

УДК 622.276

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ
НЕСТАЦИОНАРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ В РАЗРАБОТКЕ
ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ НЕОДНОРОДНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ
МАЛОВЯЗКОЙ НЕФТИ**

**MODEL STUDY OF NON-STATIONARY WATER FLOODING FOR
DEVELOPMENT OF HIGH-PRODUCTION NONUNIFORM
PERMEABLE LOW-VISCOSITY OIL RESERVOIRS**

¹Владимиров И.В., ²Альмухаметова Э.М., ³Уметбаев В.Г.

¹ООО «Конкорд», г. Москва, Российская Федерация

²Филиал УГНТУ, г. Октябрьский, Российская Федерация

³ОАО НПФ «Геофизика», г. Уфа, Российская Федерация

¹ I.V.Vladimirov, ² E.M.Almukhametova, ³ V.G.Umetbaev

¹ООО Konkord, Moscow, Russian Federation

²UGNTU Branch, Oktyabrsky, Russian Federation

³ОАО NPF Geofizika, Ufa, Russian Federation

E-mail: elikaza@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты оценки, путем гидродинамического моделирования, условий эффективного применения нестационарного заводнения (НЗ) в послойно неоднородных по проницаемости коллекторах маловязкой нефти. Приводятся количественные показатели увеличения дебита нефти и снижения обводненности при различных величинах ее в начале применения НЗ.

Abstract. The paper presents results of reservoir-simulation-based evaluation of non-stationary water flooding of low-viscosity nonuniform permeable oil reservoirs. Quantitative indicators of oil production rate increase and watercut decrease vs. initial values are presented.

Ключевые слова: нестационарное заводнение; проницаемость; неоднородность; гидродинамическое моделирование; коллектор; эффективность; дебит; обводненность.

Key words: non-stationary water flooding; permeability; heterogeneity; reservoir simulation; reservoir; efficiency; oil flow rate; watercut.

Несмотря на богатый опыт применения технологий нестационарного заводнения (НЗ) на нефтяных месторождениях бывшего СССР [1-3], для дальнейших исследований остается обширное поле проблем, связанных как с чисто теоретическими вопросами нестационарного воздействия, так и с задачами практического применения технологии.

Одна из таких задач - это период в разработке залежи, когда еще имеет смысл применение нестационарного заводнения, то есть существует ли зависимость технологического эффекта нестационарного заводнения от «стартовой обводненности» (при которой начинают применение НЗ) реагирующих добывающих скважин?

Ниже приводятся результаты исследований путем гидродинамического моделирования условий эффективного применения нестационарного воздействия и влияния циклической закачки воды на конечную нефтеотдачу пласта при разных «стартовых обводненностях».

Применение нестационарного заводнения в неоднородном по проницаемости коллекторе. Используемая модель.

Выработка запасов нефти из продуктивного пласта при нестационарном заводнении изучалась на математической модели трехфазной фильтрации. В качестве инструмента исследований использовался пакет гидродинамического моделирования "Tempest-More" (производитель Roxar) версии 6.7.1. [4].

Рассматривается участок залежи размером 1000 X 1000 X 10 м (рисунок 1). Начальная нефтенасыщенность коллектора изменяется по разрезу пласта от $S_0=0.86$ д.ед. в подошве до $S_0=0.87$ в кровле. Начальные пластовые давление и температура – $P_0=11.6$ МПа, $T_0=51^\circ\text{C}$. Плотность и вязкость воды в пластовых условиях составили 1100 кг/м^3 и $0.83 \text{ мПа}\cdot\text{с}$, соответственно. Плотность нефти в поверхностных условиях 800 кг/м^3 . В пластовых условиях вязкость нефти $2.7 \text{ мПа}\cdot\text{с}$, газосодержание $19 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Давление насыщения нефти газом – 4.5 МПа. Относительные фазовые проницаемости представлены на рисунке 2. При описании совместного движения фаз используются относительные фазовые проницаемости согласно второй модели Стоуна [4].

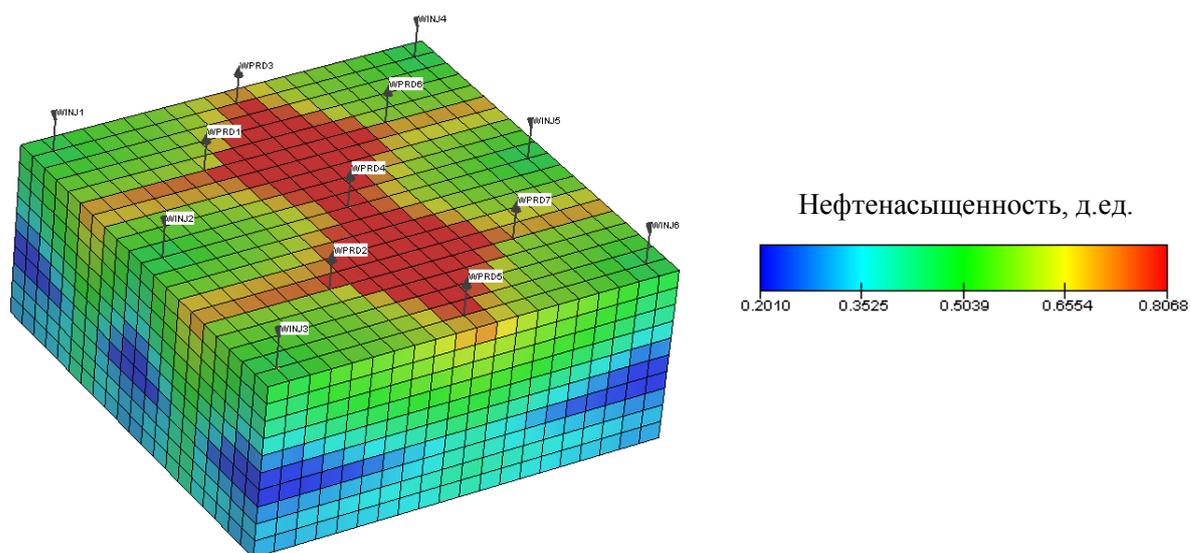


Рисунок 1. Куб текущей нефтенасыщенности неоднородного коллектора с расположением скважин.

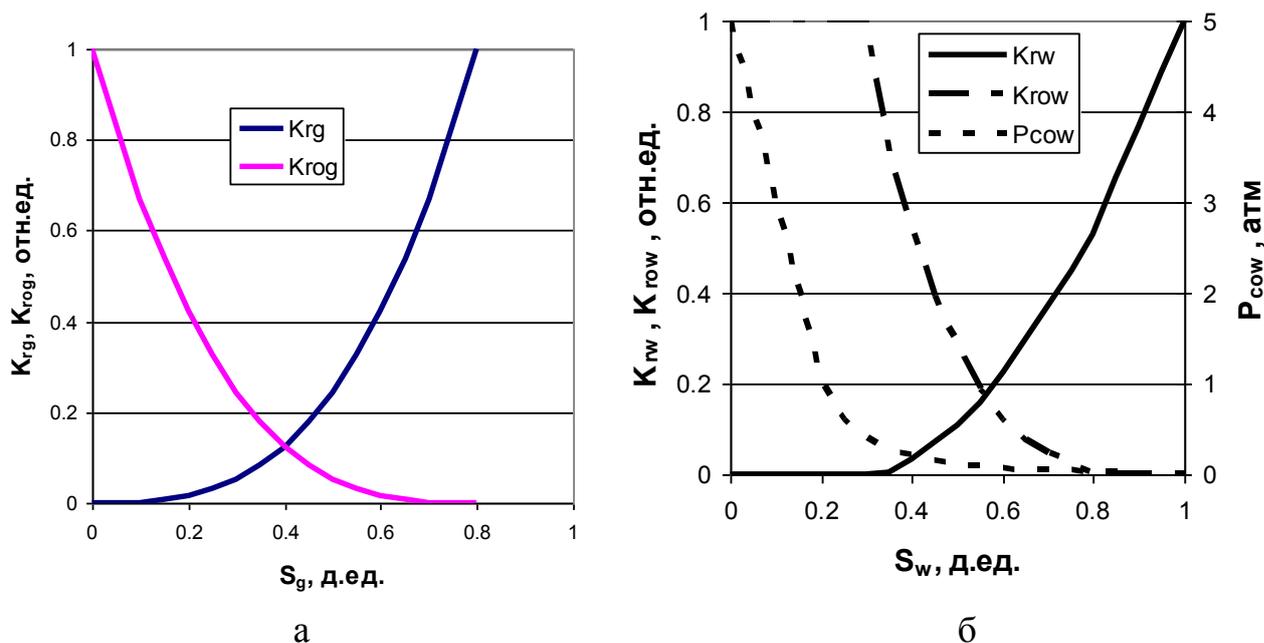


Рисунок 2. Относительные фазовые проницаемости модельного пласта для нефти, воды и газа. а) – ОФП в системе «нефть-вода», б) ОФП в системе «нефть-газ».

Следует отметить, что описанные выше условия соответствуют реальному объекту – горизонту М1 месторождения Кумколь (Республика Казахстан).

Участок залежи разбурен сеткой скважин с рядной схемой расположения нагнетательных и добывающих скважин. Среднее расстояние между нагнетательными и добывающими скважинами изменяется от 320 до 450 м.

Технологические условия разработки участка залежи следующие. Все добывающие и нагнетательные скважины запускаются в работу одновременно. В скважинах перфорирована вся толща пласта. Для нагнетательных скважин установлен максимальный порог приемистости в $1000 \text{ м}^3/\text{сут}$ при максимально возможном забойном давлении 20,0 МПа. В качестве регулирующего параметра задается условие 100%-ной компенсации отборов жидкости закачкой воды. На работу добывающих скважин ограничения не накладываются.

Расчеты ведутся до достижения предельной обводненности добываемой продукции - 98%, после чего моделирование разработки участка прекращается.

Дополнительным условием сопоставимости результатов является требование на совпадение динамик накопленных объемов закачанной воды для базовых и соответствующих вариантов с нестационарным заводнением. Данное требование позволило исключить влияние на результаты сопоставления эффектов значительного повышения (понижения) пластового давления при осуществлении нестационарного заводнения. Указанные выше условия являются неизменными для всех рассмотренных ниже гидродинамических задач.

Исследование эффективности нестационарного воздействия проводится на примере послойно неоднородного по проницаемости коллектора с различными значениями коэффициента проницаемости низкопроницаемых слоев (в данной группе задач фиксировалось значение проницаемости высокопроницаемого слоя и изменялись значения низкопроницаемых слоев). Для каждой комбинации коэффициентов проницаемости слоев рассматривались несколько вариантов, из которых базовый предусматривал стационарное заводнение, а варианты с НЗ отличались стартовыми значениями обводненности.

Для сопоставления результатов, полученных при разных значениях коэффициента проницаемости коллектора, предполагается, что пористость коллектора (следовательно, и геологические запасы нефти) одинакова для всех рассматриваемых ниже задач ($m=0.29$ д.ед., начальные геологические запасы нефти – 2611.6 тыс. м³).

В качестве модели неоднородного коллектора рассмотрен послойно неоднородный по проницаемости коллектор, состоящий из трех гидродинамически связанных слоев, в середине пласта расположен высокопроницаемый слой с фиксированным значением коэффициента

проницаемости $K_{\text{вп}}=2.0 \text{ мкм}^2$. Сверху и снизу по разрезу расположены низкопроницаемые слои, проницаемость которых, в зависимости от задачи, меняется от 0.001 до 0.1 мкм^2 . Модель такого послойно неоднородного по проницаемости пласта изображена на рисунке 3. Все слои имеют приблизительно равные толщины.

Зависимость эффективности технологии нестационарного заводнения от соотношения проницаемостей высокопроницаемого и низкопроницаемых слоев.

В данной группе задач для каждого значения проницаемости низкопроницаемых слоев рассматривались два варианта – базовый со стационарной закачкой и нестационарная закачка воды с полупериодом простоя/работы нагнетательных скважин, равным 3 суткам.

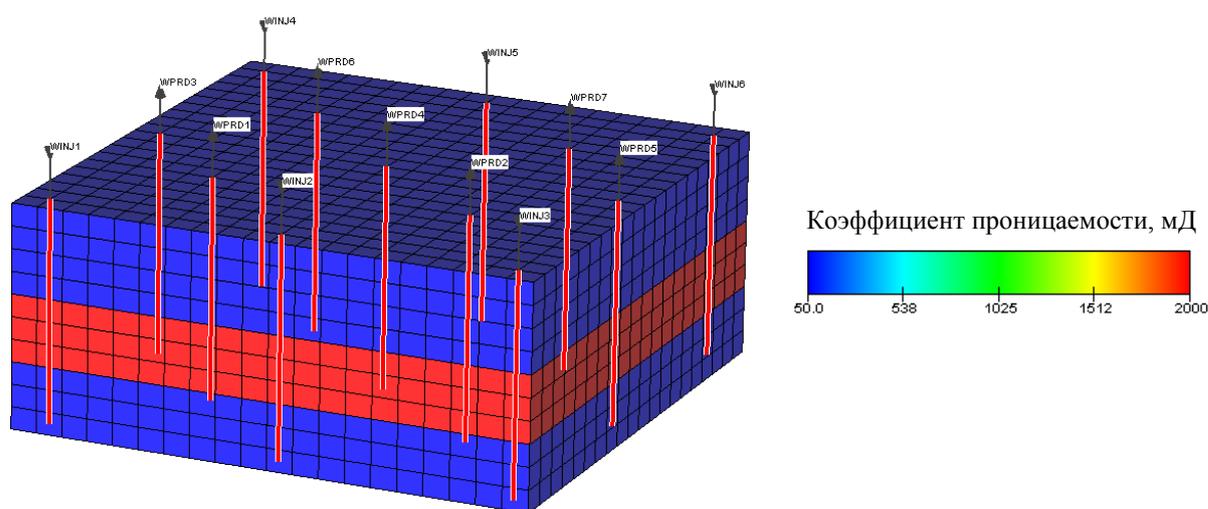


Рисунок 3. Куб проницаемости послойно неоднородного по проницаемости коллектора. Коэффициент проницаемости высокопроницаемого слоя $K_{\text{вп}}=2.0 \text{ мкм}^2$, низкопроницаемых слоев 0.05 мкм^2 .

Нестационарное заводнение начиналось при достижении обводненности добываемой жидкости в 90%.

Для описания величины технологической эффективности НЗ введем коэффициент, характеризующий величину отклонения от базового варианта в долях базового варианта, т.е. $\eta = \frac{\alpha_{НЗ}^t - \alpha_{база}^t}{\alpha_{база}^t}$, где α – величина текущего дебита нефти. На рисунке 4 представлены относительные изменения текущего дебита нефти и абсолютное изменение обводненности в результате применения циклической закачки воды. Кривые получены при разных значениях проницаемости низкопроницаемых слоев. Подписи к кривым технологических показателей содержат значение коэффициента проницаемости верхнего и нижнего (низкопроницаемых) слоев в мД.

Наиболее ярко нестационарное заводнение проявляется в пласте с высокой послойной неоднородностью поля проницаемости, когда в разрезе пласта присутствуют низкопроницаемые и высокопроницаемые слои, проницаемости которых отличаются на два порядка и выше. При этом эффект нарастает резко, практически сразу после начала циклической закачки воды.

Если же послойная неоднородность проницаемости коллектора незначительна (для данной задачи проницаемости слоев отличаются на порядок), то эффект от циклической закачки нарастает плавно и не столь значителен по величине. Это связано с тем, что для коллектора с невысокой послойной неоднородностью поля проницаемости при заводнении не образуется обширного контакта «заводненный высокопроницаемый слой – нефтенасыщенный низкопроницаемый слой», т.к. фронт заводнения близок к вертикальному (вернее к наклонному из-за гравитационного разделения фаз). Величина эффекта от НЗ для такого типа коллектора ниже, чем для пласта с высокой неоднородностью поля проницаемости.

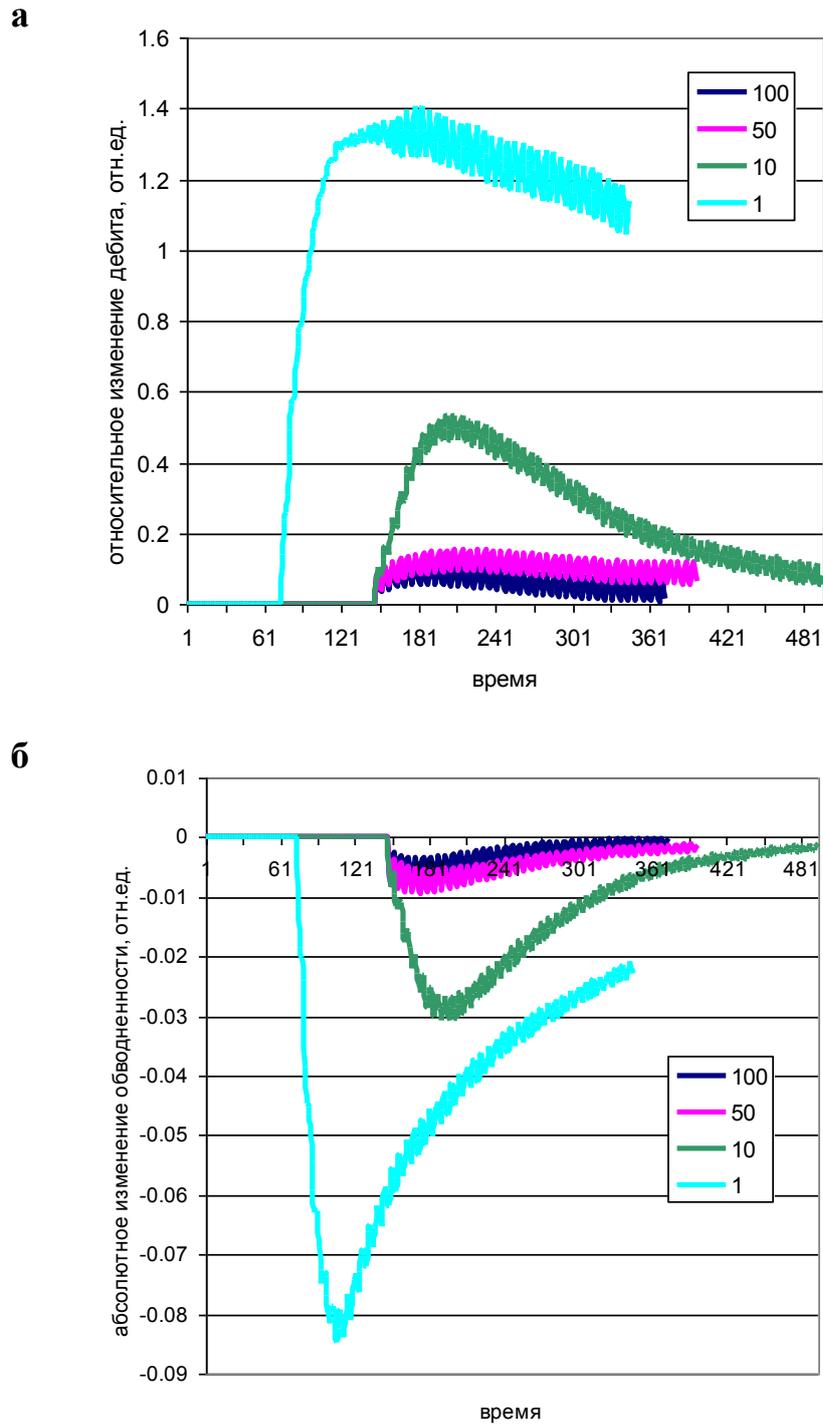


Рисунок 4. Относительные изменения дебита нефти (а) и абсолютное изменение обводненности (б) участка в результате применения нестационарного воздействия на послойно неоднородный по проницаемости коллектор с разным показателем проницаемостной неоднородности.

Итак, хорошо видно, что для коллектора с высокой неоднородностью поля проницаемости эффект от НЗ резко возрастает до максимальной величины (дебит в максимуме возрастает более чем в 2 раза), а затем снижается. Обводненность также резко уменьшается (более чем на 8%), затем наблюдается тенденция к возврату к базовым значениям. Для коллектора с незначительной послойной неоднородностью поля проницаемости эффект от НЗ плавно нарастает, затем также плавно снижается.

На рисунке 5 представлена динамика относительного прироста накопленных отборов нефти (в долях от базового варианта) за счет нестационарного воздействия для коллекторов с разной проницаемостной неоднородностью. Видно, что для случая с высокой послойной неоднородностью поля проницаемости НЗ дает максимальный относительный прирост накопленной добычи нефти – 36%. Для более однородного коллектора данный прирост составляет 1.0%. При этом, чем ниже показатель послойной неоднородности проницаемости коллектора, тем медленнее нарастает эффект от нестационарного заводнения.

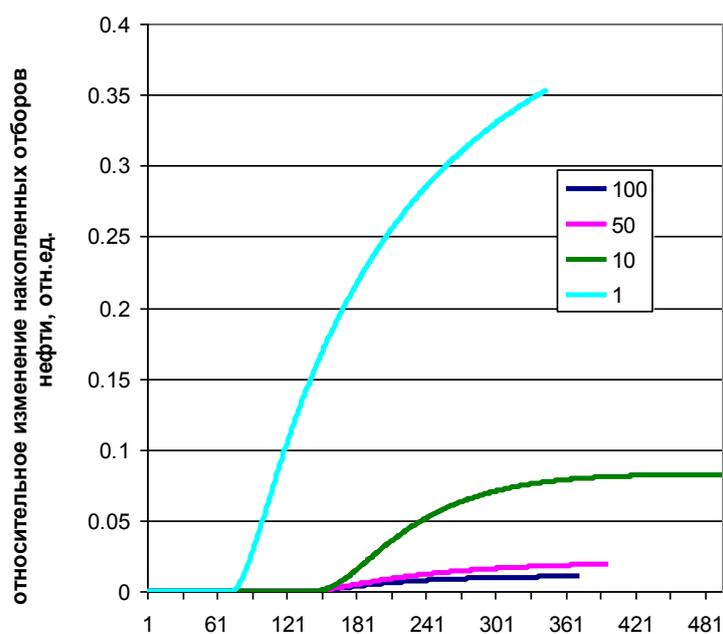


Рисунок 5. Динамика относительного прироста накопленных отборов нефти (в долях от базового варианта) за счет нестационарного заводнения для коллекторов с разной проницаемостной неоднородностью. Кривые рассчитаны до конца разработки по базовому варианту

В таблице 1 представлены итоговые результаты модельных расчетов.

Таблица 1. Результаты модельных расчетов технологических показателей вариантов разработки участка залежи нефти с послойно неоднородным по проницаемости коллектором.

Проницаемость низкопроницаемого слоя, мД	Соотношение проницаемостей высокопроницаемого и низкопроницаемого слоев, отн. ед.	КИН, д.ед.		Прирост КИН, д.ед.
		база	НЗ	
100	20	0,623	0,629	0,007
50	40	0,601	0,615	0,015
10	200	0,535	0,583	0,048
1	2000	0,346	0,550	0,204

Итак, нестационарное заводнение в послойно неоднородных по проницаемости коллекторах с высоким показателем неоднородности позволяет существенно повысить нефтеотдачу пласта, при этом эффект достаточно быстро нарастает. Также возрастает и время разработки за счет снижения обводненности добываемой продукции участка. Эффект от НЗ на высокопроницаемых достаточно однородных по проницаемости коллекторах более скромнен по величине и проявляется более медленно (рисунки 5, 6).

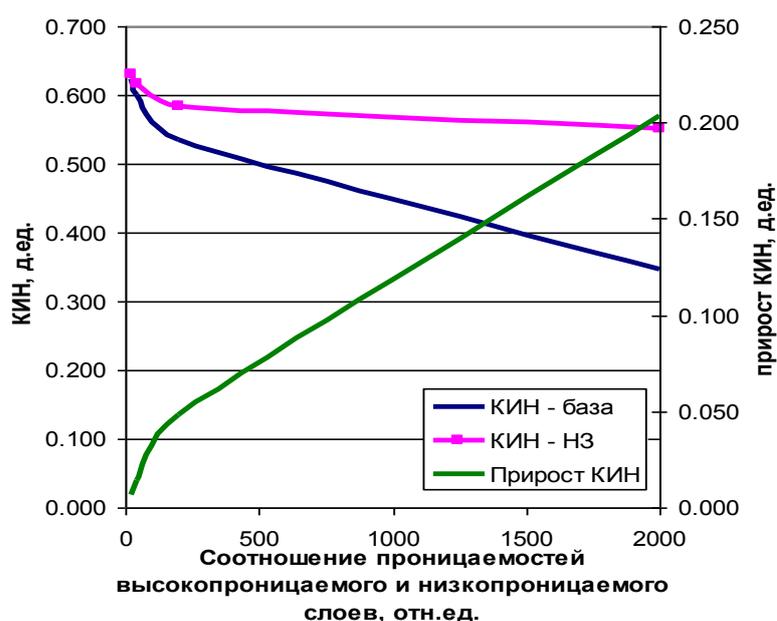


Рисунок 6. Зависимости КИН и прироста КИН за счет НЗ от соотношения проницаемостей высокопроницаемого и низкопроницаемого слоев неоднородного коллектора.

Зависимость эффективности технологии нестационарного заводнения от «стартовой» обводненности добываемой продукции участка.

Одной из значительных проблем современного состояния применения нестационарного заводнения на месторождении Кумколь является степень его эффективности при высокой обводненности добываемой продукции. В настоящее время обводненность эксплуатационных объектов месторождения приближается к предельным значениям. Ниже приводятся результаты исследований этой проблемы.

Были рассчитаны модельные задачи для разных значений «стартовой» обводненности, т.е. обводненности при которой начинается циклическая закачка воды (75%, 85%, 90%, 95%). Расчеты проводились для разных значений проницаемости низкопроницаемых слоев.

Время полупериода работы/остановки нагнетательных скважин составляло 10 суток.

Проницаемость низкопроницаемых слоев - 100 мД (соотношение проницаемостей высоко и низкопроницаемых слоев – 20).

Представленные на рисунке 7 данные показывают, что в целом нестационарное заводнение остается эффективным при любой стартовой обводненности. Величина максимального прироста дебита нефти не превышает 26%, снижения обводненности – 6%. При этом в циклах наблюдается снижение дебита нефти относительно базового на 12 %, и повышение обводненности – на десятые доли процента. Как видно из рисунка 8, максимальный прирост за счет применения НЗ (1.8%) наблюдается при минимальной из рассмотренного диапазона «стартовой» обводненности. При этом для данного варианта применения НЗ имеется небольшой период «отрицательной» эффективности НЗ (переходный период [5]). Интересно, что зависимость от стартовой обводненности для

коллектора с минимальной (из рассмотренных) проницаемостной неоднородностью не является монотонной.

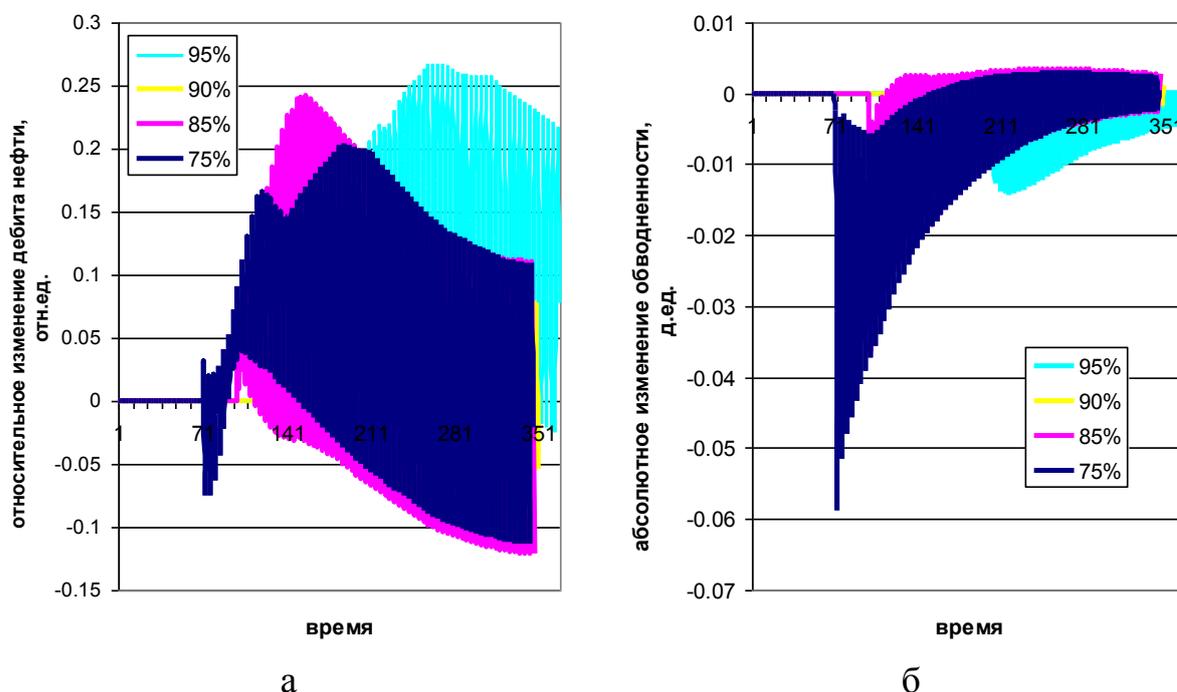


Рисунок 7. Относительные изменения дебита нефти (а) и абсолютное изменение обводненности (б) участка в результате применения нестационарного воздействия на послойно неоднородный по проницаемости коллектор с разным значением «стартовой» обводненности.

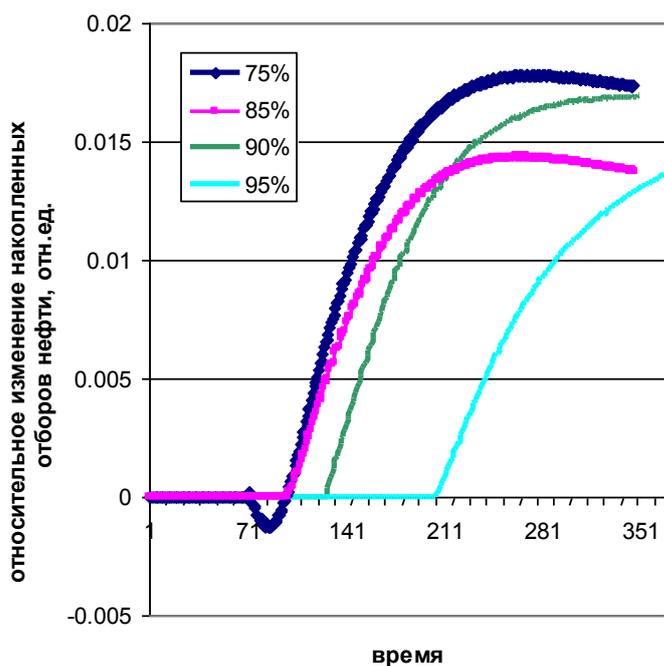


Рисунок 8. Динамика относительного прироста за счет нестационарного заводнения накопленных отборов нефти (в долях от базового варианта) для разных значений «стартовой» обводненности. Кривые рассчитаны до конца разработки по базовому варианту.

Относительные приросты накопленной добычи имеют близкие значения для стартовой обводненности 75 и 90%, при этом данный показатель при стартовой обводненности 85% ниже и близок по значению показателю при стартовой обводненности 95%. Следует отметить, что для всех рассматриваемых случаев эффект от НЗ нарастает достаточно быстро.

Представленные результаты показали, что нестационарное заводнение в послойно неоднородных по проницаемости коллекторах (с минимальным из рассмотренных значений проницаемостной неоднородности) является эффективным при любой стартовой обводненности. При этом есть некоторый немонотонный тренд – эффект от НЗ максимален при «высокой» стартовой обводненности и минимален при 85%. Возможно, что при данном значении проницаемости низкопроницаемых слоев зависимость имеет два максимума, которые мы не видим из-за ограниченности диапазона рассматриваемых значений стартовой обводненности.

На рисунке 9 показаны зависимости конечного КИН и его прироста относительно базового варианта для вариантов НЗ с разной «стартовой» обводненностью.

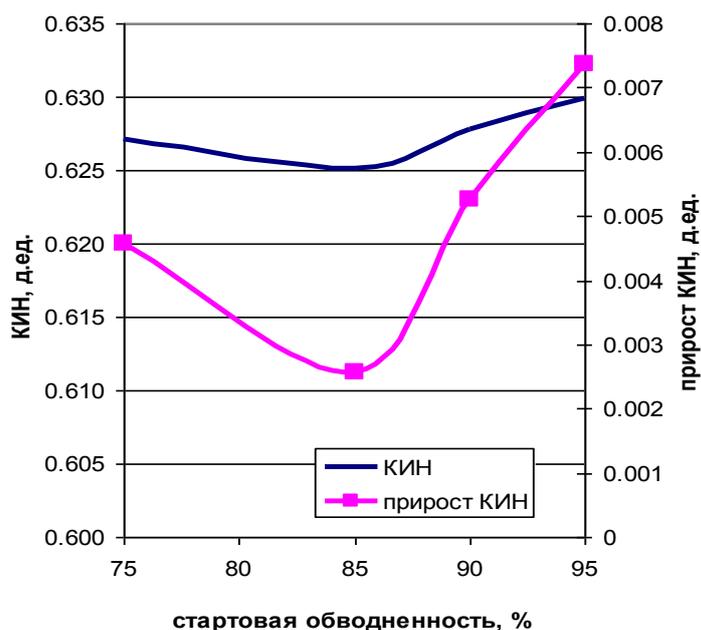


Рисунок 9. Зависимости КИН и прироста КИН за счет НЗ от величины «стартовой» обводненности

Проницаемость низкопроницаемых слоев - 10 мД (соотношение проницаемостей высоко и низкопроницаемых слоев – 200).

Представленные на рисунке 10 данные показывают, что в сравнении с предыдущим случаем, нестационарное заводнение имеет более выраженный вид и при этом является эффективным при любой стартовой обводненности.

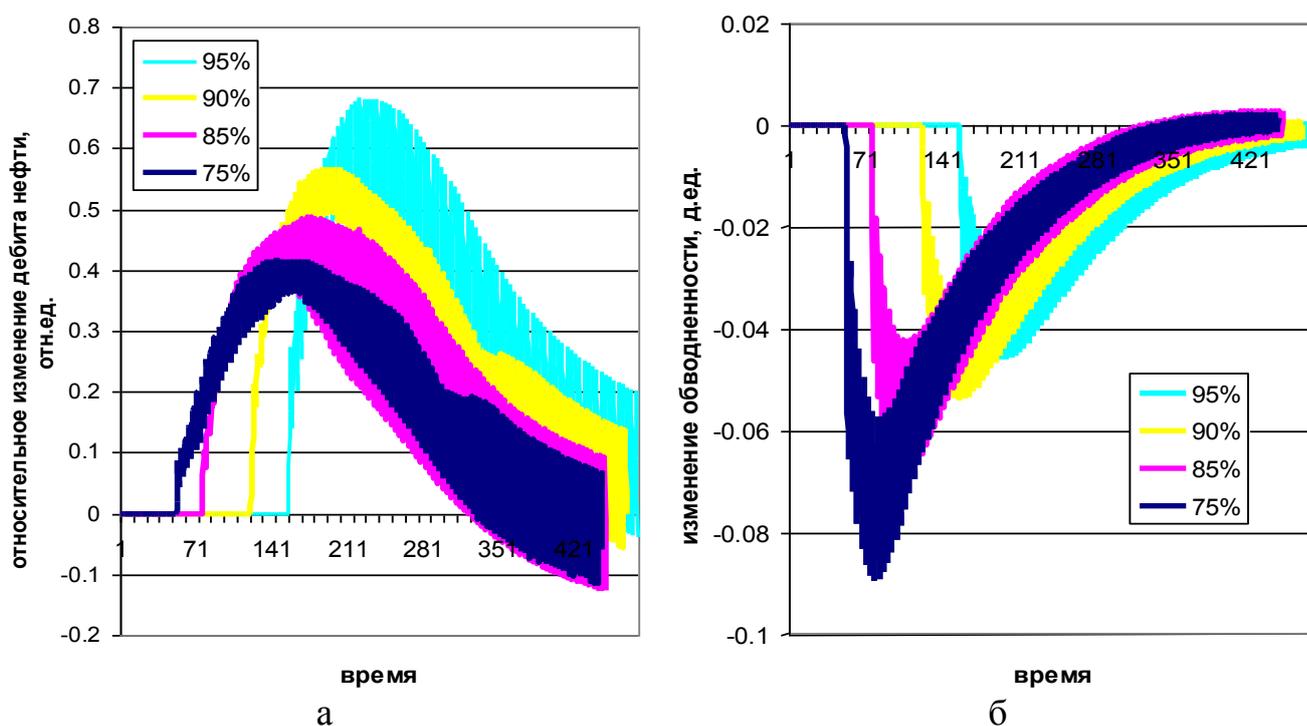


Рисунок 10. Относительные изменения дебита нефти (а) и абсолютное изменение обводненности (б) участка в результате применения нестационарного воздействия на послойно неоднородный по проницаемости коллектор с разным значением «стартовой» обводненности.

Величина максимального прироста дебита нефти достигает 67%, снижения обводненности – 9%. При этом в конце разработки в циклах наблюдается снижение дебита нефти относительно базового на 11 % и повышение обводненности – на десятые доли процента. Эффект проявляется сразу же после начала применения НЗ. Начальный период «отрицательной» эффективности отсутствует. Как видно из рисунка 11 «а» максимальный прирост за счет применения НЗ (12.5%) наблюдается при минимальной из рассмотренного диапазона «стартовой» обводненности

75%., а минимальный прирост (9.6%) – при максимальной стартовой обводненности 95%. Зависимость максимальных приростов накопленных отборов нефти от стартовой обводненности, в отличие от предыдущего случая, является монотонной. Для всех рассматриваемых случаев эффект от НЗ нарастает достаточно быстро.

Как и в предыдущем случае, видно, что нестационарное заводнение в послойно неоднородных по проницаемости коллекторах является эффективным при любой стартовой обводненности. При этом эффект имеет хорошо выраженный максимум во времени, по истечении которого эффективность технологии начинает снижаться.

На рисунке 11 б показаны зависимости конечного КИН и его прироста относительно базового варианта при применении НЗ в условиях разной «стартовой» обводненности. Видно, что минимальный прирост КИН технология НЗ дает при максимальной стартовой обводненности.

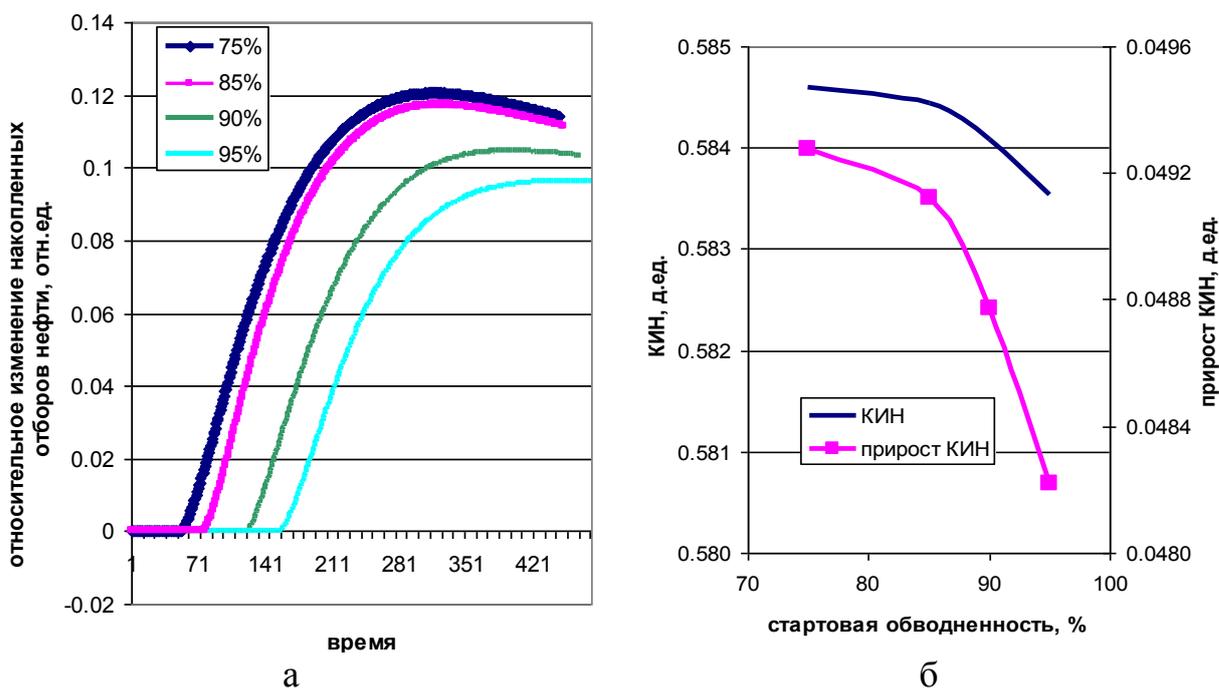


Рисунок 11. а - Динамика относительного прироста накопленных отборов нефти (в долях от базового варианта) за счет нестационарного заводнения для разных значений «стартовой» обводненности. Кривые рассчитаны до конца разработки по базовому варианту: б - Зависимости КИН и прироста КИН за счет НЗ от величины «стартовой» обводненности.

Как видно из приведенных примеров, в зависимости от соотношения проницаемостей нестационарное заводнение имеет разные тренды эффективности при различных значениях «стартовой» обводненности. В последнем случае наблюдается монотонное снижение эффективности НЗ при росте «стартовой» обводненности.

Проницаемость низкопроницаемых слоев - 1 мД (соотношение проницаемостей высоко и низкопроницаемых слоев – 2000).

Как видно из рисунка 12, по сравнению с предыдущими случаями, нестационарное заводнение имеет еще более выраженный вид, и также является эффективным при любой стартовой обводненности.

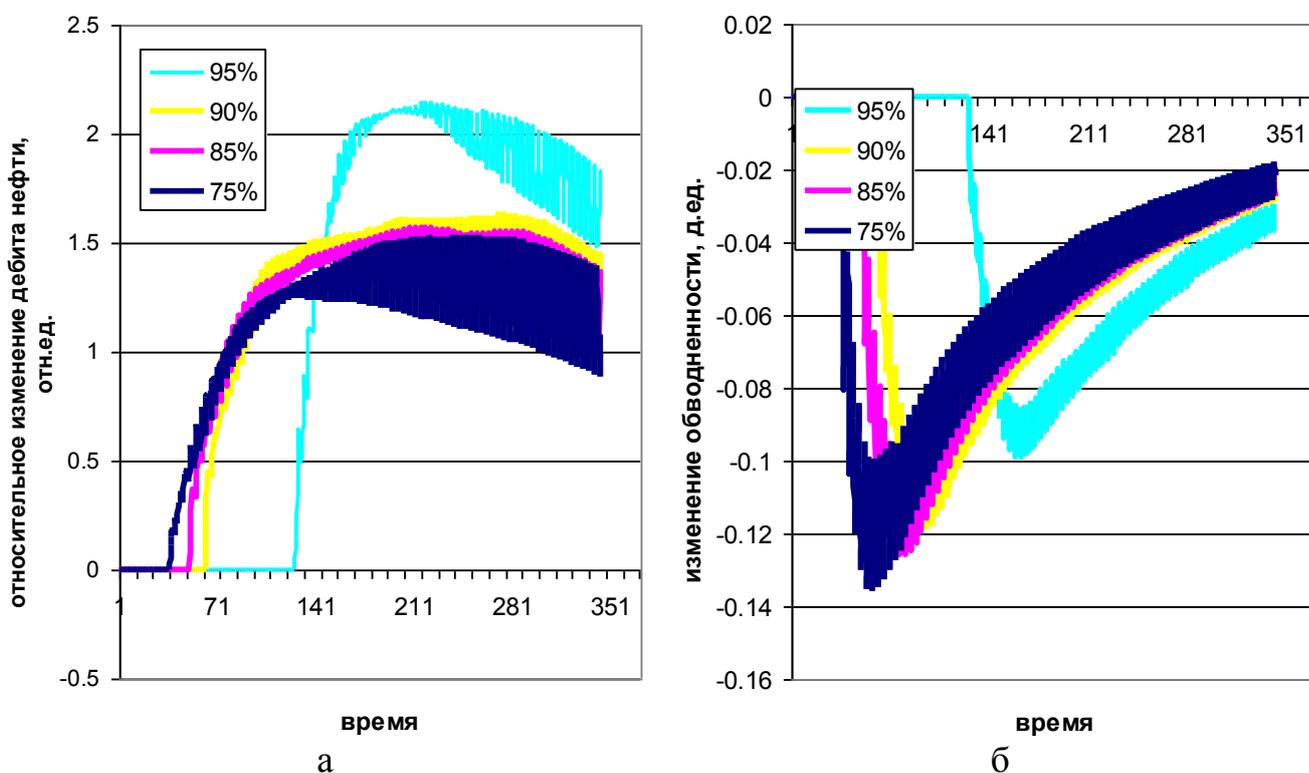


Рисунок 12. Относительные изменения дебита нефти (а) и абсолютное изменение обводненности (б) участка в результате применения нестационарного воздействия на послойно неоднородный по проницаемости коллектор с разным значением «стартовой» обводненности.

Величина максимального прироста дебита нефти достигает 21%, снижения обводненности – 13.6%. При этом нестационарное заводнение является

более эффективным и в конце разработки. Эффект проявляется сразу же после начала применения НЗ. Начальный период «отрицательной» эффективности отсутствует.

Максимальный прирост (46,1%) за счет нестационарного воздействия наблюдается при минимальной из рассмотренного диапазона «стартовой» обводненности 75%, а минимальный прирост (37%) – при максимальной стартовой обводненности 95%. Зависимость максимальных приростов накопленных отборов нефти от стартовой обводненности является монотонной. Видно, в отличие от предыдущих случаев, эффект от НЗ нарастает более медленно (рисунок 13 «а»).

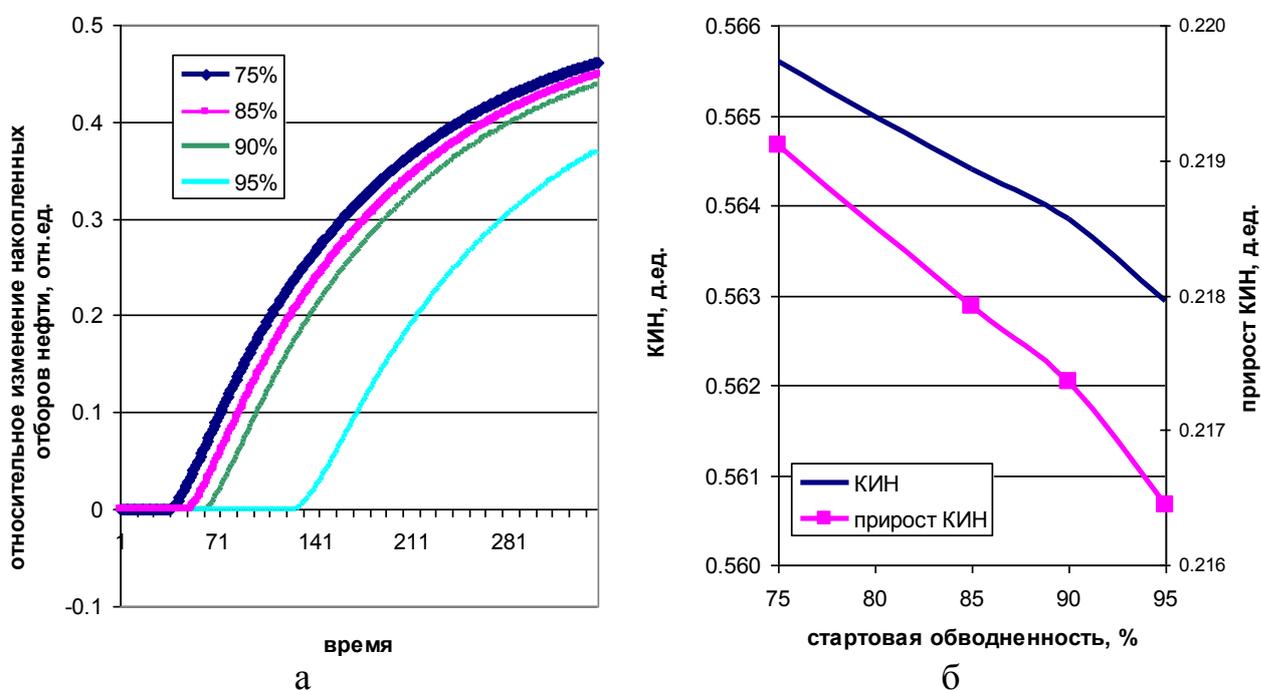


Рисунок 13. а - Динамика относительного прироста накопленных отборов нефти (в долях от базового варианта) за счет нестационарного заводнения для разных значений «стартовой» обводненности. Кривые рассчитаны до конца разработки по базовому варианту; б - Зависимости КИН и прироста КИН за счет НЗ от величины «стартовой» обводненности.

Как видно из рисунка 13 «б», минимальный прирост КИН технология НЗ дает при максимальной стартовой обводненности.

Величина прироста КИН для данного случая внушительна и составляет, в зависимости от стартовой обводненности, от 0.216 до 0.219 д.ед.

В таблице 2 представлены результаты модельных расчетов технологических показателей эффективности вариантов разработки участка.

Таблица 2. Результаты модельных расчетов технологических показателей вариантов разработки участка залежи нефти с послойно неоднородным по проницаемости коллектором при разных значениях «стартовой» обводненности применения НЗ.

Проницаемость низкопроницаемого слоя, мД	Соотношение проницаемостей высокопроницаемого и низкопроницаемого слоев. отн. ед.	КИН, д.ед.		Прирост КИН, д.ед.
		база	НЗ	
Стартовая обводненность 75 %				
100	20	0,623	0,627	0,005
10	200	0,535	0,585	0,049
1	2000	0,346	0,566	0,219
Стартовая обводненность 85 %				
100	20	0,623	0,625	0,003
10	200	0,535	0,584	0,049
1	2000	0,346	0,584	0,218
Стартовая обводненность 90 %				
100	20	0,623	0,628	0,005
10	200	0,535	0,584	0,049
1	2000	0,346	0,584	0,217
Стартовая обводненность 95 %				
100	20	0,623	0,630	0,007
10	200	0,535	0,584	0,048
1	2000	0,346	0,563	0,216

Таким образом, представленные в работе результаты гидродинамических расчетов показали, что применение нестационарного воздействия эффективно в коллекторах с большим диапазоном значений

проницаемостной неоднородности. В процессе заводнения по разным причинам (проницаемостная неоднородность, гравитационное разделение фаз) образуется контактная поверхность между заводненной и нефтенасыщенной областями коллектора, которые имеют разные пьезопроводности. Нестационарное воздействие позволяет интенсифицировать обмен жидкостями между этими областями, что и обеспечивает положительный технологический эффект. Конечно, величина этого эффекта различна для неоднородных и сильно неоднородных по проницаемости коллекторов, т.е. значительно зависит от величины проницаемостной неоднородности.

Применение нестационарного заводнения в послойно неоднородных по проницаемости коллекторах с высоким показателем неоднородности позволяет существенно повысить нефтеотдачу пласта, при этом эффект от технологии достаточно быстро нарастает.

Выводы:

1. При разработке неоднородных по проницаемости коллекторов наибольший эффект от нестационарного заводнения наблюдается в пластах со значительной послойной неоднородностью поля проницаемости. В таких пластах эффект от циклической закачки воды нарастает быстро - по сравнению с базовым вариантом прирост накопленных отборов нефти достигает 43% (на конец базового периода), прирост КИН за все время разработки – 0.218 д.ед.
2. Нестационарное воздействие в послойно неоднородных по проницаемости коллекторах с высоким показателем проницаемостной неоднородности (т.е. в разрезе пласта присутствуют гидродинамически связанные слои, проницаемости которых отличаются на несколько порядков) позволяет существенно увеличить текущий дебит нефти (более чем в 2 раза), снизить обводненность добываемой продукции,

повысить нефтеотдачу пласта. Данный тип коллектора наиболее благоприятен для применения нестационарного заводнения.

3. Нестационарное заводнение является эффективным при любой стартовой обводненности. При этом проявляется следующая особенность. В коллекторе с наименьшей из рассмотренных значений проницаемостной неоднородностью эффект от НЗ при низких стартовых обводненностях (75-85%) достаточно быстро заканчивается, при высоких стартовых обводненностях – продолжается до конца расчетного периода. В целом же, эффект от НЗ тем меньше, чем выше стартовая обводненность. Однако, во всем рассмотренном диапазоне «стартовых» значений обводненности и величин проницаемостной неоднородности эффект от НЗ положительный.

Список использованных источников

1. Муслимов Р.Х. Современные методы управления разработкой нефтяных месторождений с применением заводнения : учебное пособие. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2002 - 596 с.
2. Гавура В.Е. Геология и разработка нефтяных и газо-нефтяных месторождений. - М.:ВНИИОЭНГ, 1995. - 496 с.
3. Владимиров И.В. Нестационарные технологии нефтедобычи (этапы развития, современное состояние и перспективы). – М.: ОАО ВНИИОЭНГ, 2004. – 216 с.
4. MORE 6.7 Technical Reference. ROXAR, 2011, 152 p.
5. Теоретическое исследование применения нестационарного заводнения в различных геолого-технологических условиях разработки залежей высоковязкой нефти / И.В.Владимиров, Э.М.Велиев, Э.М.Альмухаметова и др.// НТЖ «Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов», – Уфа, ИПТЭР, 2014. – Вып. 3 (97). – С. 33-44.

Сведения об авторах**Authors**

Владимиров Игорь Вячеславович, заместитель генерального директора, ООО «Конкорд», г. Москва, Российская Федерация.

I.V. Vladimirov, Deputy General Director of ООО Konkord, Moscow, Russian Federation.

E-mail: vkro-raen@yandex.ru

Альмухаметова Эльвира Маратовна, доцент кафедры "Разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений", филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Октябрьский, Российская Федерация.

E.M. Almukhametova, Assistant Professor of the Chair of Exploration and Development of Oil and Gas Fields in the Oktyabrsky Branch of the Ufa State Petroleum Technical University, Russian Federation.

E-mail: elikaza@mail.ru

Уметбаев Виль Гайсович. главный научный сотрудник, ОАО НПФ «Геофизика», г.Уфа, Российская Федерация

V.G. Umetbaev, Chief Researcher, ОАО NPF Geofizika, Ufa, Russian Federation.

E-mail: hisaeva@npf-geofizika.ru

Альмухаметова Эльвира Маратовна

452600, Российская Федерация, Республика Башкортостан,

г. Октябрьский, ул. Девонская, 56а.

Тел. 8(34767)66030, 89374760330

E-mail: elikaza@mail.ru