

## **ОПЕРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ В ПЕРИОД ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ**

*В.Н. Гуляев, И.И. Кирин, Н.П. Захарова  
(Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»  
«КогалымНИПИнефть» в г. Тюмени)*

Начиная с 50-х гг. при разработке нефтяных месторождений России широко применяется метод искусственного заводнения пластов. Его высокая эффективность хорошо известна.

Однако полнота охвата заводнением и нефтеотдача резко снижаются при усилении степени геологической неоднородности разреза. В процессе разработки образуются участки с бессистемным чередованием заводнённых высокопроницаемых и нефтенасыщенных менее проницаемых слоёв и зон. Последние могут достигать 30–50 % первоначального нефтенасыщенного объёма.

Для охвата заводнением не вовлечённых в разработку нефтенасыщенных слоёв используются разные методы повышения нефтеотдачи пластов (ПНП). Одним из низкочастотных и эффективных методов ПНП является метод нестационарного заводнения (НЗ), сочетающий в себе метод циклической закачки (ЦЗ) и метод изменения направления фильтрационных потоков (ИНФП). Метод предусматривает попеременное изменение режима нагнетания воды по группам нагнетательных скважин с целью создания в пласте нестационарных перепадов давления, способствующих включению в работу прослоев, зон, участков коллекторов с пониженной проницаемостью, ранее не охваченных заводнением [1].

Сочетание двух «механизмов» служит одновременному увеличению охвата пласта заводнением как по площади, так и по мощности. Эффективность циклического заводнения, как и других методов ПНП, зависит от геологического строения залежи (наличие гидродинамически связанных разнопроницаемых нефтенасыщенных пропластков), а также текущего состояния разработки объектов (работающий фонд скважин, соотношение добывающих и нагнетательных скважин, обводненность, степень и характер выработки запасов и т.д.). Исходя из этого, подбираются участки, нагнетательные скважины для проведения ЦЗ и схема их отключения в этот период.

Кроме учёта этих факторов, важным параметром при составлении программ ЦЗ является расчёт периода полуцикла.

Разработка программ циклического или нестационарного заводнения состоит из трех основных этапов: 1) выбор объектов и участков на месторождении; 2) классификация участков по степени возможной эффективности ЦЗ; 3) разработка адресной программы практической реализации ЦЗ [2].

В процессе реализации адресной программы важной задачей является оперативный мониторинг. Процесс мониторинга циклического заводнения можно упрощенно представить в виде цикла Деминга, или PDCA (англ. «Plan-Do-Check-Act» – планирование-выполнение-проверка-корректировка), как показано на рис. 1. Методология PDCA – это простейший алгоритм действий по управлению процессом и достижению поставленных целей [3].



1-й этап цикла (разработка программы НЗ) заканчивается после утверждения программы территориально-производственным предприятием (ТПП).

2-й этап реализует ТПП непосредственно на выбранных участках месторождений.

3-й этап является этапом анализа информации, поступающей из ТПП о ходе выполнения нестационарного заводнения.

4-й этап – этап корректировки в цикле Деминга – может совпадать с этапом планирования перед выполнением корректирующих действий. Так, если анализ данных как по каждой скважине, так и по участку в целом показывает увеличение дебитов жидкости и / или снижение обводнённости, то мероприятие продолжается по утверждённому плану. Если на отдельных скважинах эти показатели, характеризующие эффективность НЗ, снижаются, то после выяснения причин этого вносятся корректирующие действия. Корректирующие действия, как правило, касаются нагнетательных скважин, используемых под ЦЗ. При этом может изменяться как полуцикл, так и схема их остановки / запуска. В особых случаях (значительное снижение динамического уровня жидкости в затрубном пространстве вплоть до уровня насоса) принимается решение о прекращении ЦЗ на близлежащей скважине. Кроме того, в случае отсутствия эффекта в течение 3 мес НЗ на участке также прекращается. Описанную последовательность действий необходимо проводить на постоянной основе в течение всего периода выполнения мероприятий на нагнетательных скважинах участка.

Рассматриваются этапы мониторинга реализации НЗ на примере одного из участков объекта АВ<sub>1-2</sub> Лас-Еганского месторождения. Согласно программе, в каждый из полуциклов останавливались по 6 скважин по схеме «крест-накрест». Расчётный полуцикл составил 25 сут.

С первого дня реализации программы отслеживается, прежде всего, работа нагнетательных скважин, участвующих в ЦЗ, и как соблюдается программа их остановки / запуска в течение всего периода НЗ. Наблюдение за этим параметром показало, что в целом программа НЗ на участке выполняется. При этом также отслеживается изменение суммарной приемистости по всем скважинам участка, включая скважины, не участвующие в НЗ. Проверяется, выполняется ли условие, при котором достигается максимум эффективности НЗ (закачка в период НЗ должна быть равна средней доциклической закачке). Отслеживается такой параметр, как компенсация. Компенсация в период НЗ, как правило, также снижается.

Следующие параметры: «дебит жидкости», «обводнённость», «дебит нефти», «динамический уровень» – позволяют отследить результаты нестационарного воздействия, описанного выше. В целом в период НЗ добыча жидкости имеет тренд к снижению этого параметра при увеличении дебита нефти и снижении обводнённости.

При этом выделяются скважины, по которым наблюдается увеличение / снижение дебитов жидкости и нефти, а также обводнённости. В конце каждого месяца после расчёта эффективности проводится анализ причин как высоких, так и низких эффектов на скважинах. Если в течение 3 мес суммарный по реагирующим скважинам эффект отрицательный (отсутствие дополнительной добычи нефти относительно доциклических значений), то нагнетательные скважины переводятся в стационарный режим работы.

Так, при проведении НЗ на участке объекта Ач Северо-Поточного месторождения добыча нефти относительно доциклических значений снизилась. Кроме того, отслеживание параметра «динамический уровень» показало значительное его снижение на некоторых скважинах участка, что привело к сбоям в их работе. НЗ на участке было прекращено, второй полуцикл не выполнялся. Расчёты по характеристикам вытеснения показали, что по участку за четыре месяца реализации получена дополнительная добыча нефти 361 т.

Другим критерием эффективности нестационарного воздействия на пласт является уменьшение обводнённости продукции скважин. Отслеживание изменения этого параметра проводится как по отдельным скважинам, так и по участку в целом. Для этого используются данные замеров, приведённые в эксплуатационных карточках скважины. Обычно такие замеры проводятся еженедельно. Скважины ранжируются по трём категориям: обводнённость увеличивается, уменьшается и стабилизируется. На участке Лас-Еганского месторождения имеется тренд снижения обводнённости в период НЗ.

Дополнительная добыча нефти рассчитывается за каждый месяц двумя способами: как «прямым счётом» (как сумма разности суммарной добычи за текущие месяцы и в месяц до начала мероприятия), так и по характеристикам вытеснения с использованием специальных программных продуктов. Расчёты эффективности на участке объекта АВ<sub>1-2</sub> Лас-Еганского месторождения показал, что каждый месяц наблюдается прирост добычи нефти относительно базовых значений. Причём это подтверждается как «прямым счётом», так и по характеристикам вытеснения. В сумме по месяцам, с мая по декабрь 2016 г., дополнительно получено 2,26 тыс. т нефти.

Выполненный по циклу Деминга анализ эффективности нестационарного заводнения позволяет оперативно решать проблемы, возникающие в процессе его реализации, и за счёт этого увеличить эффективность выполняемых мероприятий. Так, в целом по 33 уча-

сткам ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь», на которых было реализовано нестационарное воздействие в 2016 г., дополнительно получено 40,1 тыс. т нефти при сокращении отборов воды 251,5 тыс. м<sup>3</sup>.

#### *Литература*

1. Шарбатова И.Н., Сургучёв М.Л. Циклическое воздействие на неоднородные нефтяные пласты. М.: Недра, 1988. 121 с.
2. Гуляев В.Н., Ланин Н.А., Ягафаров А.К. Особенности выбора участков для применения технологии нестационарного заводнения // Нефть и газ Западной Сибири: матер. Всерос. науч.-техн. конф., посвящ. 45-летию Тюменского топливно-энергетического комплекса и 80-летию В.И. Грайфера. Т. 1. Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. С. 53.
3. Нив Г.Р. Пространство доктора Деминга: пер. с англ. М.: МГИЭТ (ТУ), 1996. 344 с.

### **КОМПЛЕКСНЫЙ КОНТРОЛЬ РАЗРАБОТКИ РЯДНОЙ СИСТЕМЫ ГС С МГРП: ОПЫТ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Н.А. Морозовский, Р.А. Рыбаков, Р.Р. Галеев,  
Г.Н. Воробьёва (ООО «Газпромнефть НТЦ»),  
Р.Н. Феоктистов (ООО «Газпромнефть-Оренбург»)*

#### **1. Цель и содержание работы**

Постепенное ухудшение свойств вовлекаемых в разработку месторождений углеводородов требует постоянного совершенствования методов добычи и разработки таких объектов. В частности, широкое распространение получила технология заканчивания скважин горизонтальным стволом с применением многостадийного гидро-разрыва пласта (ГС с МГРП). Применение таких систем заканчивания в плотных рядных системах разработки позволяет существенно повысить интенсивность отборов, а значит, и эффективность разработки в целом. Однако наряду с очевидными плюсами такая система разработки требует и гораздо более совершенной системы контроля своей эффективности из-за большого количества неопределённостей и рисков. В статье описываются подходы к комплексному контролю разработки на примере одного из месторождений Волго-Уральской