

**МЕТОДИКА ПОДБОРА ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЗАВОДНЕНИЯ
НА ПРИМЕРЕ УРЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

А. Б. Рублев, А. Ю. Прохоров, К. М. Федоров, А. П. Шевелёв
(ООО «ТНК-Уват»; ТФ ООО «СИАМ-Инжиниринг»)

Ключевые слова: фильтрация, призабойная зона скважины, модель
Keyword: flow through porous media, near wellbore zone, model

Классические регулярные системы расстановки скважин и системы заводнения разработаны в приближении одного объекта однородного по вертикали и по простиранию [1, 2]. В неоднородных по вертикали пластах для эффективного охвата пласта заводнением рекомендуют применять неравномерную перфорацию или одновременно-раздельную добычу/закачку (эквалайзеры). В неоднородных по простиранию пластах для равномерного заводнения предлагают регулировать добычу/закачку с помощью ограничения добычи/закачки или наоборот проведения геолого-технических мероприятий (ГТМ) по интенсификации добычи/закачки. Таким образом, в каждом конкретном случае необходимо подбирать систему заводнения и разработки. Большой опыт таких работ имеется у компании ООО «СИАМ-Инжиниринг».

Разработанные в процессе этих работ методические результаты рассмотрены на примере пласта Ю1 Южно-Усановской залежи Уренского месторождения.

Характеристика неоднородности Уренского месторождения.

Уренское месторождение характеризуется высокой геологической неоднородностью по вертикали и простиранию. На площади прослеживается два пропластка с различной проницаемостью. Нижняя часть залежи представлена высокопроницаемой трещиноватой корой выветривания (проницаемостью 0,1-0,5 мкм²) и имеет слабо выраженную толщину, верхняя часть представлена низкопроницаемыми песчаниками (проницаемостью 0,002-0,005 мкм²) и выдержана по всей площади месторождения.

Водонапорная система залежи не является замкнутой, имеет значительные размеры и, следовательно, большой запас пластовой энергии. С восточной стороны она ограничена зоной глинизации. Центральную часть можно разбить на три гидродинамически плохо связанные зоны из-за истончения нижнего пропластка.

В проекте промышленной эксплуатации Уренского месторождения рекомендована в качестве базовой обращенная 7-точечная система заводнения. Для обращенной 7-точечной площадной системы заводнения отношение числа нагнетательных скважин к добывающим составляет 1:2, а элементом площадной системы является равносторонний шестигранник [3, 4].

Анализ базового варианта заводнения.

На основе данных сейсмики, геофизических исследований скважин и петрофизических исследований кернового материала построена геологическая модель залежи. С использованием программного комплекса ECLIPSE проведены расчеты различных вариантов разработки, предложена методика выбора скважин под нагнетание для очаговой системы заводнения.

До 19.02.2009. месторождение разрабатывалось на режиме истощения, в результате пластовое давление было снижено до 174,9 бар. Из-за внедрения законтурной воды в северной части краевые скважины обводнились до 20%. На месторождении проводились многочисленные исследования скважин, которые показали, что в северной части в районе скв.1026, 1049, 1033, 1038, 1043, 1057 в результате истощения сформировалась локальная зона пониженного давления.

Результаты расчетов базового варианта на перспективу показали, что 7-точечная система заводнения не обеспечивает равномерного поддержания пластового давления (ППД) по всей залежи из-за недокомпенсации закачки в центральной зоне и перекомпенсации в южной части. Базовый вариант характеризуется также неэффективным использованием закачиваемой воды (вода частично уходит в аквифер в южной части рассматриваемого участка). Еще одним недостатком регулярной системы заводнения является завышенное количество нагнетательных скважин, часть из которых малоэффективны. По результатам расчетов базового варианта размещения системы ППД сделан вывод о его невысокой эффективности.

Методика подбора нагнетательных скважин для избирательной системы заводнения.

Недостатки регулярной системы заводнения Уренского месторождения обусловлены неоднородностью пласта, что проявляется в неравномерной выработке запасов и ранней обводненности продукции. В этих условиях более эффективной видится избирательная система заводнения, которая должна учитывать активность законтурной воды, неоднородность пласта и сформировавшегося в результате режима истощения поля давления.

Рекомендации по формированию избирательной системы ППД разработаны с применением оригинальной методики, этапы представлены на рис.1.

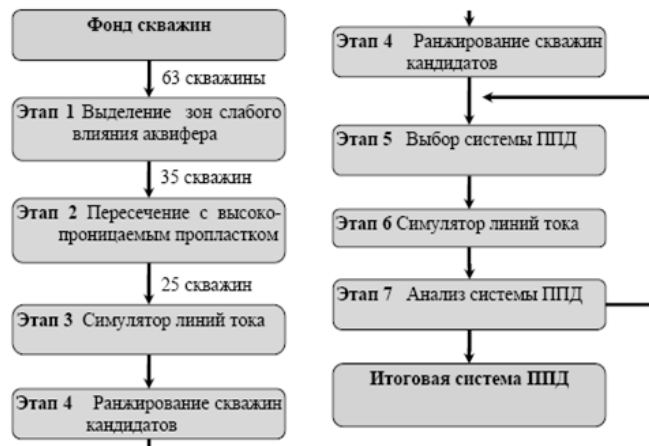


Рис.1. Методика подбора эффективной системы ППД при избирательной системе заводнения

На первом этапе из фонда скважин выделяются зоны слабого влияния аквифера. Затем выбираются скважины, имеющие пересечение с нижним высокопроницаемым пропластком. Из 63 пробуренных на 01.12.2009. скважин на первых двух этапах отобрано 25 кандидатов, отвечающих следующим критериям: расположение скважин в районе высокого падения пластового давления (слабого влияния аквифера); пересечение скважиной нижнего высокопроницаемого пропластка критерий (при отборе скважин – величина эффективной толщины нижнего пропластка больше полутора метров).

Далее в симуляторе ECLIPSE для каждой из выбранных скважин рассчитываются линии тока при условии, что она является нагнетательной.

Затем количественно оценивается взаимосвязь каждой из сделанной выборки нагнетательной скважины с добывающими. Для этого рассчитываются характеристики взаимосвязи скважин по формулам [5]:

$$WAF_{ij} = Q_i / q_j ; J_j = \sum_{i=1}^n WAF_{ij} ; I_i = \sum_{j=1}^n WAF_{ij} , \quad (1)$$

где WAF – коэффициент влияния j -й нагнетательной скважины на i -ю добывающую; Q_i – приток флюида к добывающей скважине; q_j – дебит i -й скважины за счет пробной j -ой нагнетательной; J_j – эффективность использования воды; I_i – эффективность влияния i -й нагнетательной скважины на добычу нефти.

С учетом оцененных связей каждой нагнетательной скважине присваивается ранг: $R_j = (I_j + J_j) / 2$. На основании ранжирования рассчитанных рангов в выборке из 25 скважин оставлены следующие: 1241, 1238, 1259, 1228, 1257, 1285, 1261, 1278, 1230, 1232, 1210, 1250, 1263, 1286, 1220, 1217. Карта сформированной таким образом избирательной системы заводнения и расположение рекомендуемых нагнетательных и добывающих скважин представлена на рис.2.

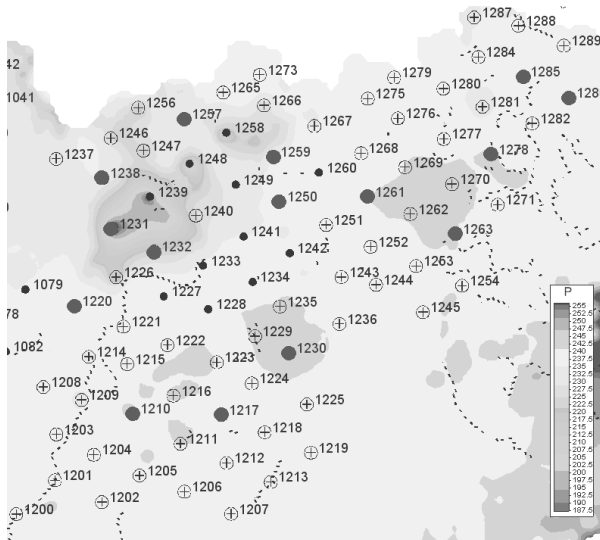


Рис.2. Карта распределения пластового давления и расположения нагнетательных (крупные сплошные черные маркеры) и добывающих скважин (пробуренные (мелкие сплошные черные маркеры) и планируемые к бурению) в рекомендуемой избирательной системе заводнения на 01.04.2010

На заключительном этапе проведены гидродинамические расчеты разработки залежи с рекомендуемой системой заводнения, технологические параметры сопоставлены с аналогичными величинами для базового варианта (таблица). Видно, что рекомендованная избирательная система заводнения обеспечивает более равномерное поддержание пластового давления и более высокие показатели добычи.

Основные показатели разработки при базовой и рекомендуемой схемах заводнения

Показатель разработки	Избирательная система заводнения		Проектная система заводнения	
	01.01.2025	01.01.2060	01.01.2025	01.01.2060
Накопленная добыча нефти, тыс. т	7390,0	10165,7	6899,9	10059,0
Накопленная добыча воды, тыс. м ³	45371,6	93776,3	34454,4	83190,9
Накопленная добыча жидкости, тыс. м ³	53712,4	105250,0	42242,1	94544,1
Накопленная закачка воды, тыс. м ³	54169,7	105870,0	40825,3	93312,6
Обводненность, %	92,40	94,67	91,65	93,14
Пластовое давление, кгс/см ²	232,8	235,2	232,7	235,7

Накопленная добыча нефти для избирательной системы заводнения по рекомендуемой системе разработки превышает величину по базовой системе, а уже через 15 лет эксплуатации выше на 664,2 тыс.т. или на 4,36% чем у базовой системы при примерно одинаковой обводненности (см. таблицу). Реализация избирательной системы заводнения позволяет осуществить более интенсивную выработку запасов по еще неразбуренным участкам.

Проведенное исследование показало, что рекомендованная избирательная система заводнения пласта Ю1 Южно-Усановской залежи Урненского месторождения обеспечивает поддержание равномерного поля пластового давления и более высокие показатели добычи.

Список литературы

1. Уиллхайд Г. П. Заводнение пластов. - М.-Ижевск: ИКИ, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009.
2. Уолкотт Д. Разработка и управление месторождениями при заводнении. - М.: Недра, 2001.
3. Лысенко В. Д.. Разработка нефтяных месторождений. – М.: Недра, 2003.
4. Дейк Л. П. Практический инжиниринг резервуаров. - М.-Ижевск: ИКИ. 2008.

Сведения об авторах

Рублев А. Б., к.т.н., генеральный директор «Центра экспертной поддержки и технического развития БН РИД» ОАО «ТНК-ВР Менеджмент», тел.: (3452) 380001, e-mail: ABRublev@tnk-bp.com

Прохоров А. Ю., директор департамента разработки месторождений «Центра экспертной поддержки и технического развития БН РИД» ОАО «ТНК-ВР Менеджмент», тел.: (3452) 380010, e-mail: ayprokhorov@tnk-bp.com

Федоров К. М., д.ф.-м.н., профессор, зав. кафедрой Тюменский государственный университет, тел.: (3452) 297660, e-mail: kfedorov@utmn.ru

Шевелев А. П., к.ф.-м.н., доцент, Тюменский государственный университет, тел.: (3452) 297660, e-mail: ashevelev@utmn.ru

Rublev A. B., Candidate of Technical Sciences, General director of «Center of Expert Support and Technical Development BN RiD» OJSC «TNK-BP Management», phone: (3452) 380001, e-mail: ABRublev@tnk-bp.com

Prokhorov A. Yu., Director of Department for Fields Development, «Center of Expert Support and Technical Development BN RiD» OJSC «TNK-BP Management», phone: (3452) 380010, e-mail: ayprokhorov@tnk-bp.com

Fedorov K. M., Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Head of Department at Tyumen State University, phone: (3452) 297660, e-mail: kfedorov@utmn.ru

Shevelev A. P., Candidate of Sciences in Physics and Mathematics, associate professor, Tyumen State University, phone: (3452) 297660, e-mail: ashevelev@utmn.ru