УДК 622.276

Акмалдинов Р.Н.,
студент 2 курса направления подготовки
«Разработка нефтяных и газовых месторождений»
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
г. Тюмень
Научный руководитель: Забоева М.И.,
доцент кафедры «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»,
г. Тюмень

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОРЗ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ “Х” ПО ДАННЫМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И ПРОМЫСЛОВО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Аннотация: *Статья посвящена оценке эффективности ОРЗ на нефтяном месторождении «Х» - объекте с трудноизвлекаемыми запасами и высокой неоднородностью пластов. На основе комплексного анализа данных ГДИС и ПГИ доказана способность системы ОРЗ обеспечивать селективное управление фильтрационными потоками, перераспределять закачку в низкопроницаемые пласты и вовлекать в разработку ранее недренируемые запасы.*

Ключевые слова: *низкопроницаемые коллекторы, профиль приемистости, гидродинамические исследования скважин, одновременная-раздельная закачка, промыслово-геофизические исследования.*

Akmaldinov R.N.,
second-year student majoring in Oil and Gas Field Development
Tyumen Industrial University,
Tyumen
Academic Supervisor: Zaboeva M.I.,
Associate Professor, Department of Oil and Gas Field
Development and Operation, PhD in Engineering
Tyumen Industrial University,
Tyumen

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE OPERATIONAL DEVELOPMENT SYSTEM AT FIELD "X" BASED ON HYDRODYNAMIC AND PRODUCTION GEOPHYSICAL SURVEYS

Abstract: *This article evaluates the effectiveness of the operational development system at oil field "X" – a site with hard-to-recover reserves and highly heterogeneous formations. A comprehensive analysis of well testing and production geophysical data demonstrates the ability of the operational development system to selectively control filtration flows, redistribute injection into low-permeability formations, and bring previously undrained reserves into development.*

Keywords*: low-permeability reservoirs, injectivity profile, well testing, simultaneous-separate injection, production geophysical research.*

В современной практике разработки зрелых нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами особую актуальность приобретают технологии, обеспечивающие селективное воздействие на неоднородные пласты. Одной из ключевых технологий такого рода является одновременная-раздельная закачка (ОРЗ), позволяющая через одну

нагнетательную скважину вести регулируемую закачку в несколько продуктивных пластов [1]. Применение ОРЗ становится необходимым при значительном различии в приемистости пластов, когда доминирующая закачка в один высокопроницаемый интервал ведёт к его преждевременному обводнению и образованию неразработанных остаточных запасов в соседних слоях. Эта технология направлена на выравнивание профиля заводнения и равномерное вовлечение запасов.

Эффективное управление процессом заводнения в таких условиях невозможно без достоверной и комплексной информации о фильтрационных свойствах коллекторов, распределении пластовой энергии и реальном профиле приемистости нагнетательных скважин. В этом контексте возрастает роль интегрального подхода, сочетающего данные гидродинамических и промыслово-геофизических исследований. Гидродинамические исследования предоставляют количественные параметры пласта и скважины [2], в то время как промыслово-геофизический контроль позволяет визуализировать и верифицировать распределение потоков по интервалам в реальном времени. Синтез этих методов формирует надежную основу не только для диагностики проблем разработки, но и для объективной оценки результативности применяемых геолого-технических мероприятий, таких как технологии одновременной-раздельной закачки.

В качестве объекта для детального рассмотрения выбрана нагнетательная скважина «Х», вскрывающая два основных продуктивных пласта - АС10 и АС11.

Интерпретация проводилась на основе комплекса исследований, включающего снятие индикаторных диаграмм (ИД) и анализ кривых восстановления давления (КВД) для определения интегральных параметров пласта и скважины.

На основе интерпретации данных ГДИ была выполнена настройка системы ОРЗ. Контрольные исследования профиля приемистости (ПГИ),

проведенные после регулировки, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Контрольные исследования профиля приемистости (ПГИ)

Режим	Qобщ. м3/сут	Рбуф. кгс/см2	АС10		АС11		Qпги. м3/сут	%	
мм			Q. м3/сут	Рзаб. кгс/см2	Q. м3/сут	Рзаб. кгс/см2		АС10	АС11
28	441,0	213,1	88	438,8	353	442,7	471	20,0	80,0
8	252,0	197,3	50	434,4	202	438,4	285	20,0	80,0
6	200,0	191,2	40	430,3	160	434,3	223	20,2	79,8
4	111,0	180,7	22	422,3	89	426,3	115	20,0	80,0
3	66,0	172,8	14	415,1	52	419,1	78	20,5	79,5
2	38,0	163,2	8	405,8	30	409,8	45	22,2	77,8

Для верификации выводов и количественной оценки результатов технологического воздействия (ОРЗ) использовались данные промыслово-геофизических исследований (ПГИ), в частности расходометрии, фиксирующие пространственное распределение закачки по пластам. На основе интерпретации данных ГДИ была выполнена настройка системы ОРЗ. Контрольные исследования профиля приемистости (ПГИ), проведенные после регулировки, представлены в таблице 1.

Анализ табличных данных подтверждает стабильное функционирование системы ОРЗ и достижение целевого перераспределения фильтрационных потоков. Установлено, что приемистость низкопроницаемого пласта АС10 составляет 20–22% от общего расхода. При этом для поддержания закачки в данный пласт требуются значения забойного давления, существенно превышающие уровень, достаточный для интенсификации потока в более проницаемый пласт АС11. Этот факт демонстрирует работу принципа ОРЗ, основанного на селективном повышении давления на отстающий интервал для компенсации его высокого фильтрационного сопротивления.

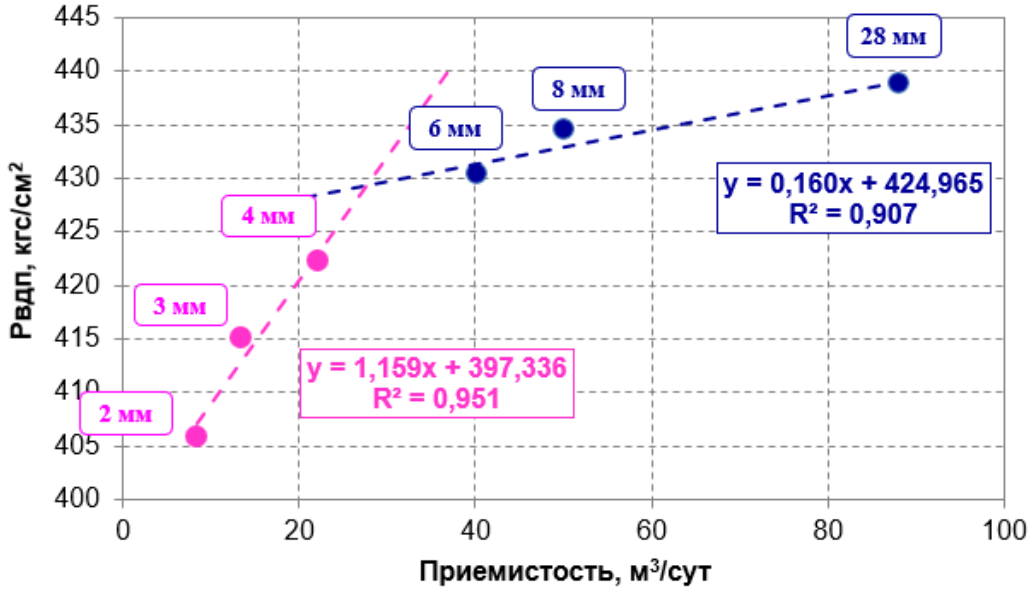

Рисунок 1. Индикаторная диаграмма пласта АС10

На Рисунке 1 и Рисунке 2 представлены индикаторные диаграммы (ИД) для пластов АС10 и АС11, построенные по данным исследований при различных диаметрах штуцера (от 2 до 28 мм). Их анализ позволяет количественно оценить фильтрационные свойства горизонтов и обосновать выбор оптимального режима работы системы ОРЗ.

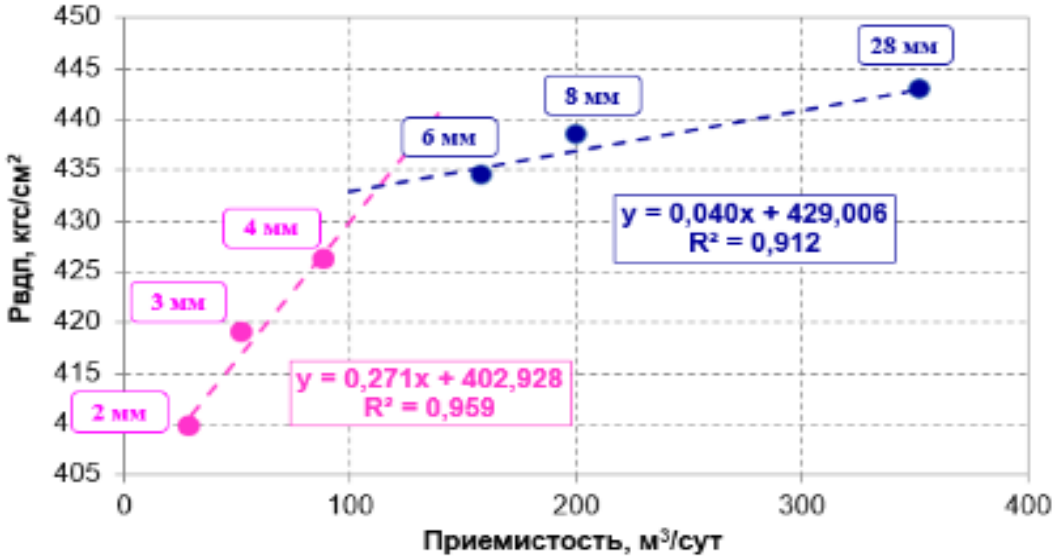

Рисунок 2. Индикаторная диаграмма пласта АС11

На основе данных из таблицы 1 были построены индикаторные диаграммы для пластов АС10 и АС11. Их анализ количественно подтвердил радикальное различие в фильтрационных свойствах горизонтов, выявленное при контроле профиля приемистости.

Для пласта АС11 получена классическая линейная зависимость с высоким угловым коэффициентом, что указывает на предсказуемую фильтрацию, характерную для основного продуктивного интервала, обеспечивающего ~80% общей приемистости.

Для пласта АС10 установлена аномальная зависимость с почти нулевым наклоном, подтверждающая его низкую приемистость (~20%) и необходимость поддержания стабильно высокого давления (>425 кгс/см²) для вовлечения в процесс закачки. Это гидродинамически обосновывает принцип работы системы ОРЗ, которая селективно повышает давление именно на отстающий интервал (АС10) для компенсации его высокого фильтрационного сопротивления.

На Рисунке 3 представлена динамика забойных давлений и суммарной приемистости скважины за период с 20.08.21 по 29.09.21. Анализ графика показывает нетривиальное распределение давлений: забойное давление на основном высокоприемистом пласте АС11 (80% расхода) стабильно выше. В то время как давление на низкоприемистом пласте АС10 (20% расхода) устойчиво ниже. Это свидетельствует о том, что ограничение притока в данный пласт связано не с необходимостью преодоления высокого перепада давления, а с его внутренними свойствами, целесообразно рассматривать проведение целенаправленных геолого-технических мероприятий (ГТМ). При этом общая приемистость скважины (линия Приемистость ТМ) сохраняется на стабильном уровне (~200 м³/сут), что доказывает работоспособность системы в выбранном режиме.

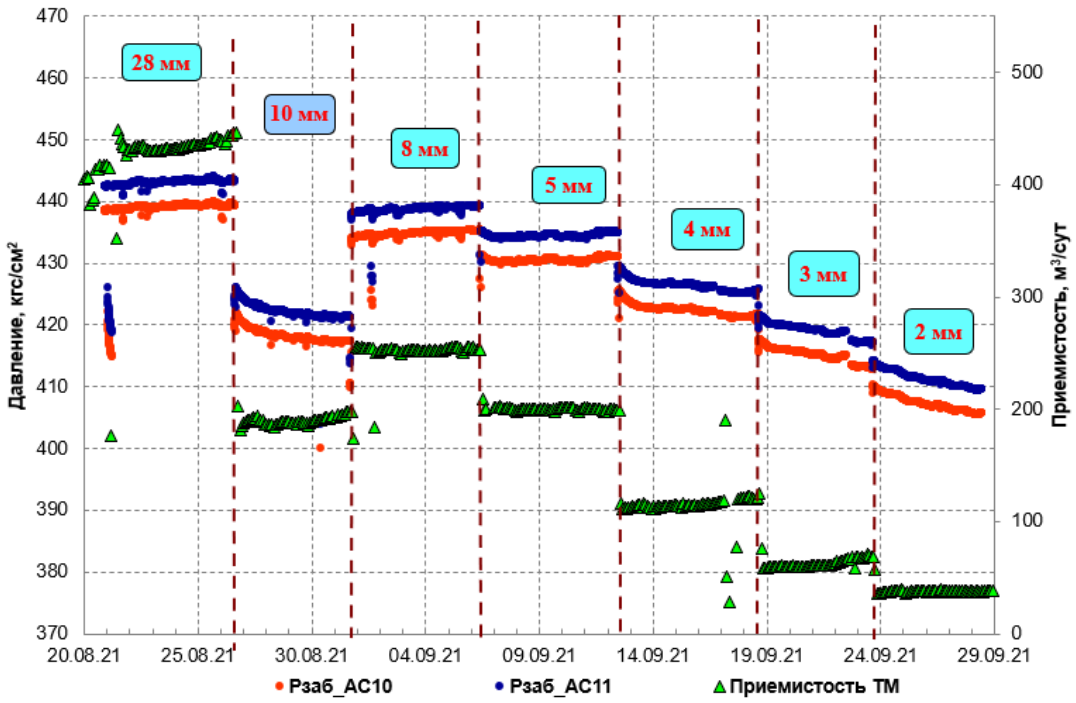

Рисунок 3. Динамика забойных давлений и суммарной приемистости

Анализ работы добывающих скважин, без ГТМ, на данном участке до и после спуска оборудования ОРЗ показал, что после регулировки обводненность отбираемой продукции значительно снизилась, а дебит нефти увеличился. Рассмотрим другую скважину, эксплуатируемую с системой ОРЗ:

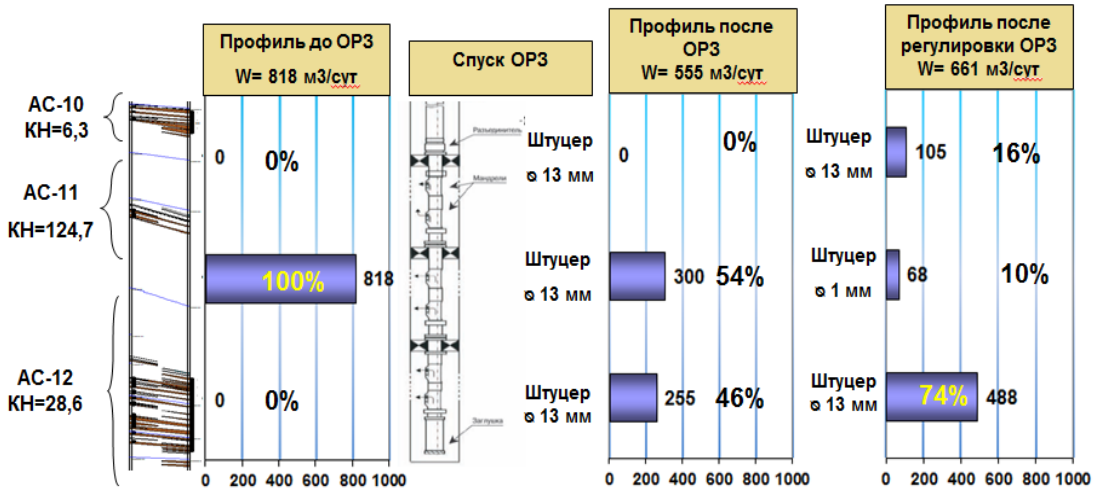

Рисунок 4. Профиль приемистости до и после регулировок на скв. «Х»

Нужно отметить, что за счет оптимизации режима работы

нагнетательных скважин удалось повысить эффективность применения технологии ОРЗ, и к концу 2019г. накопленная дополнительная добыча нефти от регулировок составила 1676,0 тыс. т (рисунок 5).

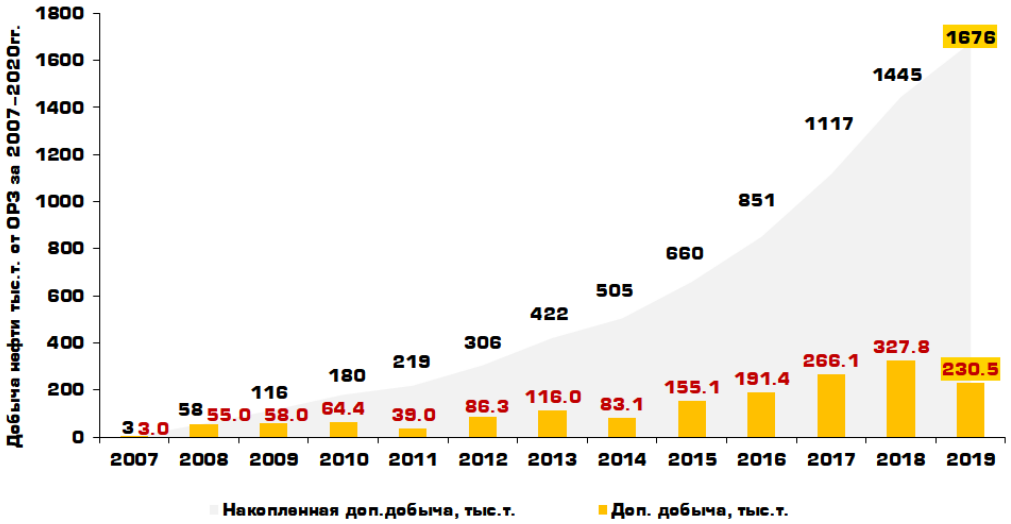

Рисунок 5. Оценка дополнительной добычи от регулировок

Таким образом, использование оборудования одновременно-раздельной закачки позволило получить дополнительную добычу нефти за счет замедления темпов роста обводненности путем ограничения закачки в промытый пласт и перераспределения закачки в горизонты, ранее не вовлеченные в процесс разработки.

Библиографический список:

1. Ворошилов И. А. Эффективность технологии одновременно-раздельной закачки воды при эксплуатации Приобского нефтяного месторождения (ХМАО): бакалаврская работа; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); науч. рук. Е. В. Курганова. - Томск, 2017.
2. Колев, Ж. Алгоритм анализа гидродинамических исследований в скважинах с трещиной гидравлического разрыва пласта [Текст] / Ж.М. Колев // Актуальные проблемы нефти и газа. - 2023. - № 2. - С. 45-52.