex equipment for abandonment in the complicated conditions have been developed.

The obtained results were used in the oil industry. The developed drilling-in method was implemented at well №1097, OGPU "Absheronneft" in December, 2013. Since bringing the well into production up to date it has been operated without workover related to sand control, while the monthly average overhaul period for OGPU makes 60 days. The advanced deep-well pumping unit has been successfully applied at 9 wells of OGPU "Absheronneft" and at 4 wells of OGPU "Balakhanineft". The total amount of energy savings made 1714 kW·hr. An advanced electrically driven centrifugal pump was introduced and passed the test at well №1733,

OGPU "Balakhanineft". Tests have shown that the advanced electrically driven centrifugal pump, despite up to 5g/l of mechanical impurities in crude production, operated for 221 days, which is almost 7 times more than the old-pattern pump (32 days). The designed jet pump has been successfully applied in well №995, OGPU "Absheronneft". The developed machine complex for the well abandonment under the complicated conditions was implemented when subsea well № 797 abandonment, at the pier platform, OGPU "Absheronneft". The developed set of equipment for restoration of production string sealing was implemented in well №1852, OGPU named after A.Amirov. As a result, production string sealing has been completely restored, overhaul period made 660 days. Incremental ultimate recovery made up to 315 tons of oil; about 30 workovers were saved. The advanced fishing and cutting tools were used for repair-and-renewal operations on wells №№ 121, 174 and 265, field "Guneshli", OGPU "May 28" and incremental ultimate recovery from wells run up to 22.1th. tons of oil and 42,6 million cubic meters of gas.

AZƏRBAYCAN DÖVLƏT NEFT VƏ SƏNAYE
UNİVERSİTETİ

Əlyazması hüququnda

İSMAYILOV FƏXRƏDDİN SƏTTAR OĞLU

**İSTİSMARIN SON MƏRHƏLƏSİNDƏ OLAN
YATAQLARDA QUYULARIN YERALTI TƏMİRİ VƏ
MƏHSULDARLIĞININ ARTIRILMASININ YENİ
ÜSULLARININ İŞLƏNMƏSİNİN ELMİ VƏ TƏCRÜBİ
ƏSASLARI**

İxtisas: 2525.01 – Neft və qaz yataqlarının işlənməsi və
istismarı

Texnika elmləri doktoru alimlik dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı - 2018