

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

На правах рукописи

КИРДОДА ИГОРЬ ИВАНОВИЧ

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ
ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЕЙ**

2525.01 – «Разработка и эксплуатация нефтяных и
газовых месторождений»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по техническим наукам

БАКУ – 2016

Работа выполнена в Азербайджанском Государственном
Университете Нефти и Промышленности.

Научный руководитель: член-корреспондент НАНА,
доктор технических наук,
профессор **Салаватов Т.Ш.**

Официальные оппоненты: член-корреспондент НАНА,
доктор технических наук,
профессор **Джалалов Г.И.**

доктор технических наук
Гасымлы А.М.

Ведущее предприятие: Отдел «Механики жидкости и газа»
Института Математики и Механики
НАН Азербайджана

Защита состоится 30 ноября 2016 г. в 14³⁰ часов на заседании
Диссертационного Совета Д.01.081 при Институте Геологии и Геофизи-
ки НАН Азербайджана.

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

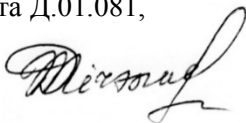
Факс: (+99412) 537 22 85

Электронная почта: gja@azdata.net

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

Автореферат разослан 28 октября 2016 г.

Ученый секретарь
Диссертационного Совета Д.01.081,
доктор философии по
техническим наукам,



Д.Р.Мирзоева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Современный этап разработки нефтяных месторождений характеризуется существенным ростом трудноизвлекаемых флюидов с высокой долей тяжелых и высоковязких нефтей в общем балансе добываемых углеводородов. По своим объемам такие нефти намного превышают запасы традиционных легких и маловязких нефтей, оставаясь существенным перспективным источником прироста добычи на ближайшие годы.

Высокие показатели вязкости нефти ведут к ухудшению условий ее добычи. Наряду с этим истощение пластовой энергии разрабатываемых месторождений углеводородов на поздней стадии разработки является одной из основных причин перехода на механизированный способ добычи нефти. Механизированная добыча штанговыми насосными установками сопровождается повышением сил трения, что снижает минимальную и увеличивает максимальную нагрузку и напряжений в теле штанг, и как следствие – наблюдается рост числа аварий и энергозатрат на извлечение пластовой жидкости. Высокая вязкость нефти также существенно снижает рабочие характеристики насоса - при повышении обводненности продукции и максимальных вязкостных характеристиках эмульсии отмечается снижение коэффициента подачи в сравнении с добычей безводной нефти. Нефтяная эмульсия как сложная с термодинамической точки зрения смесь принадлежит к неустойчивым системам, которые стремятся достигнуть состояния равновесия.

Проблемам повышения эффективности добычи высоковязких нефтей посвящены труды многих отечественных и зарубежных авторов - Абасова М.Т., Аббасова З.Я., Аметова И.М., Антониади Д.Г., Баренбалатт Г.И., Боксермана А.А., Валеева М.Д., Грачева С.И., Горбунова А.Т., Гулиева А.М., Джалалова Г.И., Желтова Ю.В., Закирова С.Н., Кудинова В.И., Мартоса В.Н., Мирзаджанзаде А.Х., Салаватова Т.Ш., Саттарова Р.М., Сургучева М.Л., Жданова С.А., Телкова А.П., Уразакова К.Р., Babadagli T., Clark P.D., Dusseault M.B., Hurst W., van Everdingen A.F., Winniford R.S.

Наличие многокомпонентного потока в лифтовых трубах накладывает особые требования к проектированию режимов механизированной добычи нефти, что связано с необходимостью достоверного диагностирования реофизических характеристик водогазонефтяных эмульсий. Определение этих параметров осложняется наличием фак-

торов, влияющих на характер течения, изменяющегося по мере движения пластовой жидкости в призабойной зоне и ее подъема к устью скважины. Выявление структурных форм взаимно нерастворимых жидкостей является необходимым гидродинамическим условием выбора режимных параметров глубинонасосной добычи нефти.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности эксплуатации скважин в осложненных условиях за счет максимального использования энергии пласта при добыче высоковязких нефтей и разработки оптимальных режимных параметров насосной эксплуатации.

На основании вышеизложенного были определены **основные задачи** исследования:

1. Анализ работы скважин, оборудованных штанговыми установками в условиях добычи многокомпонентных и многофазных пластовых флюидов.

2. Обзор и анализ методов повышения эффективности технологических процессов нефтедобычи в условиях извлечения высоковязких нефтей.

3. Теоретические и экспериментальные исследования по разработке методики диагностирования течения эмульсионных систем с учётом различной степени обводненности скважинной продукции.

4. Исследование и разработка метода диагностирования работы глубинонасосного оборудования по данным наземного динамометрирования для оптимизации работы наземного оборудования.

5. Исследование влияния «скин-фактора» и предельного напряжения сдвига в призабойной зоне на статический уровень жидкости в стволе скважины.

6. Опытнo-промышленные испытания результатов теоретических разработок и проектно-конструкторских решений.

Методы исследования. Решение поставленных задач осуществлялось на основе комплексных методов исследований технологических процессов добычи высоковязких многокомпонентных углеводородов. Проведен аналитический обзор и анализ современного состояния исследований по методам повышения эффективности технологических процессов нефтегазодобычи в осложненных условиях.

Применительно к решению задач моделирования, диагностирования и прогнозирования технологических показателей нефтегазодобычи применялись современные вероятностно-статистические и ма-

тематические методы, что подтверждалось обобщением, оценкой и обработкой опытно-экспериментальных и промысловых данных.

Научные результаты, выносимые на защиту. На защиту выносятся следующие положения и результаты:

1. Методика диагностирования эффективного функционирования глубинонасосного оборудования на основе определения геометрических особенностей динамограммы с оценкой группы риска при работе глубинного штангового насоса для выявления нарушений в работе в соответствующих группах, характерных для скважины.

2. Гидродинамические характеристики эмульсионного потока в лифтовых трубах при течении эмульсионных систем с учётом различной степени обводненности продукции скважин.

3. Методика определения «скин-фактора» и учета его при выборе методов и технологий воздействия на призабойную зону скважин.

Научная новизна.

1. Впервые показана возможность темпорального подхода к оценке диагностической информации с учетом текущих отборов скважины и назначения оптимальных режимов работы эксплуатационных скважин.

2. Разработана методика, позволяющая определять отклонения в режиме работы добывающих скважин и динамических особенностей состояния системы «пласт-скважина-насос» по признаку девиантности основных технологических показателей.

3. Предложена экспресс-методика диагностирования и контроля за состоянием подземного оборудования – глубинного насоса на основе использования данных динамографа и характера работы отдельных узлов насоса.

4. Разработана гидродинамическая модель лифтирования эмульсионных систем с учётом различной степени обводненности высоковязкой продукции скважин.

5. Предложена методика, позволяющая учесть влияние «скин-фактора» и предельного напряжения сдвига на статический уровень жидкости в скважине.

Практическая значимость.

На основе результатов экспериментальных исследований получены уравнения для определения скорости и расхода эмульгированной высоковязкой нефти в скважинах, эксплуатируемых штанговыми глубинными насосами.

Разработана методика анализа динамограмм исследуемых скважин и предложен обобщенный коэффициент для оперативного диагностирования технического состояния глубинонасосного оборудования. Методика позволяет осуществить заблаговременное изменение режимных параметров скважин до проявления неисправностей.

Предложен способ импульсного баровоздействия, обеспечивающий увеличение производительности скважины при значительном сокращении затрат, связанных с проведением процесса воздействия. Промысловые операции, реализованные на скважинах 260046, 247285, 252218 нефтяной компании «Binagadi Oil Company» позволил обеспечить прирост дебита нефти в среднем на 30%. Применение методики оперативного анализа динамограмм при глубинонасосном способе эксплуатации выразилось в финансовой экономии в размере \$ 49,800 при работе подземных насосов, связанного с увеличением времени наработки оборудования.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы представлены на международной молодежной конференции «СЕВЕР-ГЕОЭКОТЕХ – 2012» в Ухтинском государственном техническом университете 15-16 ноября 2012 года; международной научно-технической конференции «Инновационное развитие нефтегазового комплекса Казахстана», Казахстан, г. Актау, 25-26 апреля, 2013; международной научной конференции, посвященной 85-летию академика Азада Мирзаджанзаде «Неньютоновские системы в нефтегазовой отрасли», Баку, 21-22 ноября 2013; научно-технической конференции «Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов» в Ухтинском государственном техническом университете, 13-14 ноября 2014 года.

Публикации. Основное содержание работы изложено в 15 научных статьях, опубликованных в ведущих рецензируемых научных журналах.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, основных выводов и списка литературы, включающего 153 наименований; изложена на 152 страницах машинописного текста, содержит 21 рисунков, 9 таблиц и 2 приложения.

Работа выполнена в Азербайджанском Государственном Университете Нефти и Промышленности.

Автор выражает глубокую признательность научному руководителю члену-корреспонденту НАН Азербайджана, д.т.н., профессору

Т.Ш. Салаватову за постановку исследовательской задачи, ценные советы и обсуждение полученных результатов.

Первая глава диссертационной работы посвящена исследованию реофизических аспектов интенсификации добычи высоковязких нефтей в скважинах, эксплуатируемых глубинонасосными установками. В ней описаны основные причины ухудшения условий фильтрации высоковязких нефтей в призабойной зоне скважин и в процессе их лифтирования на поверхность.

Последние несколько десятилетий нефтедобывающая отрасль вовлечена в исследования и разработку широкого спектра способов, технических средств и промышленных технологий повышения нефтеотдачи, основным предназначением которых является вовлечение в разработку трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Традиционные методы нефтеизвлечения оставляют в пласте более половины балансовых запасов. Более того, ежегодно значительное количество запасов нефти переходит частью в неизвлекаемое, либо же почти неизвлекаемое состояние при доступных технических и технологических средствах.

Нефтяная индустрия вынужденно сконцентрировала усилия на разработке трудноизвлекаемых запасов, из которых тяжелые нефти и природные битумы являются наиболее приемлемыми для удовлетворения краткосрочных и долгосрочных потребностей (рис. 1).

Сложные реофизические характеристики нетрадиционных (высоковязких) нефтей приводят к большим энергозатратам не только при их добыче, но и в процессе транспортировки, что ведет к удорожанию их стоимости. При выборе способов лифтирования высоковязкой нефти предпочтение отдается штанговому глубинонасосному оборудованию, которое обладает достаточно высокой надежностью и эффективностью. Таким способом является подъем пластовой жидкости при помощи насосов – один из самых распространенных методов механизированной добычи нефти на большинстве месторождений углеводородов. На эффективность работы глубинных насосов определенно влияет рост значения обводненности высоковязкой нефти. Следствием обводнения эксплуатируемой залежи служат осложнения, связанные с формированием стойких водонефтяных эмульсий, являющихся причиной повышенной вязкости добываемой продукции. При показателях обводненности в диапазоне 40-50% наблюдаются наибольшее число осложнений, обусловленных высокими значениями сил вязкого трения.

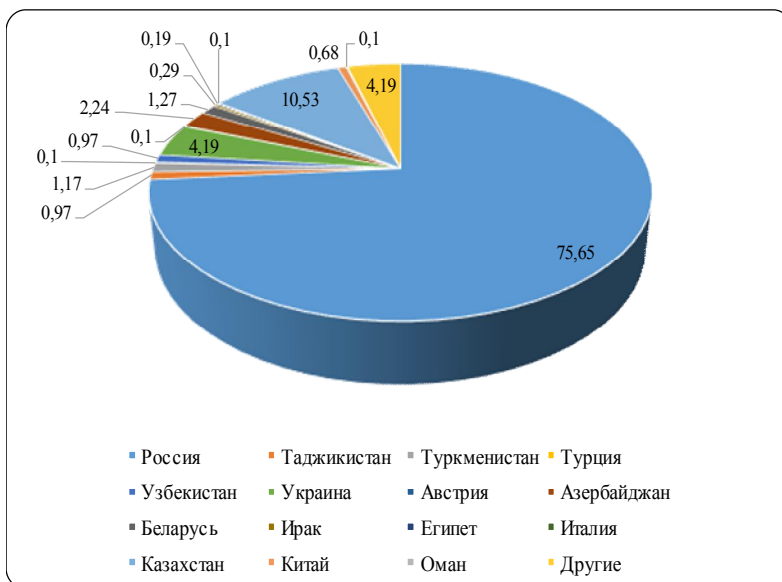


Рис. 1. Диаграмма распределения залежей высоковязких нефтей по основным нефтедобывающим странам (доля в общемировых запасах)

Образование в скважинах водонефтяных эмульсий обратного типа с повышенной вязкостью и структурной устойчивостью приводит к целому ряду осложнений в процессе их эксплуатации. К таким осложнениям относятся: снижение показателя межремонтного периода (МРП) скважин из-за обрывов насосных штанг как следствия повышения сил трения при эксплуатации насосов, нарушений в электрических компонентах электродвигателей из-за возникающих перегрузок электроцентробежных; межремонтный период работы скважин снижается в разы, причем наиболее существенное снижение имеет место в пределах значений обводненности 0,45-0,75; снижение к.п.д. насосных установок из-за низкого коэффициента заполнения насоса и повышенных нагрузок на колонну штанг, а также увеличенных гидравлических сопротивлений в насосах; возрастание давления нагнетания жидкости в поршневых насосах.

Показано, что при значениях обводненности до 0,56 в рабочих элементах насоса происходит переход структуры потока «нефть в воде» в структуру «вода в нефти». Учитывая то, что высокая вязкость нефти,

а, следовательно, и водонефтяных эмульсий отрицательно воздействует на работу оборудования независимо от способа эксплуатации скважин, неточность определения величины вязкости водонефтяных эмульсий в насосно-компрессорных трубах является одной из причин низкой работоспособности установок штанговых глубинных насосов в скважинах, продуцирующих высоковязкими нефтями. Вязкость обводненного флюида, отбираемого на поверхности μ_y коррелирует со средним показателем μ_z в трубах следующим соотношением $\mu_z \approx 0,7\mu_y$. соотноше-

ние дает возможность осуществить прогноз динамической нагрузки на подземную насосную установку путем измерения вязкости продукции на устье и определить ее изменение по глубине труб.

В главе приведены результаты исследований качественных и количественных показателей изменения нагрузок в скважинах, оборудованных штанговыми глубинными насосами и извлекающими обводненную продукцию на залежи с высоковязкими нефтями. Эксплуатация штанговых глубинных насосов при продуцировании нефтью с высокой вязкостью меняет соотношение статических и динамических сил, действующих на штанги. Нагрузки $P_{шт}$ и $P_{ж}$ с ростом значений вязкости скважинного флюида не меняются по значению, динамические нагрузки же испытывают изменения в качественном и количественном отношении. При исследовании влияния обводненности нефти на эксплуатационные характеристики гидропоршневых насосов показано, что стойкие тонкодисперсные эмульсии образуются в результате циркуляции водонефтяной смеси по системе «скважина – блок подготовки рабочей жидкости – скважина».

Во второй главе диссертационной работы представлены результаты исследований и разработки диагностических методов оптимизации лифтирования жидкости в процессе механизированной добычи высоковязких нефтей. Как показали исследования, проведенные в первой главе диссертационной работы, методы и подходы, применяемые при разработке залежей традиционных нефтей, не могут непосредственно внедряться на залежах высоковязких, многокомпонентных нефтей. Применение традиционных технологий при добыче высоковязких нефтей и природных битумов приводит к низкому углеводородоизвлечению и потере ценных сопутствующих компонентов, что ощутимо снижает рентабельность разработки залежей. В исследованиях предпринята попытка разработки научно-обоснованного подхода

к эксплуатации залежей высоковязких нефтей, регулированию процессов, имеющих место в призабойной зоны скважины и подъемных трубах, который бы учитывал их специфику.

В работе применялся темпоральный подход при проведении плей-анализа процесса эксплуатации скважинной штанговой насосной установки. Современные тенденции в методах изучения технологических процессов и результаты проведенных исследований наглядно продемонстрировали актуальность и необходимость применения синергетических методов анализа природных процессов, основанных на элементах плей-анализа с привлечением изучения темпоральности технологических процессов различной природы. Принципы синергетических методов позволяют выделить и диагностировать отклонение динамики процессов от известных законов развития. В ходе проведенных исследований разработаны динамическая математическая модель системы «скважина-насосная установка», а также способ оценки текущего дебита нефтяной скважины, структура и алгоритм работы системы управления скважинной штанговой насосной установкой на основе плей-анализа и темпорального подхода к оценке диагностической информации с учетом текущих отборов. Применение плей-анализа для выбора технологически-рационального режима эксплуатации приведено на примере скважины № 912 месторождения Кюровадаг (Азербайджан). Использование плей-анализа с привлечением принципов темпорального подхода позволило сделать следующие выводы: 1) на дебит нефти оказывает влияние изменение длины хода плунжера s , увеличение которого приводит к росту дебита нефти; 2) эффекты изменения числа качаний n и эффект взаимодействия показателей s и n оказываются незначимыми. Предложенный в работе качественный уровень анализа технологических показателей, мониторинга, диагностирования, описания процесса эксплуатации системы «пласт-скважина-насос», контроля и регулирования ее управлением, что предопределяет целесообразность и перспективность предложенного подхода к анализу текущей информации процесса добычи нефти с целью принятия рациональных приемов регулирования процессов отбора пластовых флюидов.

По результатам проведенных во второй главе исследований предложена экспресс-методика диагностирования и контроля за состоянием подземного оборудования глубинного насоса на основе использования данных динамографа и характера работы отдельных узлов насоса. Про-

мысловые исследования показали, что на примере простейшей динамограммы устанавливают связь между формой динамограммы и работой насоса в условиях скважины. При этом существенный интерес представляет расшифровка динамограмм малодебитных скважин, продуцирующих высоковязкую нефть. Принимая за основу площадь теоретической динамограммы и разделив рассчитанную площадь динамограмм на значение теоретической площади, обеспечивается качественная и количественная информация о состоянии насоса.

При интерпретации показаний динамограммы с целью определения реальной площади, ограниченной кривой, применялся программный комплекс AutoCad. Здесь, при наличии целостности кривой, касательная, пересекаясь с её крайними границами, размещена внутри параллелограмма. Примененная в работе методика дает возможность группировать данные числовые значения в отдельные группы с небольшим диапазоном изменения. Такая методика распознавания неполадок в работе глубинного насоса позволяет оперативно распознавать дефекты в работе насоса, определять группу риска при работе насоса и выявлять неполадки в соответствующих группах, характерных для данной скважины. С помощью предложенного в работе подхода можно регулировать и устранять возникаемые неполадки, не используя аналитические выражения.

Процесс интенсификации добычи на скважинах нефтегазовых месторождений сопровождается прорывом законтурных и подошвенных пластовых вод к забою скважины. Вследствие наличия в пластовых водах поверхностно-активных веществ и с ростом обводненности продукции скважин наблюдается образование водонефтяных эмульсий в пластовых условиях. Высокие значения обводненности на большинстве разрабатываемых месторождений является причиной изменения характера течения флюидов. В продуктивном пласте, газлифтном подъемнике и в трубопроводе движется реологически сложная газожидкостная смесь - водогазоэмульсионная система.

Для исследования процесса лифтирования водонефтяных эмульсий в нефтяном подъемнике была спроектирована и изготовлена лабораторная установка, состоящая из насосов, ёмкостей, линейной части трубопровода, запорной установки и измерительной аппаратуры. Результаты стендовых экспериментов легли в основу модели для эмульсионных систем с учётом различной степени обводненности продукции скважин. Спроектированная с учетом критериев подобия и анали-

за размерностей установка позволила оценить следующие гидродинамические характеристики эмульсионного потока в трубах: замер гидравлических сопротивлений; распределение концентрации и вязкости эмульсии; измерение дисперсности эмульсии.

На основе результатов проведенных исследований получены уравнения для определения скорости и расхода системы, которые в частном случае преобразуются в уравнения Стокса и Пуазейля.

Во второй главе приведены результаты исследования зависимости касательного напряжения сдвига при течении водоземulsionных систем от степени обводненности добываемой продукции. Это позволило предложить на основе модели вязкопластичной жидкости методику расчёта реологических параметров эмульсионных систем в трубах, описываемую следующей зависимостью:

$$\frac{\tau - c}{\beta} = \eta \frac{dv}{dr} + \tau_0$$

При этом сопоставление фактических промысловых материалов с расчётными показало хорошую сходимость данных параметров (рис. 2). Расчетная методика даёт возможность в основном определить скорость, расход и потери давления на трение.

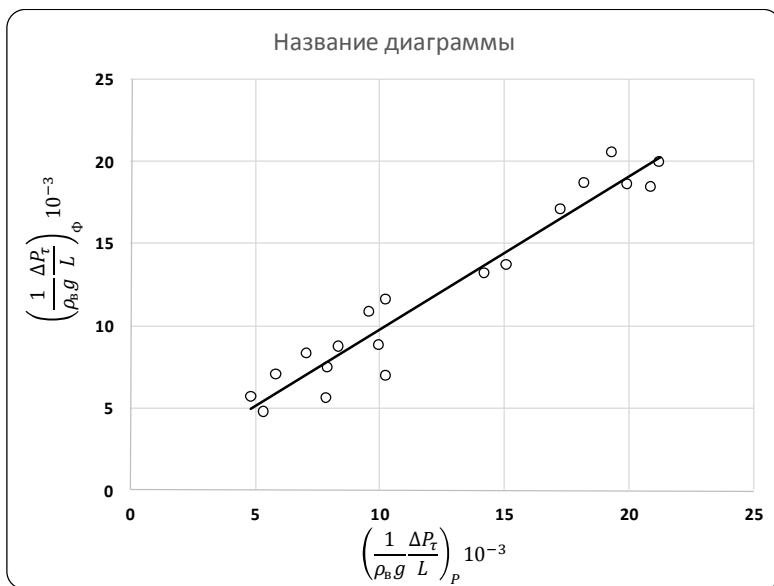


Рис. 2. Сопоставление фактического параметра с расчётным

Эксперименты, проведённые в стеклянных трубах, позволили определить граничные значения соотношений воды и нефти в отбираемой на устье продукции скважины, и параметр, характеризующий скорость потока, при которых наблюдается инверсия эмульсии. Соотношение воды и нефти, определённое по результатам экспериментов, составило 0,5-0,6, а параметр Фруда менее 0,3. Переход эмульсии «вода в нефти» в эмульсию «нефть в воде» создаёт благоприятное условие для работы подъёмника.

Третья глава диссертационной работы посвящена исследованию регулирования процессов течения пластовой жидкости в системе «скважина-пласт» в условиях добычи высоковязкой нефти. В исследованиях, проведенных в последние годы значительное внимание уделено методам и технология интенсификации добычи нефти и увеличения нефтеотдачи в поздней стадии разработки нефтегазовых залежей, рассмотрены эффективность дополнительного разбуривания залежей, перевод обводнившихся скважин на возвратные объекты, эволюция систем заводнения нефтегазовых залежей в поздней стадии. Актуальным на сегодняшний день становится системный подход к описанию процесса разработки нефтегазовых месторождений на основе теории динамических систем. Такой подход отвечает требованиям энерго- и ресурсосбережения и направлен на повышение эффективности разработки. Этот подход требует привлечения новых понятий, характеристик и моделей, например, энтропии, элементов теории вероятностей и др. На примере разработки морского месторождения “Палчыг Пильпиляси” путем анализа характерных особенностей динамики основных технологических показателей разработки производится оценка состояния на определенный период времени и формулируется вывод об эффективности дальнейшей разработки с учетом комплексного подхода. Сам анализ характерных особенностей динамики основных технологических показателей разработки производится путем расчета мер и характеристик, свойственных динамическим системам, таких как показатель Херста, энтропии, а также с применением элементов теории вероятностей. Произведен расчет показателя Херста на трех временных интервалах (первый интервал 1968-1989 года - общий, включающий в себя второй и третий интервалы 1968-1975 года и 1976-1989 года) с включающими в себя среднемесячные показатели отборов нефти для морского месторождения “Палчыг Пильпиляси”. Показано, что в зависимости от периодов процесса разработки, наблюдается устойчивое и

неустойчивое состояние пластовой системы, что необходимо учитывать при выборе и принятии решений по регулированию технологических процессов добычи с учетом запаздывания реагирования пластовой системы на водное воздействие. Сделанные выводы дают возможность адаптировать полученные результаты на целый ряд месторождений Азербайджана, продуцирующих высоковязкими нефтями и находящихся на поздней стадии разработки, что и позволило учесть и применить разработанные в работе методики на месторождениях «Binagadi Oil Company» и «Karasu Operating Company».

В работе приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по изучению влияния аномальных свойств нефтей на фильтрационные характеристики призабойной зоны скважины, в частности выявления начального напряжения сдвига при фильтрации аномальных нефтей и его связи с проявлением скин-фактора.

Предлагается методика учёта вязко-пластичных свойств флюида на фильтрационные свойства жидкости и определение скин-фактора для таких систем. Из промысловой практики известно, что увеличение проницаемости при воздействии на призабойную зону пласта повышает проницаемость скин-зоны, что является результатом негативного эффекта скин-фактора ($S < 0$). Уменьшение же проницаемости призабойной зоны пласта характеризуется положительным скин-фактором ($S > 0$). Если же, проницаемость пласта и скин-зоны равны, то величина скин-фактора равна нулю.

Как видно, с увеличением начального касательного напряжения сдвига влияние скин-фактора уменьшается. В зависимости от аномальных свойств влияние скин-фактора изменяется. Анализ показывает, что обычно последний определяется в процессе испытания скважин или исследования скважин при неустановившемся отборе.

Определив значение данного фактора, можно оценить величину падения давления с учётом аномальных свойств жидкости в зоне с изменённой проницаемостью, т.е. дополнительный перепад давления возникает вследствие скин-фактора.

Проведённый анализ показал, что для скважин с аномальными свойствами, неньютоновские свойства системы уменьшают влияние призабойной зоны на производительность, т.е. если в призабойной зоне прокачать жидкость с аномальными свойствами, то при этом изменение параметров призабойной зоны улучшается (изменение проницаемости, пористости и т.д.), что даёт возможность улучшить приток жидкости.

Промысловые исследователи часто сталкиваются с проблемой

определения надлежащего значения времени, когда скважина работала с постоянным дебитом для конкретной скважины в разрабатываемом пласте. Данные уравнения основаны на предположении постоянства дебита с момента работы скважины до остановки, что далеко не всегда соответствует реальным условиям.

Предложенные безразмерные параметры являются числами, которые можно определить из уравнений или промысловых исследований, и они прямо пропорциональны реальным потерям давления с учётом физических свойств пласта и жидкости. Данные параметры учитывают аномальные свойства фильтрующей жидкости.

Разработанная методика рассматривает эффект скин-фактора с целью его учета при расчёте перепада давления или производительности эксплуатационных скважин. Учёт безразмерных параметров даёт возможность провести ряд мероприятий для воздействия на пласт или на призабойную зону скважины. Так при существенном влиянии «скин-фактора» рекомендуется проведение мероприятий по интенсификации добычи нефти или дополнительных перфорационных работ для увеличения притока жидкости к забою скважины. При влиянии аномальных свойств жидкости необходимо воздействовать на значение предельного напряжения сдвига тепловыми или химическими методами воздействия, а при существенном влиянии безразмерного давления уплотнить сетку скважин.

Как показали исследования, безразмерное давление существенно проявляет себя в призабойной зоне, а с учетом аномальных свойств жидкости оно незначительно на контуре питания скважины, где влияние инерционных сил относительно небольшое.

Разработана методика анализа динамограмм исследуемых скважин и предложен обобщенный коэффициент для оперативного диагностирования технического состояния глубинонасосного оборудования. Методика позволяет осуществить заблаговременное изменение режимных параметров скважин до проявления неисправностей.

По результатам исследований предложен способ импульсного воздействия давлением, позволяющий увеличить производительность скважины при значительном сокращении операционных затрат. Промысловые мероприятия на скважинах нефтяной компании «Karasu Operating Company» позволили прирастить дебит нефти в среднем на 30%. Применение методики оперативного анализа динамограмм при глубинонасосном способе эксплуатации обеспечили экономию затрат в размере

\$49,800, связанную с увеличением времени наработки оборудования.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Предложен темпоральный подход, основанный на принципах плей-анализа динамики показателей амплитудно-частотных характеристик, позволяющих выявить диагностические критерии определения отклонений в режиме работы добывающих скважин.

2. Предложена экспресс-методика диагностирования и контроля за состоянием подземного насосного оборудования на основе использования данных динамометрирования и характеристик функционирования отдельных узлов насоса.

3. Разработана гидродинамическая модель лифтирования эмульсионных систем с учётом различной степени обводненности высоковязкой нефти.

4. В результате проведенных расчетов предложены косвенные методы оценки и контроля состояния разработки месторождения на основе обработки промысловых данных с применением динамического и фрактального анализа.

5. Разработана методика, позволяющая учесть влияние «скин-фактора» и предельного напряжения сдвига при течении высоковязких нефтей в призабойной зоне пласта на статический уровень жидкости в скважине. Безразмерные параметры, полученные на основе промысловых исследований прямо пропорциональны реальным потерям давления с учётом физических свойств пласта и жидкости.

6. На основе результатов экспериментальных исследований получены уравнения для определения скорости и расхода эмульгированной высоковязкой нефти в скважинах, эксплуатируемых штанговыми глубинными насосами.

7. Разработана методика анализа динамограмм исследуемых скважин и предложен обобщенный коэффициент для оперативного диагностирования технического состояния глубинонасосного оборудования. Методика позволяет осуществить заблаговременное изменение режимных параметров скважин до проявления неисправностей.

8. Предложен способ импульсного баровоздействия в промысловых условиях при добыче эмульсионных систем, характеризующихся неньютоновскими свойствами.

Применение методики оперативного анализа динамограмм при глубинонасосном способе эксплуатации позволило обеспечить экономию в размере \$49,800 за счет увеличения межремонтного периода.

Основное содержание диссертационной работы нашло отражение и опубликовано в следующих работах:

1. Салаватов Т.Ш., Кирдода И.И. Плей-анализ в процессе эксплуатации скважинной штанговой насосной установки на основе темпорального подхода // Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов: Материалы межрегиональной научно-технической конференции (15-16 ноября 2012) / под. ред. Н.Д. Цахая. – Ухта, 2012. – С. 103-106.
2. Кирдода И.И. Экспресс-метод контроля за работой глбуинно-насосной установки с помощью динамограммы // Нефтепромысловое дела. Уфа.: - №2, 2014. – С. 49-51.
3. Салаватов Т.Ш., Кирдода И.И. К вопросу регулирования режима скважинной штанговой насосной установки // Материалы Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие нефтегазового комплекса Казахстана», Актау, 25-26 апреля 2013. – С. 354-356.
4. Кирдода И.И. Комплексный подход к анализу эксплуатации механизированных скважин // Азербайджанское нефтяное хозяйство, №12, 2012. – С. 55-57.
5. Кирдода И.И. Некоторые особенности движения двухкомпонентных систем в трубах // Материалы XVIII Республиканской научной конференции докторантов и молодых исследователей, 19-20 декабря, 2013. – С. 282-283.
6. Салаватов Т.Ш., Дадаш-заде М.А., Кирдода И.И., Салаватова Р.Ш., Бабаева Т.С. Исследование эмульсионных систем в нефтедобыче // Азербайджанское нефтяное хозяйство, №03, 2014. – С. 29-33.
7. Кирдода И.И. Эмульсионные системы в нефтедобыче // Материалы международной научной конференции, посвященной 85-летию юбилею академика А.Х. Мирзаджанзаде, Баку, 21-22 ноября 2013 г. – С. 143-144.
8. Дадаш-заде М.А., Кирдода И.И., Салаватова Р.Ш., бабаева Т.С. Нетрадиционные методы определения и учет реологических параметров водонефтяных эмульсий // Азербайджанское нефтяное хозяйство, № 01, 2014. – С. 29-32.
9. Мустафаев А.А., Дадаш-заде М.А., Мансурова С.И., Кирдода И.И. Исследование движения эмульсионных систем типа «вода-нефть» // Материалы международной научно-практической конференции

- «Хазарнефтьгазятаг», Баку, 2014. - С. 58-62.
10. Салаватов Т.Ш., Дадаш-заде М.А., Кирдода И.И., Бабаева Т.С., Салаватова Р.Ш. Исследование течения двухфазной системы типа «вода-нефть» в трубе // Вестник Азербайджанской Инженерной Академии, т. 6, №4, 2014. – С. 54-58.
 11. Мустафаев А.А., Дадаш-заде М.А., Мансурова С.И., Кирдода И.И. Гидродинамические особенности движения эмульсионных систем в вертикальных трубах // Материалы межрегиональной научно-технической конференции «Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов (13-14 ноября 2014 года), Ухта, 2014. – С. 146-149.
 12. Salavatov T., Panakhov E., Kirdoda I. System approach for enhancing the efficiency of hydrocarbon fields redevelopment // Yale Review of Education and Science, 2015. - pp. 722-727.
 13. Salavatov T.Sh., Panahov E.A., Kirdoda I.I. The Method of Pulse-Wave Treatment by Pressure of Bottomhole Formation Zone // Oxford Journal of Scientific Research, London, 01-06.2015, pp. 141-148.
 14. Салаватов Т.Ш., Кирдода И.И., Мустафаев А.А., Дадаш-заде М.А. и др. Влияние аномальных свойств нефтей на фильтрационные свойства призабойной зоны скважины // Научные труды Азербайджанской Государственной Морской Академии, №1, 2016. - С. 122-125.
 15. Salavatov T.Sh., Kirdoda I.I., Dadashzadeh M.A. Effect of abnormal oil on performance of well bottom zone // Science and Applied Engineering Quarterly, Issue 8, April – May – June, 2016. – pp. 22-25.

Личный вклад соискателя:

Работы 2, 4, 5, 7 выполнены самостоятельно, в работах 1, 3, 6, 8-11 - участие в постановке экспериментальных исследований, реализации промысловых операций и обработке полученных результатов принадлежит соавторам в равной степени.



Kirdoda İqor İvanoviç

**YÜKSƏK ÖZÜLÜKLÜ NEFTLƏRİN ÇIXARILMASI
PROSESİNİN TƏNZİMLƏNMƏSİ ÜZRƏ QƏRARLARIN
QƏBULUNUN METODOLOJİ ƏSASLARI**

XÜLASƏ

Çox hissəsi ağır və yüksəközülüklü neftlər olan çətin çıxarıla bilən karbohidrogenlər, ənənəvi yüngül və azözülüklü neft ehtiyatlarını üstə-ləyərək, yaxın illərdə hasilatın kifayət qədər perspektivli artımı mənbəyi kimi qalmaqdadır.

İşin məqsədi yüksəközülüklü neftlərin çıxarılmasında və nasosla istismarda optimal rejim parametrlərinin işlənməsində layın enerjisindən maksimum istifadə etmək hesabına quyuların istismarının səmərəliliyini yüksəltməkdir.

Aparılmış tədqiqatlara əsasən ilk dəfə olaraq, quyuların cari neftve-rimini və hasilat quyularına optimal iş rejimlərinin təyində diaqnostik məlumatların quymətləndirilməsinə temporal yanaşmanın mümkünüyü göstərilmişdir. Hasilat quyularının iş rejimindən kənara çıxmaları və əsas texnoloji göstəricilərin sapma əlamətinə görə “lay – quyu – dərinlik naso-su” sisteminin vəziyyətinin, dinamiki xüsusiyyətlərini təyin etməyə imkan verən metodika işlənmişdir.

Layın quyudibi zonasında yüksəközülüklü neftlər axdıqda “skin-faktorun” və həddi sürüşmə gərginliyinin, quyuda mayenin statik səviyyə-sinə təsirini nəzərə almağa imkan verən metodika işlənmişdir. Mədən tədqiqatlarına əsasən alınmış ölçüsüz parametrlər layın və mayələrin fiziki xassələrini nəzərə almaqla real təzyiq düşgüsü ilə qüz mütənasibdirlər.

Laya impuls barotəsir üsulu işlənmişdir və dinamogramın operativ təhlil metodikası eyni zamanda avadanlığın işlək müddətini artıraraq quyunun məhsuldarlığının yüksəlməsini təmin edir.

**METHODOLOGICAL BASIC OF DECISION MAKING ON
CONTROL OF HIGHLY VISCOUS OIL EXTRACTION PROCESS**

ABSTRACT

Hard-to-recover hydrocarbons with a high content of heavy and viscous oils are a promising source of significant production growth in the coming years, exceeding conventional reserves of light and low-viscosity oil.

The aim of this work is improving the efficiency of well operation in the rough conditions due to the maximum reservoir energy usage under heavy oil recovery and development of optimal operational parameters of well pumping.

Researches spent shows the ability of the temporal approach on the diagnostic data evaluation taking into account current oil withdrawal and designation of optimal regime of well operation. On the basis of the deviance of the main technological indicators a technique to detect deviations in operation of producing wells and dynamic characteristics of the system “reservoir – well – deep-well pump” have been developed

A methodology enabling to take into account the influence of the “skin factor” and limit shear stresses during the flow of high-viscosity oil in the bottom hole formation zone on the static fluid level in the well was developed. The dimensionless parameters obtained on the basis of field research is directly proportional to the actual pressure losses taking into account the reservoir properties and fluid characteristics. Indirect methods of dynamic analysis of field data using elements of fractal theory, mathematical statistics and entropy analysis, which allows to implement a reliable assessment of the status of the field development have been developed.

Technology for impulse pressure impact on the reservoir and methods of the dynamometer cards analysis providing increasing wells productivity with simultaneous increasing of operating time of pump equipment were developed.

Sifariş № 34. 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

KİRDODA İQOR İVANOVIÇ

**YÜKSƏK ÖZÜLÜKLÜ NEFTLƏRİN ÇIXARILMASI PROSESİ-
NİN TƏNZİMLƏNMƏSİ ÜZRƏ QƏRARLARIN QƏBULUNUN
METODOLOJİ ƏSASLARI**

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

BAKI – 2016