

На правах рукописи

БАРЫШНИКОВ Андрей Владимирович

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ
МНОГОПЛАСТОВЫХ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННО-РАЗДЕЛЬНОЙ
ЗАКАЧКИ ВОДЫ**

**(на примере южной лицензионной территории
Приобского нефтяного месторождения)**

*Специальность 25.00.17 – Разработка и эксплуатация
нефтяных и газовых
месторождений*

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2011

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования Санкт-Петербургском государственном горном университете и ООО «Газпромнефть-Хантос»

Научный руководитель –
доктор технических наук, профессор
Рогачев Михаил Константинович

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор
Золотухин Анатолий Борисович

кандидат технических наук
Колонских Александр Валерьевич

Ведущее предприятие – государственное автономное научное учреждение «Институт нефтегазовых технологий и новых материалов»

Защита диссертации состоится 28 февраля 2012 г. в 16 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.224.10 при Санкт-Петербургском государственном горном университете по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, В.О., 21-я линия, д.2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного горного университета.

Автореферат разослан 27 января 2012 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета,
доктор технических наук,
доцент

А.К. НИКОЛАЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Большинство нефтяных месторождений Западной Сибири многопластовые. Основной проблемой при их разработке является правильное выделение эксплуатационных объектов (ЭО). Выделение каждого из пластов в самостоятельный ЭО, как правило, невозможно по экономическим соображениям. Более предпочтительно осуществление одновременно-раздельной эксплуатации (ОРЭ) пластов одной сеткой скважин с применением специальных технологий, в частности, оборудования для одновременно-раздельной добычи (ОРД) и одновременно-раздельной закачки (ОРЗ).

С 2005 года технологии ОРЭ возродились в России на современном уровне и стали активно внедряться ведущими нефтяными компаниями: Газпром нефть, Татнефть, Роснефть, Сургутнефтегаз, ТНК-ВР, Башнефть, Лукойл и другими.

Научное обобщение результатов внедрения методов ОРЭ на месторождениях России представляет большой интерес для специалистов-нефтяников, в особенности применение ОРЭ в массовых (сотни скважин) масштабах на крупнейших месторождениях Западной Сибири (типа Приобского).

Целью диссертационной работы является научное и методическое обоснование технологии разработки многопластовых нефтяных месторождений с применением одновременно-раздельной закачки воды для регулирования их энергетического потенциала, повышения уровней добычи и коэффициента извлечения нефти (КИН).

Идея работы. Повышение уровней добычи и КИН на многопластовых месторождениях должно обеспечиваться за счет внедрения технологии одновременной закачки воды при её комплексировании с гидравлическим разрывом пластов и созданием в добывающих скважинах высоких депрессий.

Основные задачи исследований:

1. Разработать и усовершенствовать технику и технологии одновременно-раздельной закачки в условиях сложнопостроенного многопластового объекта южной лицензионной территории (ЮЛТ) Приобского нефтяного месторождения.

2. Обосновать геолого-промысловые критерии рационального применения оборудования для одновременно-раздельной закачки воды на многопластовых месторождениях с низкопроницаемыми коллекто-

рами.

3. Комплексировать технологии одновременно-раздельной закачки в многопластовых нагнетательных скважинах, большеобъемные гидроразрывы пластов (ГРП) и создание высоких депрессий в добывающих скважинах с целью обеспечения высоких темпов разработки и максимального извлечения нефти.

4. Обосновать и внедрить системы долговременного мониторинга, диагностики и регулирования разработки многопластового объекта с применением современного оборудования для ОРЗ.

5. Выполнить трехмерное математическое моделирование процесса разработки двухпластового объекта в условиях применения оборудования для ОРЭ пластов.

6. Исследовать влияние системного применения технологий ОРЗ на ключевые показатели разработки многопластового месторождения (добыча нефти и др.).

7. Оценить влияние промышленного внедрения технологии ОРЗ на КИН многопластового объекта, представленного низкопроницаемыми пластами.

8. Обосновать экономическую целесообразность внедрения технологии ОРЗ на Приобском (ЮЛТ) месторождении.

Методы решения поставленных задач:

- геолого-промысловое и геостатистическое изучение особенностей строения низкопродуктивных слабопроницаемых нефтяных пластов;

- комплексный инженерный анализ результатов разработки, эксплуатации и интенсификации добычи нефти на многопластовом месторождении;

- аналитические и эмпирические методы оценки влияния различных геолого-промысловых факторов и условий ОРЗ на показатели разработки и коэффициента нефтеизвлечения многопластового месторождения;

- трехмерное геолого-гидродинамическое моделирование процесса разработки участка многопластового месторождения с применением ОРЭ;

- технико-экономические расчёты по оценке эффективности результатов внедрения технологии одновременно-раздельной закачки.

Научная новизна:

1. Обоснована необходимость комплексирования технологий ОРЗ

в нагнетательных скважинах, большеобъемных гидроразрывов пластов и создания высоких депрессий в добывающих скважинах на многопластовых нефтяных месторождениях с низкопроницаемыми коллекторами.

2. Разработаны критерии эффективного применения одновременно-раздельной закачки воды в условиях низкопроницаемых прерывистых многопластовых объектов.

3. На основе трехмерного гидродинамического моделирования разработки многопластового нефтяного объекта установлены зависимости технологических показателей эксплуатации скважин от системы раздельного регулирования энергетического потенциала пластов.

4. Впервые оценено влияние массового, промышленного применения ОРЗ на текущую добычу нефти и конечный КИН сложнопостроенного многопластового месторождения.

Защищаемые научные положения:

1. Установленные зависимости технологических показателей эксплуатации скважин от принятой системы раздельного регулирования энергетического потенциала объектов разработки многопластового нефтяного месторождения с низкопроницаемыми коллекторами позволяют повысить эффективность технологии одновременно-раздельной закачки воды в нагнетательных скважинах, а также рекомендовать ее комплексирование с большеобъемными гидроразрывами пластов и созданием высоких депрессий в добывающих скважинах для интенсификации добычи нефти и повышения нефтеотдачи пластов.

2. Гидродинамическое моделирование многопластового объекта, выполненное на основе разработанной системы промыслового мониторинга в условиях одновременно-раздельной эксплуатации пластов, позволяет повысить точность прогноза уровней добычи нефти и коэффициента нефтеизвлечения.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обоснована и подтверждена результатами теоретических, экспериментальных и промысловых исследований, их сопоставлением с результатами промышленного внедрения разработанных технологий.

Практическая значимость работы:

1. Созданы и усовершенствованы технические средства (многопакерные установки) для осуществления эффективного контроля и регулирования разработки отдельных нефтяных пластов в составе много-

пластового объекта в условиях одновременно-раздельной закачки воды в два и более пласта.

2. Разработана и внедрена система долговременного промыслового мониторинга эксплуатации многопластового нефтяного месторождения при одновременно-раздельной закачке воды в низкопроницаемые коллектора.

3. Результаты проведенных исследований позволили:

- повысить технико-экономическую эффективность разработки многопластовых месторождений Западной Сибири на основе применения оборудования для ОРЗ и средств индивидуального контроля работы пластов;

- используя разработанные критерии, более успешно и с меньшим риском подбирать скважины-кандидаты для внедрения оборудования для одновременно-раздельной закачки воды на многопластовых объектах;

- расширить область применения технологии с переходом на одновременно-раздельную закачку воды в три и более продуктивных пласта;

- внедрять разработанные системы мониторинга, контроля и регулирования технологий ОРЗ на других многопластовых месторождениях страны с целью повышения добычи и коэффициента извлечения нефти.

Полученные результаты нашли массовое, системное применение при реализации технологии одновременно-раздельной эксплуатации скважин на Приобском (ЮЛТ) нефтяном месторождении.

Апробация работы. Основные положения и практические результаты исследований докладывались на расширенном выездном совещании ОАО «Газпром нефть» (Муравленко, 2009г.), 9-ой научно-технической конференции «Современные технологии гидродинамических исследований скважин на всех стадиях разработки месторождений» (Томск, 2010г.), выездном совещании ОАО «Газпром нефть» «Инновационные технологии при разработке нефтяных месторождений» (Белград, 2010г.), Российской технической нефтегазовой конференции и выставке SPE по разведке и добыче (Москва, 2010г.), расширенном выездном совещании ОАО «Газпром нефть» (Ноябрьск, 2011г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 печатных работ, в том числе 8 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России; получен один патент РФ на изобретение.

Структура и объем диссертационной работы.

Диссертационная работа изложена на 219 страницах машинописного текста (включая 99 рисунков и 45 таблиц), состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 185 наименований,

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулированы тема, цель и задачи исследований, представлены научная новизна, защищаемые научные положения и практическая значимость диссертационной работы.

В первой главе выполнен обзор исследований, посвященных разработке и внедрению техники и технологии ОРЭ в России и за рубежом. Значительный вклад в развитие техники и технологии ОРЭ внесли Афанасьев В.А., Баишев Б.Т., Волков Л.Ф., Вайсман А.М., Воробьев В.Д., Гарипов О.М., Гарифов К.М., Евдокимов А.М., Зайцев Ю.В., Иванова М.М., Киреев А.М., Кременецкий М.И., Кузьмин В.М., Леонов В.А., Максимов В.П., Максудов Р.А., Поляков А.Б., Тахаутдинов Ш.Ф., Третьякова Г.И., Хангильдин И.Г., Хисамов Р.С., Шаисламов Ш.Г., Шаймарданов Р.Ф., Янтурин А.Ш., Янтурин Р.А. и другие.

Технология ОРЭ возникла в СССР в 1930^х годах; в массовом порядке стала внедряться со второй половины 1960^х годов. Современный (с 2005 года) этап внедрения ОРЭ характеризуется использованием сложных технологических и компьютерных систем, позволяющих осуществлять эффективный контроль и регулирование работы разобъённых пластов в режиме реального времени. В нефтяной отрасли наблюдается переход к интеллектуальным системам управления разработкой месторождений.

В российской практике количество примеров массового внедрения ОРЭ (в масштабе сотен скважин) – достаточно ограничено. По сути дела, сюда пока можно отнести только Приобское (ЮЛТ) месторождение. Перспективы внедрения оборудования ОРЭ на месторождениях России весьма велики. По оценке автора количество нагнетательных скважин, оснащенных компоновками ОРЭ, в отрасли к 2015 году может быть доведено до трех тысяч, а к 2020 г. – до пяти тысяч.

На нефтепромыслах эффект от применения ОРЭ оценивается по приростам дебитов нефти разобъённых пластов, от ОРЭ – по приросту добычи нефти по окружающим добывающим скважинам. Однако в технической литературе практически отсутствуют обобщенные данные о количественном влиянии применения технологий ОРЭ на уровни добы-

чи нефти по месторождению в целом в течение длительного периода времени, а также об оценке влияния этой технологии на конечный КИН.

На первом этапе освоения Приобского месторождения (ЮЛТ) закачка воды проводилась совместно во все вскрытые пласты. В декабре 2004 г. пять нагнетательных скважин оборудовали системами ОРЗ. Далее технология стала применяться во всех новых нагнетательных скважинах, вскрывших несколько пластов. Это позволило осуществлять индивидуальный контроль технологических режимов закачки в каждый пласт. Успешному решению данной задачи на ЮЛТ способствовали детальный анализ особенностей геологического строения (глава 2), а также обоснование и практическая реализация решений по оптимизации системы разработки с применением ОРЗ (главы 3,4,5).

Во второй главе приведены результаты исследований по установлению особенностей геологического строения уникального Приобского месторождения. Изучение материалов ГИС по пробуренным 1962 скважинам позволило установить основные закономерности распределения геологических параметров в 22 имеющихся залежах нефти.

Одним из ключевых результатов этих исследований является получение данных об особенностях распределения стрессов напряжения горных пород, определяющих закономерности распространения трещин гидроразрыва по простиранию пласта. Это позволило обосновать более эффективное расположение рядов нагнетательных скважин в пределах месторождения.

Выявленные автором геологические особенности строения продуктивных горизонтов позволили сформировать эффективную систему воздействия на каждый продуктивный пласт с учетом зональности их распространения.

В третьей главе обоснованы проектные технологические решения по разработке месторождения. Основой для их реализации стало обобщение огромного фактического материала о массовом применении технологии ГРП на ЮЛТ за 2002-2010гг. В работе детально исследованы факторы, обусловившие высокую технологическую эффективность гидроразрывов. Установлены закономерности изменения (падения) дебитов нефти и жидкости после ГРП в различных геолого-физических условиях. Изучены данные об эффективности повторных ГРП. Проведен подробный анализ дизайнов применяемых ГРП, определены оптимальные его параметры (число проппанта, скин-фактор, кратность роста дебита жидкости после ГРП и др.).

Благодаря массовому применению ГРП дебит нефти новых скважин удалось нарастить с 29 (в 2001г.) до 83 т/сут (в 2004 году), обеспечив приёмистость нагнетательных скважин на уровне 250-480 м³/сут. Средневзвешенный дебит нефти новых скважин за 1999-2010 гг. составил 40,65т/сут, удельный дебит: на 1 м толщины – 2,31 т/сут/м, на единицу проводимости – 0,379 т/сут/мД·м.

Целенаправленное поддержание высоких депрессий на пласт при эксплуатации добывающих скважин Приобского месторождения – одно из ключевых условий эффективной разработки особо низкопродуктивных пластов. Среднее забойное давление по 1124 добывающим скважинам ЮЛТ примерно на 35% ниже давления насыщения нефти газом.

Гидроразрывы являются неотъемлемой составляющей технологии разработки особо низкопроницаемых пластов, системно реализуемой на месторождении. Всего на середину 2011 года выполнено более 3,3 тысяч "попластовых" операций гидроразрыва. Около 60% гидроразрывов приходится на горизонт АС₁₀, примерно 40% – на сложнопостроенный АС₁₂. Автором показано, что из общих добытых на месторождении 40 млн.т нефти за счет проведения массовых гидроразрывов извлечено около 26,4 млн.т (66%).

За счёт применения интенсивной однорядной системы разработки, а также ускоренного формирования системы ППД удалось устранить негативное влияние таких природных факторов, как особо низкая проницаемость и проводимость коллекторов. Этому способствовало обоснованное оптимальное расположение нагнетательных скважин, при котором трещины ГРП сориентированы преимущественно вдоль рядов.

Особо важную роль в обеспечении более эффективного вытеснения нефти из разнопроницаемых пластов сыграло массовое применение ОРЗ. Оснащение нагнетательных скважин компоновками ОРЗ и реализация на этой основе системы индивидуального управления энергетическим состоянием пластов позволили обеспечить благоприятную характеристику вытеснения.

Благодаря научному обоснованию и своевременной реализации разработанных при непосредственном участии автора эффективных технологических и технических решений, месторождение имеет перспективы поддержания высоких уровней добычи нефти на длительный период времени.

В четвертой главе представлены результаты исследований по созданию и внедрению системы мониторинга и регулирования процесса

разработки многопластовых месторождений с применением оборудования для ОРЭ пластов. В конкретных условиях Приобского месторождения рассмотрено рациональное выделение ЭО на базе учёта основных геолого-промысловых, технических и технологических параметров.

Основными недостатками совместной разработки пластов являются:

- снижение удельного дебита на 1 м вскрытого нефтенасыщенного разреза;
- "выключение" из эксплуатации наименее проницаемых интервалов;
- ухудшение характеристик вытеснения (обводнения);
- невозможность регулировать выработку запасов из отдельных пластов;
- увеличение накопленного водонефтяного фактора за весь срок добычи;
- снижение безводной и конечной нефтеотдачи многопластового объекта.

Отмеченные выше недостатки могут быть устранены при условии научно обоснованного применения на многопластовых месторождениях специального оборудования для осуществления ОРЭ и ОРД.

Приобское (ЮЛТ) месторождение характеризуется очень сложной структурой запасов нефти и представлено особо низкопроницаемыми сильно расчлененными коллекторами, требующими массового применения большеобъемных гидроразрывов, а также формирования дифференцированного (в т.ч. путём ОРЭ) воздействия на отдельные пачки пластов.

В работе охарактеризованы этапы внедрения технологии ОРЭ на месторождении, рассмотрены особенности и типы применяемого оборудования, средства и методы контроля и регулирования работы пластов в многопластовых нагнетательных скважинах (рисунок 1).

Автором выполнена детальная статистическая обработка данных по 298 нагнетательным скважинам ЮЛТ о геолого-промысловых параметрах пластов, разобщенных с помощью многопакерных систем. Из их числа ~ 2/3 скважин оснащено двухпакерными (рисунок 2), а 1/3 – трехпакерными установками ОРЭ.

В работе установлено трехкратное (в среднем) различие пластов AC_{10} и AC_{12} по проводимости (по отдельным скважинам это расхождение доходит до 100 раз). С точки зрения автора в этих условиях требу-

ется массовое применение внутрискважинного оборудования для ОРЗ воды.

На основе обобщения геолого-промысловых данных автором впервые в практике разработки многопластовых месторождений Западной Сибири обоснованы нижние пределы рационального применения оборудования ОРЗ в зонах малых толщин пластов. Установлено, что предельная нижняя величина нефтенасыщенной толщины пласта при этом должна быть не менее 3-5 м, а "критическая" проводимость пласта – не менее 10-20 мД·м.

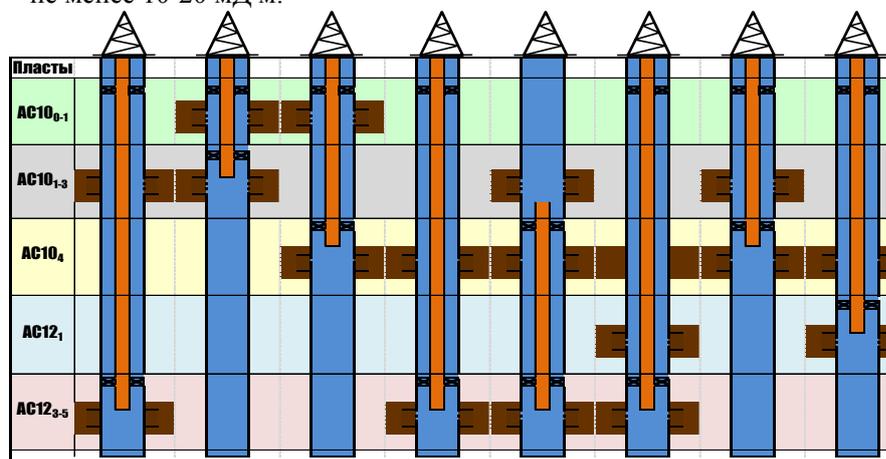


Рисунок 1. Схемы разобщения пластов компоновками ОРЗ

В результате детального изучения характеристик неоднородности разрезов как пластов АС₁₀, АС₁₂, так и объекта АС₁₀₋₁₂ в целом, с применением аналитических методов и трехмерного фильтрационного моделирования, автором сделан вывод о позитивном влиянии разобщения пластов с помощью оборудования ОРЗ на нефтеизвлечение многопластового объекта.

Автором указаны направления совершенствования технологии и создания нового оборудования для ОРЗ воды в продуктивные пласты:

- переход на цельнопроходные компоновки диаметром 89 мм;
- установка дополнительной скважинной камеры над верхним пакером;

– применение двухбарабанных подъемников (на проволоке и тросе) при проведении работ по определению приемистости, смене регуляторов расхода;

– проведение (совместно с ООО "Лифт-Ойл") стендовых испытаний компоновки ОРЗ с передачей информации об объемах закачки воды по объектам в режиме реального времени.

В главе 4 изложены результаты создания системы долговременного стационарного мониторинга разработки Приобского месторождения в условиях применения оборудования ОРЗ и ОРД. Разработана концепция мониторинга разработки месторождения (в режиме реального времени) путем организации интеллектуального нефтепромысла.

Обобщенный автором опыт внедрения систем ОРЭ пластов подтверждает высокую эффективность данной технологии, не только как технического инструмента разобщения пластов (таблица 1), но и как эффективного средства долговременного стационарного мониторинга разработки.

Таблица 1 – Эффективность применения ОРЗ при разработке Приобского месторождения (ЮЛТ)

Показатели	Годы					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Годовая добыча нефти, тыс.т	2697	4312	6281	7111	8179	9250
в т.ч. базовая (без ОРЗ)	2625	4161	6039	6816	7860	8894
дополнительная (за счет ОРЗ)	72	151	242	295	319	356
Фонд добывающих скважин	208	361	546	681	910	1098
Перевод скважин под ОРЗ	16	26	38	88	64	66*
Фонд нагнетательных скважин	43	90	153	302	437	573
в т.ч. с применением ОРЗ	16	42	80	168	232	298*
Доля скважин с ОРЗ, %	37	47	52	56	53	52
Приемистость скважин, м ³ /т	331	251	216	173	142	130
Дебит нефти скважины т/сут	58,1	47,4	41,2	29,9	29,6	26,5
Дебит жидкости скважин, т/сут	69,9	55,7	50,1	36,8	40,4	38,6
Обводненность продукции, %	16,8	15	17,9	22,4	26,7	31,2
Соотношение Nдоб/Nнагн. б/р	4,8	4	3,6	2,3	2,1	1,92

В работе показано, что применение глубинных электронных приборов является важнейшим направлением развития системы контроля разработки многопластовых месторождений. Отмечено, что мандрельные манометры – это универсальные технические средства для проведения ГДИ и контроля закачки воды в нагнетательных скважинах. Про-

водимые на ЮЛТ исследования скважин с помощью дистанционных комплексов являются эффективным средством получения информации о параметрах пластов в реальном времени. Реализованный при участии автора мониторинг режимов работы скважин с использованием стационарных датчиков явился важной основой для создания достоверных цифровых моделей пластов ЮЛТ.

Дальнейшим направлением развития систем ОРЗ на многопластовых месторождениях является применение новых технологических компоновок, совершенствование регулирующих устройств для перехода на дистанционное управление процессами ОРЗ в различные пласты в режиме реального времени.

Используемые в настоящее время в ООО «Газпромнефть-Хантос» технологии телеметрии, управления, визуализации, связи, обработки данных и анализа вполне соответствуют уровню, необходимому для практической реализации концепции интеллектуального месторождения. Это позволяет развивать далее технологии обработки данных, инженерного анализа, визуализации и автоматического управления процессом разработки.

Обобщенный обширный опыт массового и эффективного внедрения современного прогрессивного оборудования для ОРЗ рекомендуется применять на нефтеносных объектах Западной Сибири и России с аналогичными геолого-физическими характеристиками и условиями разработки.

В пятой главе представлены результаты многовариантных модельных расчётов по регулированию разработки многопластового объекта с применением ОРЭ. С этой целью была создана трехмерная модель центрального участка ЮЛТ. Увеличение продуктивности скважин после проведения ГРП в модели учтено посредством задания отрицательного скин-фактора. Влияние искусственной локальной анизотропии (определяющей прорывы воды вдоль рядов нагнетательных скважин) смоделировано путём изменения проводимости, а также измельчением ячеек. Подбор множителей проводимости осуществлён путём воспроизведения истории прорывов воды по скважинам со схожим местоположением, строением пластов и дизайном ГРП.

Многовариантное моделирование перераспределения объёмов закачки по пластам с помощью оборудования ОРЗ в нагнетательных скважинах подтвердило получение дополнительных объёмов добычи нефти от уменьшения закачки в пласт с наибольшей проницаемостью.

Максимальный прирост накопленной добычи нефти достигнут в варианте с уменьшением приемистости пласта AC_{10}^{1-3} в 4 раза. Этот пласт имеет среднюю проницаемость, вдвое большую, чем пласт AC_{12}^{3-5} . Ограничение закачки производилось с помощью оборудования ОРЗ в момент запуска скважины под нагнетание. Дополнительная добыча нефти составляет 891 тыс.т или 3 % от добычи нефти по базовому (без ОРЗ) варианту (рисунок 3).

При ограничении закачки в пласт AC_{10}^{1-3} непосредственно "в момент ввода" скважин в ППД – по объекту возникают потери (в основном, в начальный период) в добыче нефти: за 5 лет потери составляют 4%, а за 10 лет – 2% от базового варианта. Перераспределение закачки воды по пластам с помощью ОРЗ ("после прорыва воды" в добывающие скважины по пласту AC_{10}^{1-3}) позволяет снизить потери в добыче за 5-10 лет до уровня 0-1 %. В этом случае дополнительная добыча нефти за весь период разработки объекта остается неизменной – на уровне 2,7 %.

В области исследования технологий ОРД установлено, что ограничение притока жидкости в добывающих скважинах (из пласта с высокой обводненностью) позволяет продлить экономически рентабельный срок работы скважин. При оптимальном сочетании ОРЗ и ОРД дополнительная добыча нефти после перераспределения объемов закачки (за счет ОРЗ) и выключения (за счет ОРД) обводнившихся интервалов – достигнет по участку 1948 тыс.т. нефти, что на 7% выше, чем в базовом варианте без ОРЗ и ОРД.

Внедрение оборудования ОРЗ на Приобском месторождении носит системный и массовый характер, оказывая значительное влияние на текущие показатели разработки. Автором показано, что за счет применения оборудования ОРЗ получен значительный объем дополнительной нефти: за 2005-2010гг. – 1435 тыс.тонн, в т.ч. в 2010г. – 356 тыс.тонн.

Используя аналитические методы, автором впервые показано, что за счет разделения пластов путём широкого внедрения ОРЭ по Приобскому месторождению удастся увеличить КИН – с 0,27 до 0,31 (таблица 2), прирастив накопленную за весь технологический срок разработки добычу нефти на 45 млн.т.

С экономических позиций применение на Приобском месторождении новых технологий ОРЗ представляется вполне оправданным. Доходы от реализации дополнительных объемов нефти покрывают расходы на приобретение, монтаж, обслуживание оборудования ОРЗ, осуществ-

ление технологических процессов извлечения и подготовки дополнительных объемов нефти

Таблица 2 – Оценка КИН при различных вариантах разработки

Варианты	Объект	$K_{\text{выг}}$	$K_{\text{охв}}$	$K_{\text{зав}}$	КИН
Совместная разработка	АС ₁₀₋₁₂	0,507	0,75	0,71	0,27
Разработка с применением ОРЭ	АС ₁₀	0,548	0,75	0,796	0,327
	АС ₁₁	0,548	0,75	0,894	0,367
	АС ₁₂	0,475	0,75	0,81	0,289
	В сумме	0,507	0,75	0,804	0,306
	Разница	-	-	+0,094	+0,036

Оценённый автором дисконтированный NPV, достигнутый за счёт внедрения оборудования ОРЭ на ЮЛТ Приобского месторождения за 2005-2010гг., составил 2,773 млрд.рублей (рисунок 4).

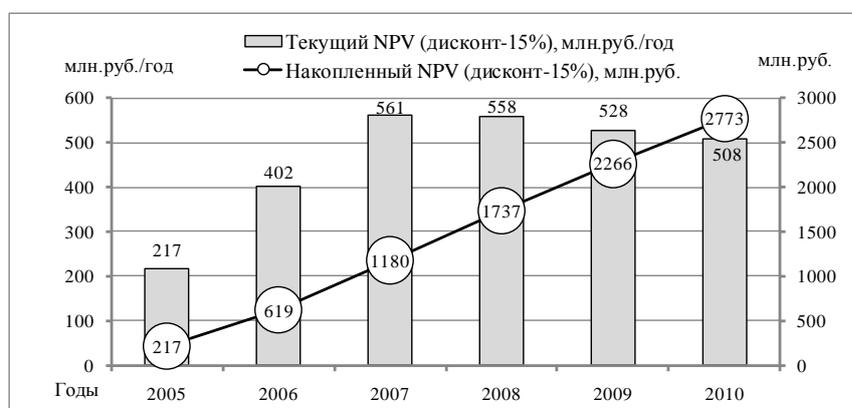


Рисунок 4. Динамика дополнительного дисконтированного дохода NPV недропользователя, полученного за счет реализации технологии ОРЭ

В целом, исследованный и обобщенный автором значительный объём материалов геолого-промысловой, технической, технологической и экономической направленности убедительно раскрывает условия и факторы достижения выдающихся результатов в нефтедобыче, полученных в крайне сложных природных условиях на уникальном Приобском (ЮЛТ) месторождении.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Изучены ключевые особенности геологического строения продуктивных горизонтов Приобского месторождения (южная лицензионная территория), оказывающих влияние на эффективность применения оборудования для одновременной раздельной закачки воды.

2. Выполнен анализ и научное обобщение результатов применения современных технологий интенсификации добычи нефти на Приобском месторождении (большеобъемные массивированные гидроразрывы пластов в сочетании с созданием высоких депрессий), обеспечивших высокие темпы извлечения нефти из особо низкопроницаемых пластов.

3. Обобщены результаты массового применения прогрессивной технологии одновременно-раздельной закачки в два и более пласта на Приобском месторождении. Установлено количественное влияние указанной технологии на прирост общей добычи и нефтеотдачи.

4. Впервые разработаны критерии (нижние пределы геологических параметров разобшаемых пластов) и условия эффективного применения оборудования для одновременно-раздельной закачки воды в особо низкопроницаемые коллектора.

5. Для условий Приобского месторождения проведено многовариантное трехмерное гидродинамическое моделирование регулирования процесса вытеснения нефти водой из двухпластового объекта (представленного разнопроницаемыми коллекторами) с помощью оборудования для одновременно-раздельной добычи и закачки. Установлен рациональный срок начала реализации ОРЗ, а также наилучшие параметры регулирования процесса совместно-раздельного вытеснения нефти водой из объекта.

6. Впервые в России разработана и внедрена в промышленных масштабах технология долговременного стационарного мониторинга режимов эксплуатации добывающих скважин с помощью установки специальных глубинных датчиков, устанавливаемых на приеме погружных насосов.

7. Исследованы технологические возможности и перспективы перехода к мониторингу процесса разработки Приобского месторождения (в т.ч. и в части контроля за ОРЗ) в режиме реального времени.

8. С помощью аналитических методов и трехмерного моделирования установлено конкретное количественное влияние применяемых на Приобском месторождении технологий ОРЗ и ОРД на ожидаемое увеличение конечного коэффициента нефтеизвлечения.

9. Впервые в Западной Сибири рассмотрена и доказана высокая технико-экономическая эффективность внедрения технологий ОРЗ на Приобском месторождении в период с 2005 по 2010 год.

10. Полученные новые научные результаты нашли широкое практическое применение на Приобском (ЮЛТ) месторождении и рекомендуются к реализации на аналогичных объектах нефтяных месторождений России.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих печатных работах:

1. Барышников А.В. Формирование системы промыслового мониторинга на основе долговременных исследований стационарными датчиками на приеме насоса / А.В. Барышников, Э.Ф. Габдрашитов, Л.Ф. Никуров, Д.Н. Гуляев, В.В. Кокурина, М.И. Кременецкий // Нефтяное хозяйство, 2009. № 12. С. 41-44.

2. Овечкина В.Ю. Мониторинг сейсмогеологической модели 3D при эксплуатационном разбуривании месторождения / В.Ю. Овечкина, С.А. Зырянов, Ю.В. Филиппович, А.В. Барышников // Нефтяное хозяйство, 2009. № 12. С. 19-21.

3. Барышников А.В. Внедрение и совершенствование технологии одновременно-раздельной эксплуатации скважин на Южной лицензионной территории Приобского месторождения / А.В. Барышников, Д.Б. Поляков, Р.Ф. Шаймарданов // Нефтяное хозяйство, 2010. №5. С.121-123.

4. Барышников А.В. Результативность долговременного мониторинга совместной разработки пластов системами одновременно-раздельной добычи на Приобском месторождении / А.В. Барышников, В.В. Сидоренко, М.И. Кременецкий // Нефтяное хозяйство, 2010. №6. С.30-33.

5. Барышников А.В. Решение проблемы интерпретации результатов гидродинамических исследований низкопроницаемых коллекторов с гидроразрывом на основе анализа снижения дебита скважин / А.В. Барышников, В.В. Сидоренко, В.В. Кокурина, М.И. Кременецкий, А.А. Ридель, С.И. Мельников // Нефтяное хозяйство, 2010. №12. С.42-45.

6. Барышников А.В. Опыт применения и перспективы развития технологии одновременно-раздельной закачки на Южно-Приобской лицензионной территории / А.В. Барышников, О.А. Кофанов,

Д.Р. Галеев, О.М. Гарипов, Э.Л. Мустафин // Нефтяное хозяйство, 2010. №12. С.66-68.

7. Барышников А.В. Особенности применения одновременно-раздельной эксплуатации скважин на ЮЛТ Приобского месторождения / А.В. Барышников, О.А. Кофанов, В.В. Сидоренко, А.М. Брезин, М.И. Кременецкий, В.В. Кокурина // SPE – 138089. 2010. С.1-14.

8. Барышников А.В. Реализация концепции мониторинга в реальном времени ЮЛТ Приобского месторождения / А.В. Барышников, В.В. Сидоренко, А.Н. Тычинский, Ю.И. Тимохович, Д.А. Сафронов, А.В. Гладков, Д.Е. Кондаков // SPE – 136375. 2010. С.1-14.

9. Барышников А.В. Полномасштабное моделирование Приобского месторождения (ЮЛТ) с сопряжением секторных моделей / А.В. Барышников, В.В. Сидоренко, Ю.И. Тимохович, С.В. Костюченко, А.С. Бороздиловский, А.О. Есаулов// Материалы 9-ой научно-технической конференции: Современные технологии гидродинамических исследований скважин на всех стадиях разработки месторождений. Томск, 2010. С.74-76.

10. Барышников А.В. Особенности применения гидродинамических исследований при одновременно-раздельной эксплуатации нескольких объектов на ЮЛТ Приобского месторождения / А.В. Барышников, В.В. Сидоренко, А.М. Брезин // Материалы 9-ой научно-технической конференции: Современные технологии гидродинамических исследований скважин на всех стадиях разработки месторождений. Томск, 2010. С.32-38.

11. Барышников А.В. Результаты проведения пенного гидроразрыва пласта на Южно-Приобском месторождении / А.В. Барышников, Р.Р. Ямилов, А.В. Сурков, С.А. Верещагин, М.В. Опарин, Д.В. Мельников // Нефтяное хозяйство, 2011. №1. С.76-77

12. Патент № 102368 РФ, RU 21В 43/14. Устройство для одновременно-раздельной закачки рабочего агента в два продуктивных пласта /А.В. Барышников, Д.Б. Поляков, Р.Ф. Шаймарданов; заявитель и патентообладатель ООО «Лифт Ойл», Д.Б. Поляков – №2010145000/03; заявл.13.11.2010; опубл. 27.02.2011.

13. Янин А.Н. Оценка влияния массового применения ОРЗ на нефтеотдачу многопластового низкопроницаемого объекта /А.Н. Янин, А.В. Барышников, О.А. Кофанов, А.Я. Трухан // Бурение и нефть, 2011. №5. С.46-49.

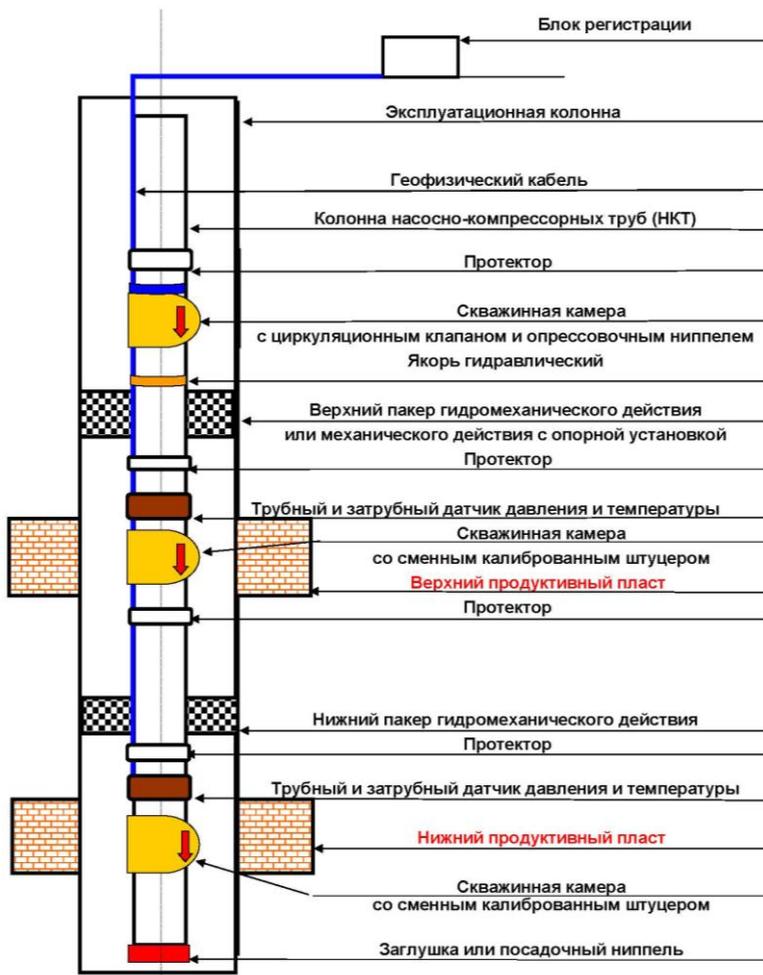


Рисунок 2. Схема устройства для одновременно-раздельной закачки рабочего агента в два продуктивных пласта (патент № 102368 РФ, RU 21В 43/14)

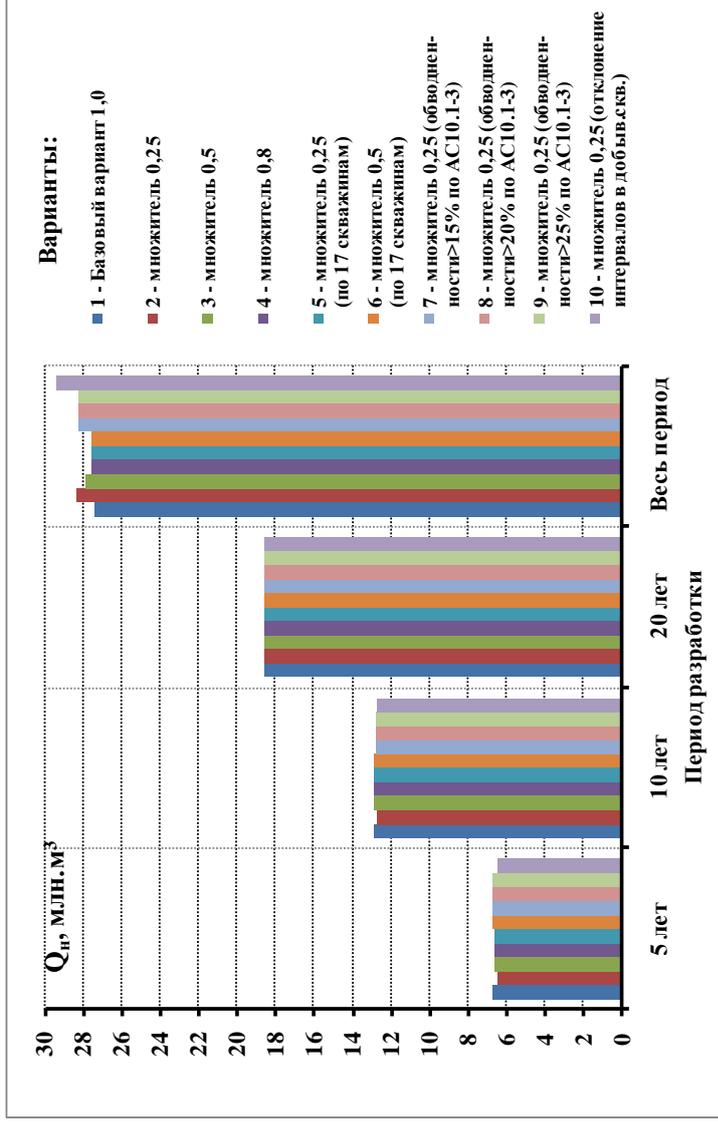


Рисунок 3. Накопленная добыча нефти для различных вариантов ограничения закачки воды в верхний пласт с помощью ОРЗ