

На правах рукописи
УДК 622.276.56



Леонов Илья Васильевич

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ
ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ НЕСКОЛЬКИХ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ
(на примере месторождений Западной Сибири)**

Специальность 25.00.17 — Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва — 2011

Работа выполнена в ОАО «Всероссийский нефтегазовый
научно-исследовательский институт имени академика А. П. Крылова»
(ОАО «ВНИИнефть»)

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор
Мищенко Игорь Тихонович

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Чубанов Отто Викторович
кандидат технических наук
Вольпин Сергей Григорьевич

Ведущая организация — ЗАО «ИНКОНКО»

Защита состоится 2 декабря 2011 года в 10 часов на заседании диссертационного Совета Д.222.006.01 при ОАО «Всероссийский нефтегазовый научно-исследовательский институт имени академика А. П. Крылова» (ОАО «ВНИИнефть») по адресу: 127422, г. Москва, Дмитровский проезд, д.10, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОАО «ВНИИнефть».
Автореферат разослан 25 октября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета
д. т. н., профессор



Симкин Э. М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Особенностью текущей ситуации в топливно-энергетическом комплексе России является тот факт, что бóльшая часть крупных нефтяных месторождений находится на заключительной стадии разработки и характеризуется высокой обводнённостью добываемой продукции и неполной выработкой извлекаемых запасов. Значительное количество эксплуатационных объектов не имеют достаточного объёма запасов углеводородов для рентабельной эксплуатации самостоятельной сеткой скважин. Поэтому недропользователи вынуждены вовлекать в совместную разработку несколько эксплуатационных объектов (ЭО). При этом ЭО, зачастую, имеют существенно различные фильтрационно-ёмкостные свойства и пластовые давления. Такой подход обоснован с точки зрения экономики, но недопустим с точки зрения рационального использования запасов и охраны недр, так как происходит неравномерный охват заводнением, опережающее обводнение высокопроницаемых пластов, и, как следствие, снижение уровня извлечения остаточных, как правило, существенных запасов углеводородов. Для поддержания добычи нефти на рентабельном уровне, приходится увеличивать отбор обводнённой жидкости, использовать более энергоёмкие насосы и дополнительную инфраструктуру, увеличивать закачку воды через систему регулирования пластового давления. Всё это увеличивает капитальные вложения в разработку месторождения. Эффективным выходом из создавшегося положения может стать одновременно-раздельная разработка нескольких эксплуатационных объектов (ОРРНЭО). Технология ОРРНЭО, обладая экономическими преимуществами, всё-таки является относительно сложным технологическим процессом.

Технология ОРРНЭО рекомендована нефтяной секцией ЦКР Роснедра (Протокол № 3367 от 28.04.2005) недропользователям для промышленного использования и уже успешно применяется на месторождениях Западной Сибири при непосредственном участии автора.

Цель диссертационной работы — повышение эффективности освоения многопластовых месторождений при промышленном использовании одновременно-раздельной разработки нескольких эксплуатационных объектов за счёт использования комплекса новых технологических и технических решений.

Задачи исследований

1. Изучение проблем одновременно-раздельной выработки запасов из эксплуатационных объектов (ЭО) многопластового месторождения, их анализ и систематизация.

2. Разработка способов и технических решений для исследования эксплуатационных объектов на многопластовых месторождениях.

3. Разработка способов и технических решений для изоляции притока посторонней воды из неэксплуатационных объектов (выработанного пласта или негерметичности эксплуатационной колонны).

4. Разработка технологии для одновременно-раздельной или поочередной добычи нефти из двух эксплуатационных объектов на скважинах, эксплуатируемых с помощью установок электроцентробежных насосов (УЭЦН).

5. Разработка способа и технических решений для оптимизации динамики пластового давления в эксплуатационных объектах путём одновременно-раздельной или поочередной закачки в них воды через нагнетательные скважины.

Научная новизна

1. Разработана и используется в промышленности технология исследования эксплуатационных объектов многопластового месторождения глубинными автономными манометрами, устанавливаемыми в скважинные камеры без или совместно с трассерными исследованиями, проводимыми с помощью новых технических решений для ОРНЭО (Патенты РФ №№ 2292453, 2315863, 2376460, 2383713 и заявки на изобретение №№ 2008132635 и 2008130459).

2. Предложены и используются в промышленности способы и варианты технических решений для изоляции притока посторонней воды из неэксплуатационных объекта или интервала негерметичности эксплуатационной

колонны скважины путём разделения пакером приёма насоса от источника обводнения (Патенты РФ №№ 2291949, 2331758, 2331758, 2383713).

3. На уровне патентной новизны (Патенты РФ №№ 2344274, 2365744, 2380522) разработаны и промышленно используются способы и варианты установок для одновременно-раздельной или поочередной добычи нефти из двух эксплуатационных объектов на скважинах, эксплуатируемых с помощью УЭЦН, и оснащенных пакером с кабельным вводом.

4. Предложена и промышленно используется система сопровождения технологии ОРНЭО (Патент РФ № 2380522), включающая: подбор добывающих и нагнетательных скважин; выбор технологической схемы скважинной установки; мониторинг монтажа многопакерной компоновки, обеспечивающий надежность разобщения эксплуатационных объектов; возможность проводить для каждого эксплуатационного объекта учёт добываемой продукции и закачки воды, исследование геолого-промысловых характеристик, селективное воздействие на призабойную зону и регулирование забойного давления для оптимизации поля динамического пластового давления.

Новизна результатов защищена 10 изобретениями.

Основные защищаемые положения

1. Комплекс технологических решений для исследования объектов многопластовых месторождений: технология трассерных исследований с помощью технических средств, используемых при ОРНЭО; гидродинамические исследования с помощью глубинных автономных манометров, устанавливаемых в скважинные камеры.

2. Варианты технических решений изоляции притока посторонней воды из неэксплуатационного геотехнологического объекта (интервала перфорации выработанного ЭО или интервала негерметичности эксплуатационной колонны) с использованием пакера (с кабельным вводом) или двухпакерной секции в скважинах, эксплуатируемых с помощью УЭЦН.

3. Технология одновременно-раздельной добычи нефти из двух эксплуатационных объектов с возможностью отключения одного из них на время исследования в скважинах, эксплуатируемых с помощью УЭЦН.

4. Способ адаптивной (последовательной) оптимизации динамического пластового давления в эксплуатационных объектах, заключающийся в изменении их забойных давлений через нагнетательные скважины путём одновременно-раздельной или поочерёдной закачки воды и через добывающие скважины путём одновременно-раздельной или поочерёдной добычи нефти.

Практическая ценность работы

Приведённые в диссертации результаты исследований успешно и широко используются на многопластовых месторождениях Западной Сибири (при непосредственном участии автора диссертации):

1. Предложенный способ исследования многопластовых объектов глубинными автономными манометрами, устанавливаемыми в скважинную камеру, успешно применён на скважинах Приобского месторождения и доказал свою эффективность в процессе промысловых работ. Способ позволяет использовать в схемах для ОРНЭО изолированные от лифта секции в качестве пьезометрических систем для соответствующих эксплуатационных объектов, а также проверять надёжность разделения эксплуатационных объектов пакером, диагностировать отсутствие заколонных межпластовых перетоков.

2. Способ исследования многопластовых объектов с помощью трассеров (индикаторов), закачиваемых в скважину для ОРЗ, был промышленно использован на двух участках Южно-Приобского месторождения. Благодаря результатам исследования были определены основные направления фильтрации воды, закачиваемой для поддержания пластового давления.

3. Способ и комплекс технических решений для ликвидации притока из негерметичности эксплуатационной колонны с помощью пакера с кабельным вводом использовался на 140 скважинах месторождений Западной Сибири. За счёт снижения обводнённости скважины возвращены в рентабельный фонд.

4. Технология одновременно-раздельной добычи (ОРД) нефти из скважин, эксплуатируемых с помощью УЭЦН, была промышленно использована на 9-ти скважинах Ван-Ёганского Мамонтовского Верхне-Пурпейского, Пермьяковского и Самотлорского месторождений.

5. Технология оптимизации динамического пластового давления проводилась с участием автора на 240 нагнетательных скважинах для эксплуатационных объектов АС₁₀, АС₁₁, АС₁₂ Приобского месторождения.

6. Промышленно используется разработанный с участием автора (в ООО НТП «Нефтегазтехника») регламент по сопровождению технологии ОРНЭО на предприятиях ОАО НК «Роснефть» («РН-Юганскнефтегаз», «РН-Пурнефтегаз»).

7. На Приобском месторождении используется метод выявления негерметичности узлов комплекса оборудования с одновременным диагностированием наличия заколонных межпластовых перетоков при применении технологии ОРНЭО.

8. Расчётно-экспериментальная методика выявления негерметичности эксплуатационной колонны в добывающих скважинах, оборудованных ТМС, позволила определить на Самотлорском месторождении скважины-кандидаты для РИР и для ликвидации притока воды на приём ЭЦН с помощью пакера с кабельным вводом.

Апробация работы

Результаты диссертационной работы и ее основные положения докладывались и обсуждались на Научно-практических конференциях РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина (Москва, 2007—2008); на Кафедре Разработки и Эксплуатации нефтяных месторождений РГУ им. И. М. Губкина (Москва, 2008—2010); на семинаре НИИ «Газлифт» (2007); на научно-техническом совете ООО НИИ «СибГеоТех» (2008); на техническом совете ООО НТП «Нефтегазтехника» (2008); на техническом совете ООО «РН-Пурнефтегаз» (Губкинский, 2008); на техническом совете СНГДУ-2 ОАО «Самотлорнефтегаз» (Нижневартовск, 2009); на техническом совете ТНК-ВР (Москва, 2009); на конференциях молодых специалистов ТНК-ВР, (Нижневартовск, Москва, 2010); на заседании учёного совета ВНИИНефть им. А. П. Крылова (Москва, 2010—2011); на конференции «Современные технологии для ТЭК Западной Сибири» (Тюмень, 2011); на техническом совете ОАО «Самотлорнефтегаз» (Нижневартовск, 2011); на конференции победителей конкурса молодёжных разработок ТЭК при Министерстве энергетики РФ (Москва, 2011); на техническом совете ОАО «Газпром нефть» (Москва, 2011); на совещании ОАО «Лукойл» (Москва, 2011).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 16 работ, в том числе 10 патентов РФ, 2 заявки на изобретение и 4 статьи, три из которых опубликованы в изданиях рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения, содержащего основные результаты и выводы. Общий объем работы составляет 164 страницы, в том числе 4 таблицы, 42 рисунка и 3 приложения. Список литературы включает 117 источников.

Автор выражает глубокую признательность и благодарность научному руководителю доктору технических наук, профессору Мищенко Игорю Тихоновичу за постоянное внимание к диссертационной работе, а также благодарит работников кафедры «Разработки и эксплуатации нефтяных месторождений РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина и научных сотрудников ОАО «ВНИИНефть» за ценные замечания и предложения.

Автор выражает свою признательность за помощь и поддержку сотрудникам ООО НТП «Нефтегазтехника», ООО НИИ «СибГеоТех», ОАО «Самотлорнефтегаз», ООО «РН-Юганскнефтегаз» и ООО НПФ «Геоник» за содействие при проведении опытно-промышленных испытаний.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, определены основные направления исследований.

В первой главе даётся понятие многопластовых месторождений, определяются критерии выделения эксплуатационных объектов (ЭО) на многопластовых месторождениях. Выделяются основные проблемы эксплуатации многопластовых месторождений: большие капитальные вложения в бурение и обустройство скважин; длительный период выработки запасов из одного пласта и консервация иногда значительных запасов нефти в других пластах; сложность достижения заданного коэффициента извлечения нефти (КИН); неравномерность выработки запасов и опережающее обводнение; отключение из процесса выработки средне- и низкопроницаемых (малопродуктивных) пластов;

прорывы воды к забоям добывающих скважин; увеличение финансовых и материальных затрат на электроэнергию для подъёма продукции и строительство дорогостоящей инфраструктуры для сбора и подготовки высокообводённой продукции; увеличение срока разработки месторождения; проблема дифференцированного исследования пластов; потеря контроля над запасами.

Динамику пластового давления для каждого ЭО можно оптимизировать, обеспечивая заданные значения забойных давлений с помощью технологии одновременно-раздельной закачки (ОРЗ) в нагнетательных и одновременно-раздельной добычи (ОРД) в добывающих скважинах.

Вариативность коэффициента проницаемости по толщине и площади является одной из основных причин низкой нефтеотдачи в многопластовых месторождениях.

Данная неравномерность усиливается из-за существования в ЭО направлений, в которых в результате техногенных процессов образуются высокопроницаемые каналы с более интенсивными фильтрационными потоками при относительно одинаковых градиентах давления между нагнетательными и добывающими скважинами.

Для рациональной разработки многопластового месторождения одним из эффективных инструментов является технология одновременно-раздельной эксплуатации (ОРЭ) пластов в скважине. Для комплексного подхода целесообразно расширить объект исследования; вместо пласта воздействовать на ЭО, и не через одну скважину, а через систему нагнетательных и добывающих скважин. При этом предполагается использование геолого-промысловой информации с предварительным прогнозированием с помощью вычислительного эксперимента.

При реализации ОРРНЭО следует решить четыре основные технологические проблемы:

- отдельный учёт добываемой из ЭО продукции и закачки воды в ЭО;
- индивидуальное исследование геолого-промысловых характеристик ЭО;
- дифференцированное регулирование забойных давлений ЭО;
- селективное воздействие на ЭО.

Раздельный учет добываемой продукции (нефти, газа и воды) из ЭО на добывающих скважинах и раздельный учет закачки воды в ЭО на нагнетательных скважинах в соответствии с Законом «О недрах» (Статья 23) является основным требованием к рациональному использованию и охране недр — «достоверный учет извлекаемых и оставляемых в недрах запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов».

Индивидуальное исследование геолого-промысловых характеристик каждого из ЭО (пластов) в скважине (пластовое давление и коэффициент продуктивности для добывающей скважины или коэффициент приемистости для нагнетательной скважины). В соответствии со статьёй 113 Правил охраны недр (ПБ 07-601-03) «Одновременно-раздельная эксплуатация нескольких эксплуатационных объектов одной скважиной допускается при наличии сменного внутрискважинного оборудования, обеспечивающего возможность промысловых исследований каждого пласта отдельно».

Дифференцированное регулирование технологических режимов ЭО изменением забойных давлений на добывающих и нагнетательных скважинах является основным инструментом для обеспечения «наиболее полного извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов», что также регламентировано Законом «О недрах» (Статья 23).

Необходимо селективное воздействие на каждый ЭО, в частности, для его глушения при «проведении безопасного ремонта скважин с учетом различия давлений и свойств пластовых флюидов» в соответствии со статьёй 113 Правил охраны недр (ПБ 07-601-03).

Геотехнологический подход к ОРРНЭО требует наличия достоверной информации о геологических характеристиках объектов и об их технологических режимах. Значительную часть данной информации можно получить на основе промысловых исследований.

Одной из главных технических проблем при эксплуатации добывающих скважин является приток воды из неэксплуатационных геотехнологического объекта (обводнившийся ЭО; интервал негерметичности эксплуатационной колонны (ЭК)).

Во второй главе приводятся технологические решения исследования объектов многопластовых месторождений, способы выявления интервалов с притоком посторонней воды и технические решения для ликвидации этих притоков.

Для обоснованного выбора ГТМ, оптимального и дифференцированного регулирования, а также селективного воздействия на ЭО необходимы данные, характеризующие каждый из них, и прежде всего такие как: пластовое давление; коэффициенты продуктивности или приемистости.

В большинстве предлагаемых автором технических решений для технологии ОРНЭО используются автономные глубинные манометры, устанавливаемые в скважинные камеры (мандрели) с помощью канатной техники.

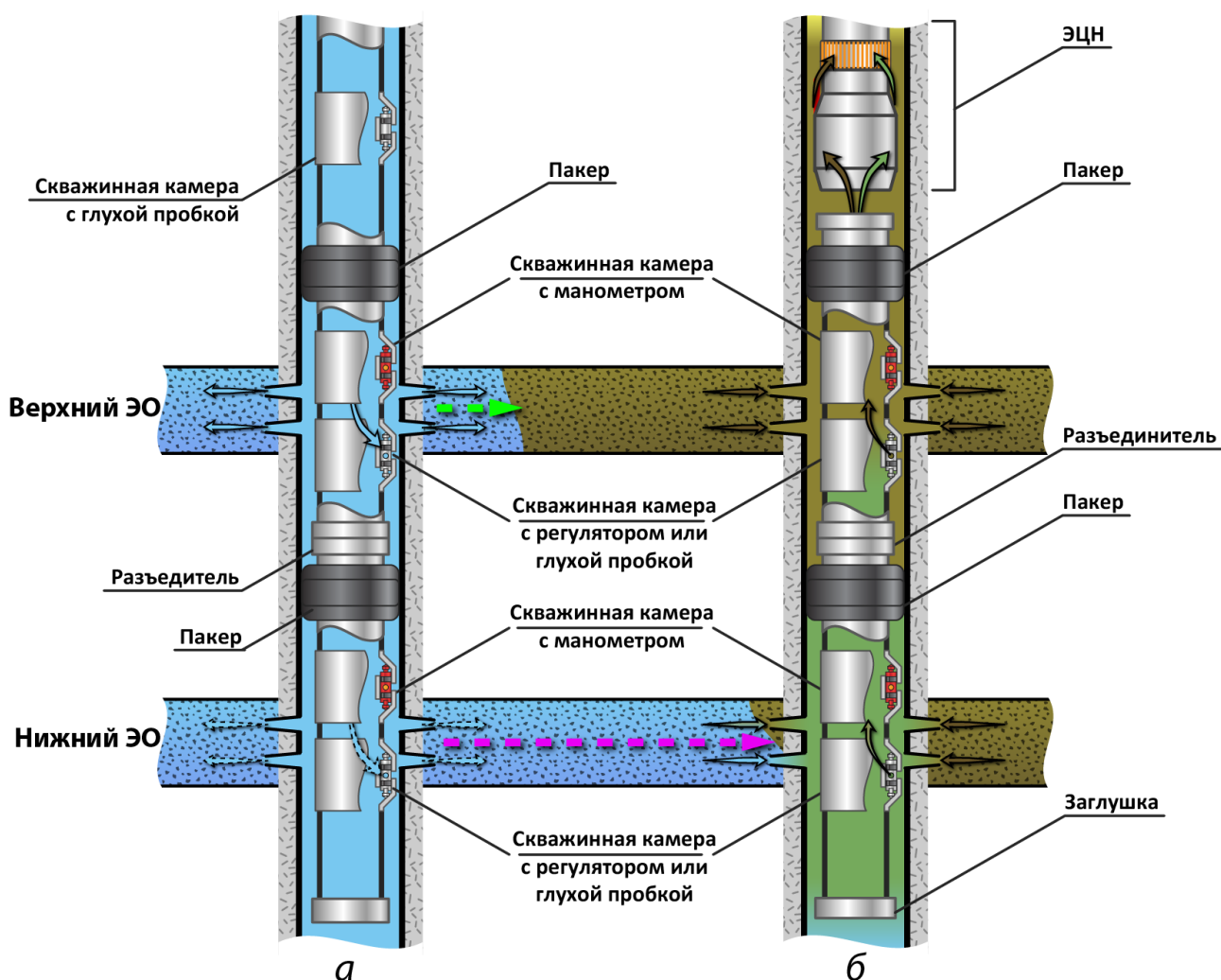


Рисунок 1 — Трассерные и гидродинамические исследования на нагнетательных (а) и добывающих (б) скважинах при использовании технологии ОРНЭО

С 2008 года при участии автора в ООО НТП «Нефтегазтехника» было проведено 204 исследования с помощью глубинного автономного манометра.

Использование данной технологии в составе схем для ОРЗ на скважинах Приобского месторождения позволило усовершенствовать процесс разработки путём оптимизации пластового давления.

Автором была разработана предложена технология гидродинамических исследований по определению динамики забойного и пластового давления нескольких изолированных друг от друга ЭО (рисунок 1).

Автором предложены новые технические решения по изоляции (ликвидации) притока посторонней воды в скважину (на приём электропогружного насоса), в частности:

- с применением пакерной секции и автономного манометра в скважинной камере для мониторинга изолированного объекта.

В случае расположения выработанного обводненного пласта или обнаружения негерметичности ЭК на глубине ниже спущенного ЭЦН, в скважину спускается пакерная установка для отсечения обводнённого (выработанного) ЭО (с одновременным использованием его как пьезометрической системы) или негерметичности ЭК (рисунок 2а) для ликвидации притока посторонней воды.

- с применением пакера с кабельным вводом, установленным над ЭЦН и системой отвода свободного газа через эксцентричный трубопровод (Патент РФ № 2331758)

В случае расположения выработанного обводненного ЭО или обнаружения негерметичности над ЭЦН в скважине используется установка, оснащённая пакером с кабельным вводом для отсечения затрубного пространства и предотвращения поступления воды из изолируемого интервала на приём насоса (рисунок 2б). При небольшом объёме свободного газа он отводится на поверхность или до уровня с давлением, которое меньше давления на приёме насоса, через эксцентрично установленный на НКТ полимерный армированный трубопровод.

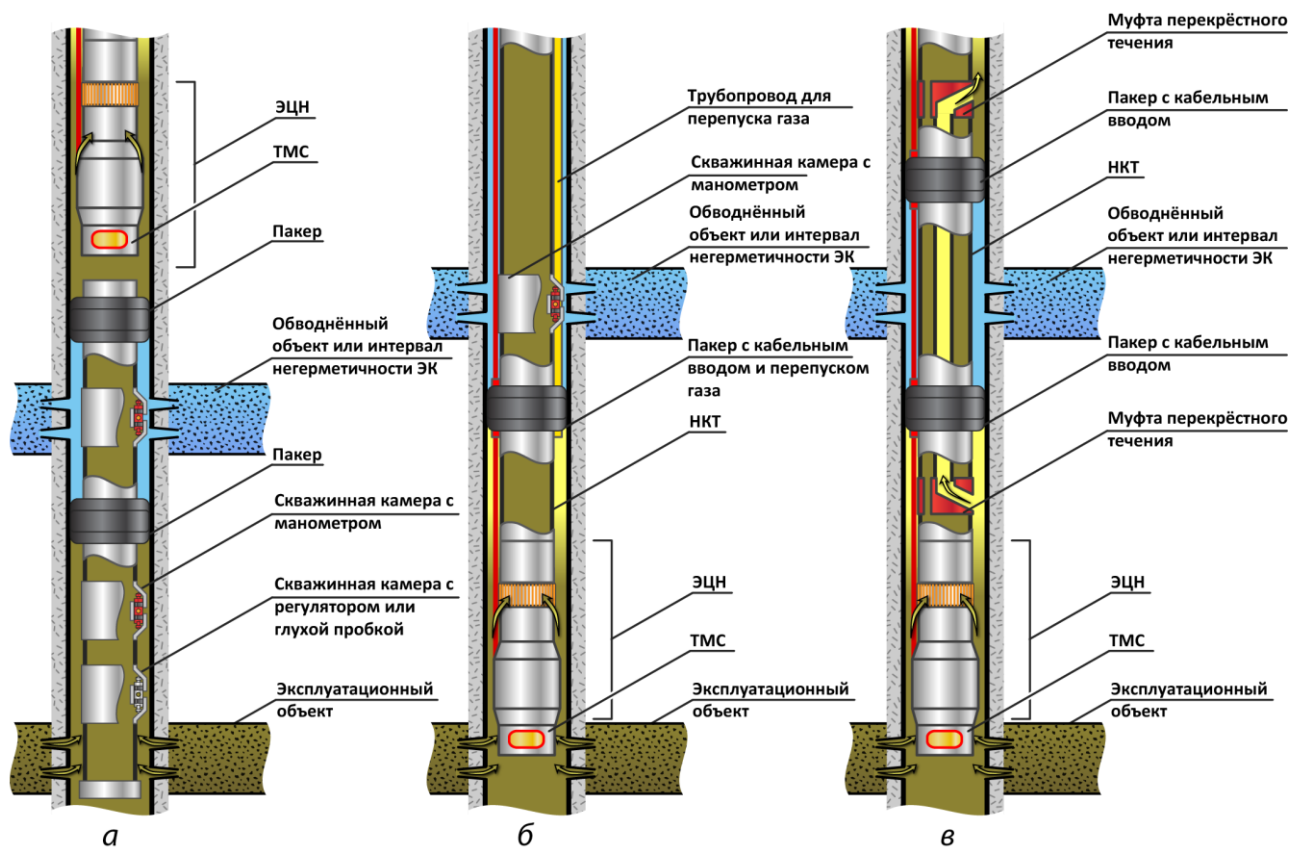


Рисунок 2 — Изоляция обводнённого пласта или интервала негерметичности в скважине с ЭЦН: *а* — ниже насоса; *б* — выше насоса; *в* — выше насоса с системой перепуска газа

- с применением двухпакерной секции над ЭЦН и перепускной системы (Патент РФ № 2331758)

При высоком газовом факторе и давлении на приёме насоса ниже давления насыщения технологическая схема может быть дополнительно оснащена системой перепуска газа, например, с внутренним дополнительным концентрическим трубопроводом, соединяющим затрубные пространства под нижним пакером и над верхним пакером (Рисунок 2*в*).

Технологический эффект от применения данной технологической схемы выражается в сокращении затрат на изоляцию негерметичности с помощью тампонажных растворов, сокращении времени на ремонтные работы на скважине, увеличении срока службы скважины, повышении добычи продукции и снижении потребления электроэнергии на извлечение насосом посторонней воды.

Автором предложены несколько технических решений по определению герметичности посадки пакера с помощью автономных манометров, установленных в мандрели над пакером или под пакером или одновременно над

и под пакером. Если после посадки пакера динамика замеренных давлений над и под пакером коррелируется между собой, то пакер посажен негерметично.

Автором предложен метод надёжного диагностирования межпластовых заколонных перетоков с предварительной проверкой герметичности посадки двухпакерной секции. При использовании данного метода предварительно производится опрессовка через НКТ пространства между пакерами.

Для целенаправленного предупреждения притока посторонней воды через ЭО важно также получить достоверную информацию о положении разломов, трещин и разрывных нарушений коллектора.

Особенность предлагаемой автором технологии трассерного (индикаторного) исследования ЭО многопластового месторождения (Патент РФ № 2315863) заключается в том, что после предварительной диагностики отсутствия межпластовых заколонных перетоков, в каждый ЭО через нагнетательную скважину при заданном устьевом давлении поочерёдно закачивают вместе с водой индивидуальный трассирующий агент требуемой концентрации и регистрируют его концентрацию в добывающих скважинах. После этого определяют основные параметры каждого ЭО, гидродинамическую связь их друг с другом и устанавливают оптимальные забойные давления (репрессию для нагнетательных и депрессию для добывающих скважин), разделяя при этом объекты с разными значениями проницаемости друг от друга. Этим достигается выравнивание профиля приемистости для нагнетательных и профиля притока для добывающих скважин.

При реализации данной технологии нагнетательную скважину оснащают компоновкой для поочерёдной закачки различных трассеров, при этом каждый ЭО (пласт) имеет свою секцию, изолирующую его от других ЭО пакером.

В третьей главе приводятся результаты апробации расчётных моделей работы системы «эксплуатационный объект — добывающая скважина — установка ЭЦН».

В качестве конкретного примера выбрана скважина № 2648 Самотлорского месторождения.

Показана необходимость использования физических основ по определению параметров движения газожидкостной смеси, в том числе и для решения технологических проблем ОРНЭО.

Например, достоверная информация о фактической плотности газожидкостной смеси очень важна при выявлении негерметичности над ЭЦН (в ЭК или НКТ) и определении расходных характеристик этой негерметичности, что весьма актуально, особенно на поздней стадии разработки месторождений.

По результатам проведённых исследований подтверждено, что созданные на кафедре разработки и эксплуатации нефтяных месторождений РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина принципы физико-математического моделирования добывающей системы достаточно точно описывают процессы, происходящие в скважине.

Показана целесообразность использования физико-математической модели для адекватного прогнозирования технологического процесса. При этом, теоретические зависимости, используемые в модели, должны соответствовать следующим основным требованиям:

- правильно описывать физический процесс как на качественном, так и на количественном уровне;
- иметь возможность адаптивно корректироваться на основе фактически замеренных промысловых данных;
- позволять находить исходные данные или граничные условия неопределённых параметров (коэффициент продуктивности, пластовое давление для каждого из ЭО) на основе обработки результатов измерений, полученных на нескольких технологических режимах.

Сравнивая результаты математического эксперимента с фактическим замером давления на приеме насоса, можно с большой вероятностью определить отсутствие или наличие притока воды на приём насоса из негерметичности ЭК или НКТ.

В диссертационной работе автором предлагается простой, оперативный и достаточно точный гидродинамический способ оценки негерметичности ЭК, связанный с притоком воды через негерметичность, расположенную выше установки ЭЦН.

Известно, что при эксплуатации скважины установкой ЭЦН над приёмом насоса (в интервале «динамический уровень — приём насоса») находится жидкая фаза, через которую барботирует газ, формируя газожидкостную смесь (ГЖС). Плотность такой смеси $\rho_{см}$ можно рассчитать по эталонной кривой распределения давления в затрубном пространстве или по одной из известных методик.

Сопоставляя рассчитанную величину плотности смеси $\rho_{см}$ с фактической плотностью смеси $\rho_{см.ф}$, полученной в результате замера глубинным манометром, можно судить о наличии или отсутствии посторонней воды над приёмом ЭЦН.

Измерения давления на приёме ЭЦН можно осуществить:

- погружной телеметрической системой (ТМС), расположенной под ПЭД на достаточно близком расстоянии от приёма ЭЦН (газосепаратора);
- манометром, расположенным над обратным клапаном ЭЦН (также достаточно близко от приёма ЭЦН). При этом автор предлагает использовать сменный глубинный автономный манометр, устанавливаемый и извлекаемый из скважинной камеры (мандрели) с помощью канатной техники.

На конкретном численном примере с помощью вычислительного эксперимента на программном модуле «SGTWell» (ООО НИИ «СибГеоТех») показана последовательность операций, обеспечивающих достоверный учет добычи жидкости, нефти и воды по каждому из двух пластов на скважине, эксплуатируемой с помощью УЭЦН. На примере конкретной скважины показана возможность установки рабочего технологического режима одного из ЭО при временном отключении другого ЭО для решения проблемы учета добываемой продукции и исследования геолого-промысловых характеристик, по крайней мере, одного из ЭО. Регулировка технологического режима может осуществляться либо путем установки устьевого штуцера с заданным диаметром или уменьшением частоты тока на заданную величину. Показано, что для условий месторождений Западной Сибири одним из методов повышения эффективности эксплуатации низкодебитных скважин и предупреждения осложнений при их эксплуатации является использование модуля ОРД технологии ОРРНЭО на скважинах, эксплуатируемых с помощью УЭЦН.

В четвёртой главе приводятся особенности технологии ОРНЭО и обоснование принципиальных схем, позволяющих устранить технологические и технические проблемы при ОРНЭО. Добывающие и нагнетательные скважины группируются (классифицируются) в соответствии с наиболее оптимальными (для разработки, вскрываемых ими ЭО) техническими решениями.

Одновременно-раздельная разработка нескольких эксплуатационных объектов (ОРНЭО) — комплекс технологических мероприятий, нацеленный на повышение рентабельности разработки нефтегазового многопластового месторождения (эффективной выработки ЭО, вскрываемых скважинами) за счёт управления динамикой пластового давления путём использования скважинных установок с несколькими секциями, каждая из которых позволяет обеспечить оптимальный (рациональный) режим работы соответствующего ЭО. Использование технологии ОРНЭО позволяет через одну скважину воздействовать рациональной (оптимальной) депрессией или репрессией на каждый из нескольких выделенных ЭО с целью обеспечения их максимальной нефтеотдачи, выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин и профиля притока добывающих скважин, а также осуществлять постоянный контроль за этими объектами.

Технология ОРНЭО включает в себя: способы ОРНЭО в нагнетательных, и добывающих скважин с использованием пьезометрических систем (секций); установки (схемы и компоновки) для реализации способов; методики расчетов (алгоритмы); программное обеспечение.

Особенности (отличия и преимущества) технологии ОРНЭО по сравнению с одновременно-раздельной эксплуатацией (ОРЭ):

- ЭО рассматриваются как независимый (самостоятельный) объект (единица) разработки;
- исследование скважин на обоснование целесообразности разделения ЭО;
- выделение ЭО (приобщение и разделение);
- изоляция неэксплуатационных объектов (выработанный пласт, негерметичность ЭК) с притоком посторонней воды;
- управление динамикой пластового давления путем дифференцированного регулирования забойных давлений на каждом из ЭО;

- использование вспомогательного объекта для предупреждения осложнений при эксплуатации скважинной установки;
- исследование геолого-промысловых характеристик каждого из ЭО;
- селективное воздействие (глушение, ГТМ) на каждый из ЭО;
- использование специальных технических средств для реализации технологии ОРРНЭО;
- обязательное инженерное сопровождение;
- специализированный сервис бригадами канатной техники.

Основываясь на опыте промышленного использования, автор считает необходимым учитывать при выборе скважин-кандидатов для технологии ОРРНЭО следующие геолого-технологические критерии:

а) Скважина вскрывает более двух ЭО с разными значениями одного или нескольких геолого-технологических параметров: гидропроводность (проницаемость); приведенное пластовое давление; оптимальное приведенное забойное давление; давление насыщения;

б) Особенности геологического строения ЭО, расположения нагнетательной скважины и состояния призабойной зоны: расстояние по каждому ЭО до ближайшей зоны отбора; плотность сетки скважины по каждому ЭО; накопленная закачка по каждому ЭО; особенности эксплуатации соседних скважин; пространственное расположение ЭО и их строение (наличие сдвигов); толщина непроницаемого экрана от одного до другого смежного ЭО;

в) Известны геолого-промысловые характеристики и режимные параметры работы каждого из ЭО скважины до применения технологии;

г) Между ЭО не должно быть заколонных перетоков или значительной гидродинамической связи;

д) ЭК должна быть герметичной;

е) Расстояние между интервалами перфорации разных ЭО не более 6 м;

ж) Прогнозируемое забойное давление менее обводнённого ЭО добывающей скважины должно быть меньше текущего (для ОРД);

з) Дебит жидкости одного из ЭО должен быть не более 40 % от суммы дебитов из двух пластов и не более 50 % от номинальной производительности ЭЦН (для ОРД);

- и) Диаметр ЭК должен позволять спускать в неё компоновку по выбранной технологической схеме;
- к) ЭК в интервале установки пакеров очищена;
- л) Качество закачиваемой воды должно соответствовать требованиям разработки для каждого ЭО и ТУ используемых технических средств;
- м) УЭЦН должна быть оснащена, телеметрической системой (ТМС), частотным преобразователем, либо устьевым штуцером;
- н) Скважина не должна находиться в осложнённом фонде (для ОРД).

Одновременно-раздельная закачка по технологии ОРРНЭО

Наибольшее использование ОРЗ по количеству скважин происходит на Приобском месторождении (более 340 скважин). Под руководством автора более десяти скважин были оснащены модулем ОРЗ. На других месторождениях Западной Сибири используется более 100 скважин с модулем ОРЗ по технологии ОРРНЭО.

Одной из важнейших целей ОРЗ является управление динамикой поля пластового давления для обеспечения максимальной нефтеотдачи, при этом одновременно решается задача ограничения водопритока от нагнетательных к добывающим скважинам через систему каналов с низким фильтрационным сопротивлением (разрывные нарушения, техногенные трещины).

При этом предполагается, что динамика поля пластового давления задаётся на основе вычислительного эксперимента (гидродинамического моделирования) на фильтрационной модели ЭО.

Автором был проведён анализ эффективности использования скважин для ОРЗ на Самотлорском месторождении, где было выделено 12 блоков для ОРЗ.

По результатам анализа прирост добычи нефти (за счёт подключения дополнительных интервалов и выравнивания профиля приемистости на объектах БВ₈⁰, БВ₈¹⁻³) за три квартала использования технологии по сравнению с прогнозной добычей (вычисленной по характеристике вытеснения на основе степенной зависимости Казаков А. А. (ВНИИнефть) методом наименьших квадратов) составил более 7 %.

ОРД с применением двух насосных установок и двух лифтов (Патент РФ № 2344274)

Технология ОРД включает спуск в скважину одной или концентрично двух колонн труб, пакера, расположенного между двумя пластами и двух искусственных лифтов, причем нижний из них, предназначенный для добычи флюида из нижнего пласта, спущен на внешней колонне труб и выполнен электропогружным, состоящим, из насоса с входным модулем и погружного электродвигателя с силовым кабелем. Выше ЭЦН устанавливают устройство перекрестного течения, выполненное с эксцентричными каналами для подъема флюида нижнего пласта и перекрестным каналом с осевым выходом для притока флюида верхнего пласта. Верхний насос (например, ШГН) подбирают в соответствии с дебитом верхнего пласта, причем спускают его отдельно во внешнюю колонну труб выше устройства перекрестного течения. Для эксплуатации скважины нижний ЭЦН и верхний насос запускают в работу одновременно, последовательно или периодически для отдельной добычи флюида из пластов по разным колоннам труб с возможностью дальнейшего учета их дебитов на поверхности скважины.

ОРД с применением одного насоса и управляемой с помощью регулятора перепускной системы (Патент РФ № 2365744)

Скважинная установка включает ЭЦН, спущенный в скважину на колонне труб, с одним пакером (в случае разобщения двух пластов), размещенным выше приёма насоса.

Колонна труб с пакером оснащена перепускной системой, обеспечивающей сообщение или разобщение между собой кольцевых пространств над и под пакером с помощью регулирующего элемента. Контроль за нижним ЭО осуществляется с помощью ТМС. Несмотря на возможность контроля технологического режима верхнего эксплуатационного по динамическому уровню, регулирующий элемент целесообразно оснастить одним или двумя датчиками давления.

Основные результаты и выводы

1. На основании изучения состояния ОРРНЭО по сравнению с раздельной разработкой ЭО установлены основные факторы, определяющие эффективность данной технологии; выражающиеся в сокращении капитальных затрат на бурение и на инфраструктуру по обустройству скважин; в сокращении эксплуатационных затрат; в сокращении сроков освоения и разработки многопластового месторождения, а также в увеличении срока рентабельной эксплуатации скважин. Одновременно с этим выявлены преимущества ОРРНЭО по сравнению с совместной разработкой ЭО.

2. Для реализации технологии ОРРНЭО обоснованы следующие отдельные модули: одновременно-раздельная закачка воды (ОРЗ); поочерёдная закачка воды (ПЗ); изоляция отдельных пластов (объектов) (ИП); поочерёдная добыча нефти (ПД); одновременно-раздельная добыча нефти (ОРД); позволяющие существенно расширять эксплуатационные возможности ОРРНЭО и подкреплённые созданными технологическими системами, защищёнными патентами.

3. Информационное обеспечение технологии ОРРНЭО базируется на индивидуальных геолого-промысловых характеристиках ЭО, получаемых с использованием созданного модуля постоянного и периодического (поочерёдного) исследования (ПИ) пластов, включающего в себя гидродинамические исследования с помощью автономных манометров, устанавливаемых в скважинных камерах, без или с дополнительным проведением трассерных исследований.

4. С целью ограничения водопритока (добычи посторонней воды) из неэксплуатационных геотехнологических объектов (из обводнённого объекта, расположенного выше или ниже ЭО или интервала негерметичности ЭК), созданы различные системы (на уровне изобретений), для наиболее распространённого способа добычи нефти установками ЭЦН, прошедшие промысловые испытания и применяемые на месторождениях Западной Сибири (Приобское и Самотлорское).

5. Разработана технология и созданы соответствующие технические средства для одновременно-раздельной или поочередной добычи нефти из двух ЭО на базе установки ЭЦН с возможностью отключения (отсечки) с помощью регулятора, по меньшей мере, одного из ЭО, по крайней мере, на время проведения геолого-промысловых или гидродинамических исследований другого объекта.

6. Разработан способ и технические решения для оптимизации динамики пластового давления каждого из эксплуатационных объектов путем дифференцированного регулирования их забойных давлений за счет комплексного использования отдельных модулей ОРЗ, ПЗ, ОРД, ПД, ИП технологии ОРРНЭО на нагнетательных и добывающих скважинах.

Основные положения диссертационной работы изложены в следующих публикациях:

1. **Пат. 2292453 РФ.** Способ разработки месторождения углеводородов / Трофимов А. С., Леонов В. А., Кривова Н. Р., Зарубин А. Л., Сайфутдинов Ф. Х., Галиев Ф. Ф., Платонов И. Е., Леонов И. В.

2. **Пат. 2291949 РФ.** Установка для отсекаания и регулирования потока в скважине с одним или несколькими пластами / Шарифов М. З., Гарипов О. М., Леонов В. А., Леонов И. В. и др.

3. **Пат. 2315863 РФ.** Способ исследования и разработки многопластового месторождения углеводородов / Трофимов А. С., Леонов В. А., Алпатов А. А., Бердников С. В., Гарипов О. М., Давиташвили Г. И., Кривова Н. Р., Леонов И. В.

4. **Пат. 2331758 РФ.** Скважинная пакерная установка с насосом (варианты) / Леонов В. А., Шарифов М. З., Николаев О. С., Леонов И. В.

5. **Пат. 2344274 РФ.** Способ одновременно-раздельной добычи нефти из пластов одной скважины с погружной насосной установкой (варианты) / Шарифов М. З., Леонов В. А., Соколов А. Н., Сальманов Р. Г., Азизов Х. Ф., Азизов Ф. Х., Леонов И. В.

6. Пат. **2365744 РФ**. Способ одновременно-раздельной добычи углеводородов электропогружным насосом и установка для его осуществления / Леонов В. А., Шарифов М. З., Леонов И. В. и др.

7. Пат. **2376460 РФ**. Установка для одновременно-раздельной эксплуатации скважин многопластовых месторождений / Шарифов М. З., Маркин А. И., Леонов И. В. и др.

8. Пат. **2380522 РФ**. Установка для одновременно-раздельного исследования и эксплуатации электропогружным насосом многопластовой скважины / Шарифов М. З., Леонов В. А., Маркин А. И., Сливка П. И., Азизов Х. Ф., Азизов Ф. Х., Леонов И. В.

9. Пат. **2383713 РФ**. Способ изоляции негерметичности участка эксплуатационной колонны или интервала перфорации неэксплуатируемого пласта скважины (варианты) / Шарифов М. З., Леонов В. А., Леонов И. В. и др.

10. Пат. **2385409 РФ**. Способ добычи флюида из пластов одной скважины электроприводным насосом с электрическим клапаном и установка для его реализации (варианты) / Леонов В. А., Шарифов М. З., Сагаловский В. И., Сальманов Р. Г., Леонов И. В. и др.

11. **Мищенко, И. Т.** Основы физико-математической модели системы «Эксплуатационный объект – добывающая скважина – установка ЭЦН» / И. Т. Мищенко, И. В. Леонов // Вестник Ассоциации Буровых Подрядчиков . – 2011. – № 3. – С. 36–40.

12. **Леонов, И. В.** Гидродинамический метод выявления притока воды из негерметичности эксплуатационной колонны, расположенной над УЭЦН / И. В. Леонов // Нефтепромысловое дело. – 2011. – № 5. – С. 35–36.

13. **Леонов, И. В.** Контроль за разработкой и исследование эксплуатационных объектов с помощью автономных манометров / И. В. Леонов // Нефть, газ и бизнес. – 2011. – № 5. – С. 66–71.

14. **Осадчий, В. М.** Аппаратура и технология исследования скважин при одновременно раздельной эксплуатации продуктивных пластов /

В. М. Осадчий, М. З. Шарифов, И. В. Леонов // Каротажник. – 2009. – № 5. – С. 182–186.

15. Заявка 2008130459 Российская Федерация, МПК Е 21 В 43/00.
Способ измерения внутрискважинных параметров / Осадчий В. М., Шарифов М. З., Леонов В. А., Маркин А. И., Сливка П. И., Леонов И. В., опубл. 27.01.2010, Бюл.№ 3. – 5 с.

16. Заявка 2008132635 Российская Федерация, МПК Е 21 В 43/00.
Способ исследования негерметичности в скважинах с пакерами / Шарифов М. З., Азизов Х. Ф., Шахмуратов И. Н., Леонов И. В., опубл. 20.02.2010, Бюл. № 5. – 3 с.

Подписано в печать 21.10.2011.
Бумага офсетная
Тираж 100 экз.

Формат 60×90/16.
Усл. п.л.
Заказ № 438

Издательский центр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина
119991, Москва, Ленинский проспект, 65
Тел.: 8(499)233-95-44