

мерного заводнения и водогазового воздействия на залежи высоковязкой нефти с суперколлектором // Нефтепромысловое дело. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2013. – № 11. – С. 17–26.

6. Владимиров И.В., Пичугин О.Н. Исследование процессов неизотермической фильтрации высоковязкой нефти в коллекторе с высокопроницаемыми каналами // Нефте-

промысловое дело. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2013. – № 11. – С. 26–31.

7. MORE 6.7 Technical Reference. ROXAR, 2011. – 152 p.

8. Влияние структурно-механических свойств нефти на эффективность изотермического и неизотермического нестационарного заводнения // Нефтепромысловое дело. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2013. – № 11. – С. 6–13.

УДК 622.276.43

ВЛИЯНИЕ ТИПА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ И ПОЛИМЕРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ

И.В. Владимиров, О.Н. Пичугин
(ЗАО "КОНКОРД", г. Москва)

В работе [1], представленной в данном номере журнала, рассмотрено влияние различных технологий на выработку запасов нефти в целом по модельному участку. При этом в модели присутствовало 2 типа геологического разреза продуктивного пласта: 1) пласт состоит из изолированных пропластков с разной проницаемостью, 2) пласт состоит из гидродинамически связанных пропластков с разной проницаемостью. Рассмотрим, как влияет тип разреза на эффективность рассмотренных технологий. Так же как и в работе [1], сделаем 2 серии задач, отличающихся временем начала применения различных технологий. Детальное описание вариантов разработки участка залежи с применением различных технологий приведено в работе [1]. Здесь же кратко перечислим основные особенности вариантов: вариант 1 – обычное заводнение, вариант 2 – закачка горячей воды с температурой 90 °С, вариант 3 – полимерное заводнение, вариант 4 – закачка полимерного раствора с температурой 90 °С (термополимерное воздействие), вариант 5 – поочередная закачка полимерного раствора с температурой 30 °С и горячей воды с температурой 90 °С (комбинированное воздействие).

Рассмотрим применение указанных выше технологий для случая начала их применения при низкой стартовой обводненности (*первая серия задач*). Для сравнения выделены две добывающие скважины, представляющие первый (скважина WPRD1) и второй (скважина WPRD4) типы разреза продуктивного пласта.

1-й тип разреза. На рис. 1 представлена динамика текущих показателей разработки для скважины WPRD1. Так как скважин с таким типом разреза большинство на участке, то динамика текущих показателей скважины в большей мере соответствует динамике текущих показателей участка в целом [1].

Отметим, что эффект от теплового воздействия для данного типа разреза менее выражен, а в конце рассматриваемого периода снижение дебита нефти более существенно, чем для всего участка в целом.

Так же как и для всего участка в целом, наибольшую эффективность имеет технология термополимерного воздействия, а наименьшими отборами воды характеризуется технология полимерного заводнения.

На рис. 2 представлены накопленные показатели разработки скважины первого типа разреза. Хорошо видно, что для данного типа геологического разреза применение теплового воздействия должно быть ограничено по времени периодом заводнения высокопроницаемых пропластков. Далее эффективность технологии снижается ниже базового уровня.

Полимерное воздействие также имеет период отрицательной эффективности. Поэтому для данного типа разреза рекомендуется технология термополимерного воздействия или комбинированная технология, предусматривающая чередующуюся закачку полимерного раствора и горячей воды.

2-й тип разреза. Для данного типа разреза характерна гидродинамическая связанность слоев коллектора с разной проницаемостью. На рис. 3 и 4 представлены динамики текущих и накопленных показателей разработки для скважины второго типа разреза WPRD4.

Анализируя приведенные на рис. 3 и 4 кривые, можно отметить следующее. В отличие от скважин первого типа разреза, для данного случая относительный прирост в добыче нефти имеет более скромные размеры. Максимальный эффект достигает 24 % от базового значения для технологии термополимерного воздействия (для первого типа разреза – 45 %).

Технология теплового воздействия сохраняет свою эффективность более продолжительный период, и в отличие от рассмотренного ранее случая эффект от нее остается положительным на конец расчетного периода.

Применение полимерного заводнения характеризуется более продолжительным периодом отрицательной эффективности, что предопределило более низкий конечный эффект, чем для скважин первого типа разреза.

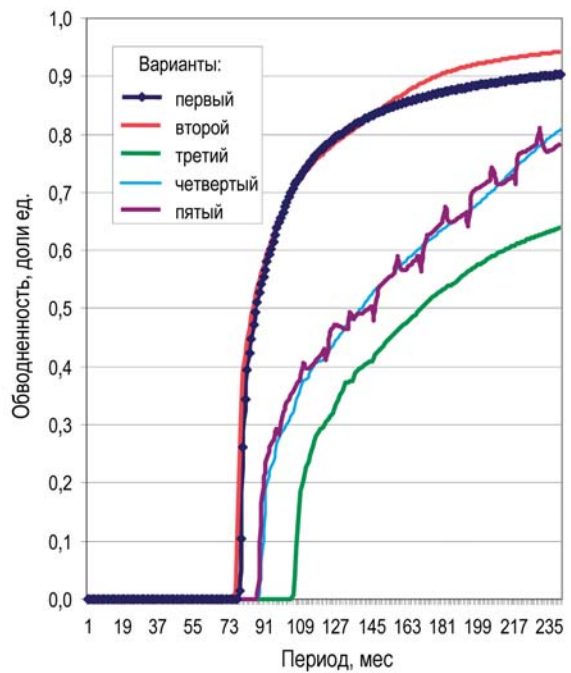
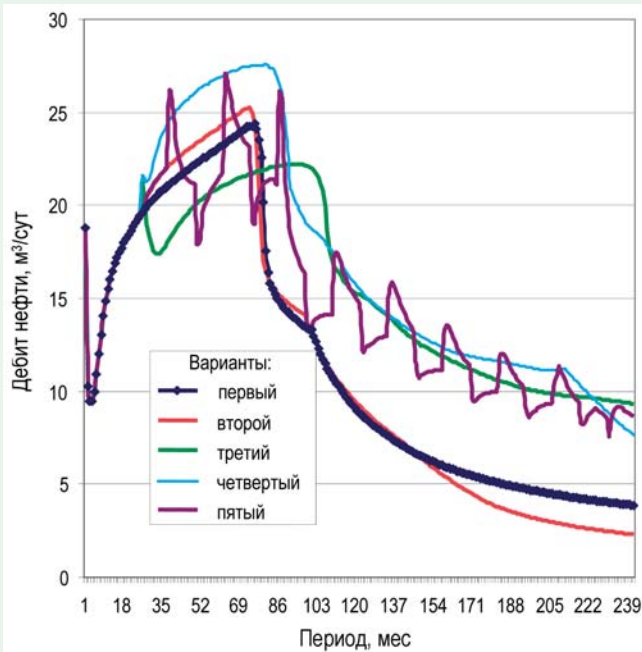


Рис. 1. Динамика текущих показателей разработки скважины WPRD1 (первый тип разреза) по вариантам:
а – дебита нефти; б – обводненности

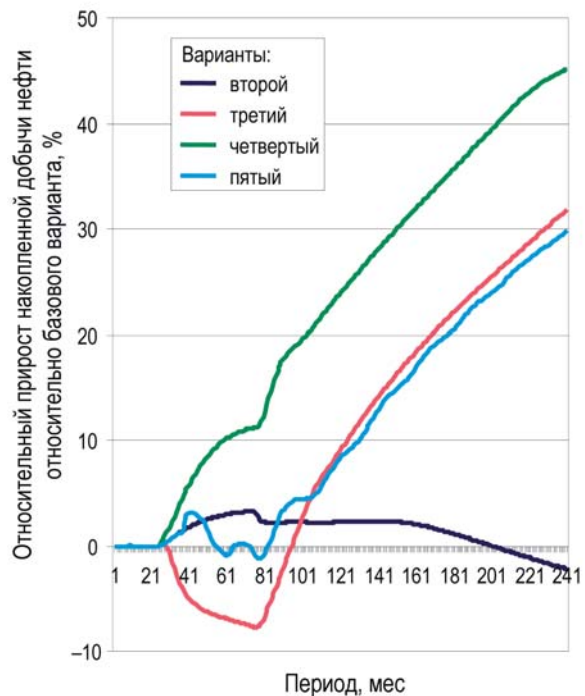
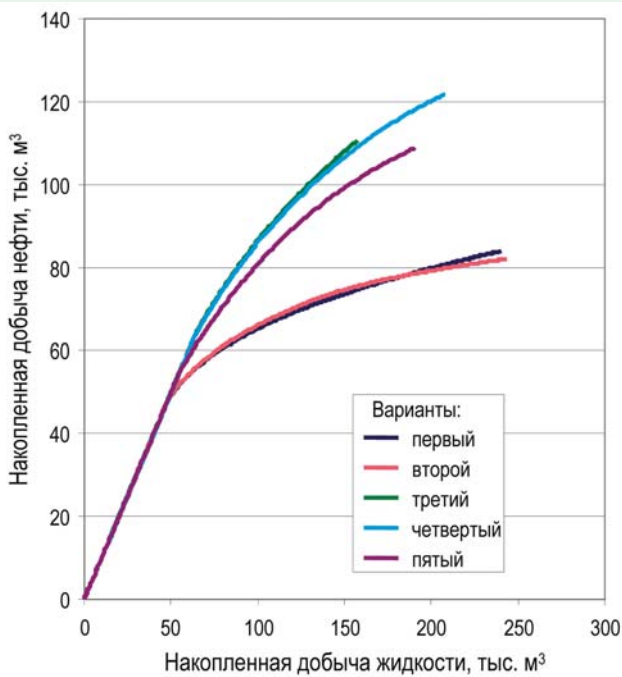
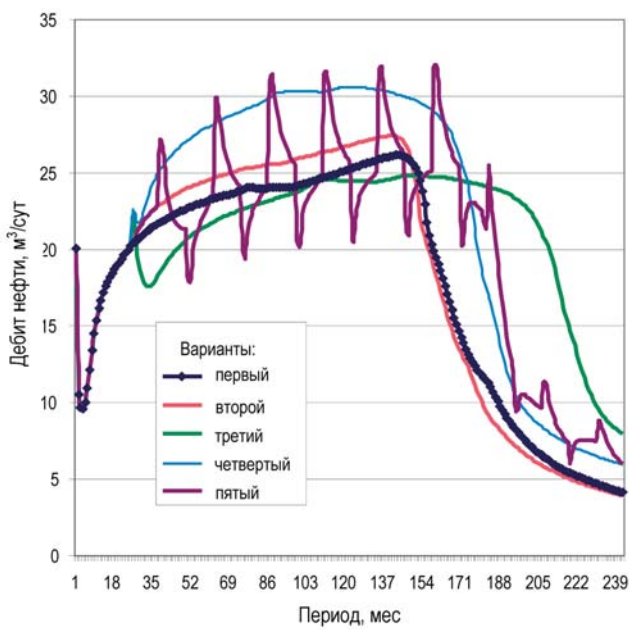
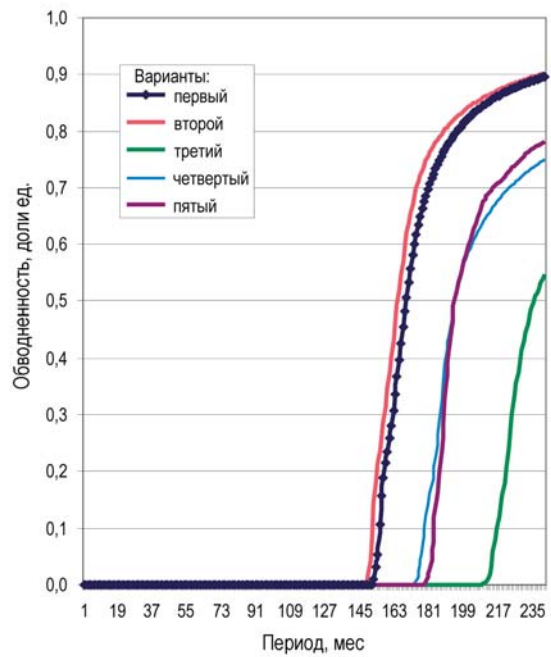


Рис. 2. Характеристики вытеснения (а) и динамики относительных приростов накопленных отборов нефти (б) по рассмотренным вариантам для скважины первого типа разреза

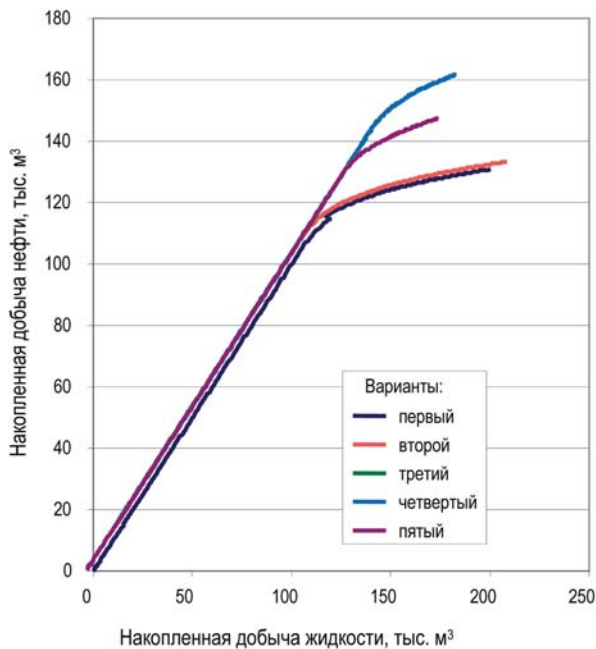


а

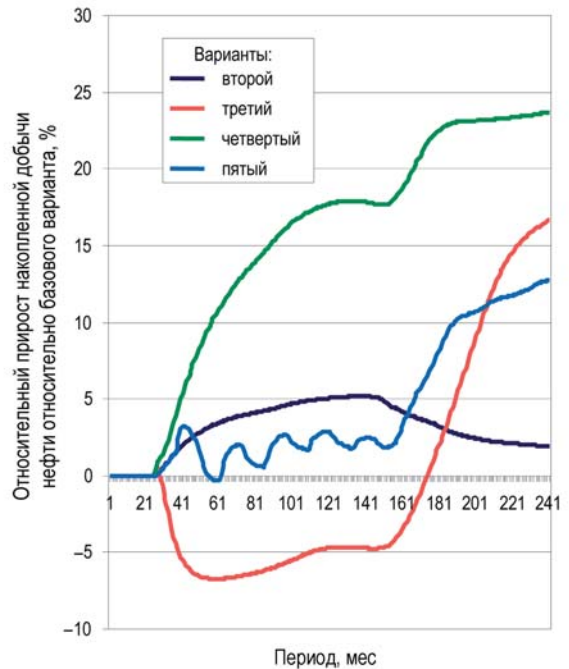


б

Рис. 3. Динамика текущих показателей разработки скважины WPRD4 (второй тип разреза) по вариантам: а – дебита нефти; б – обводненности



а



б

Рис. 4. Характеристики вытеснения (а) и динамики относительных приростов накопленных отборов нефти (б) по рассмотренным вариантам для скважины второго типа разреза

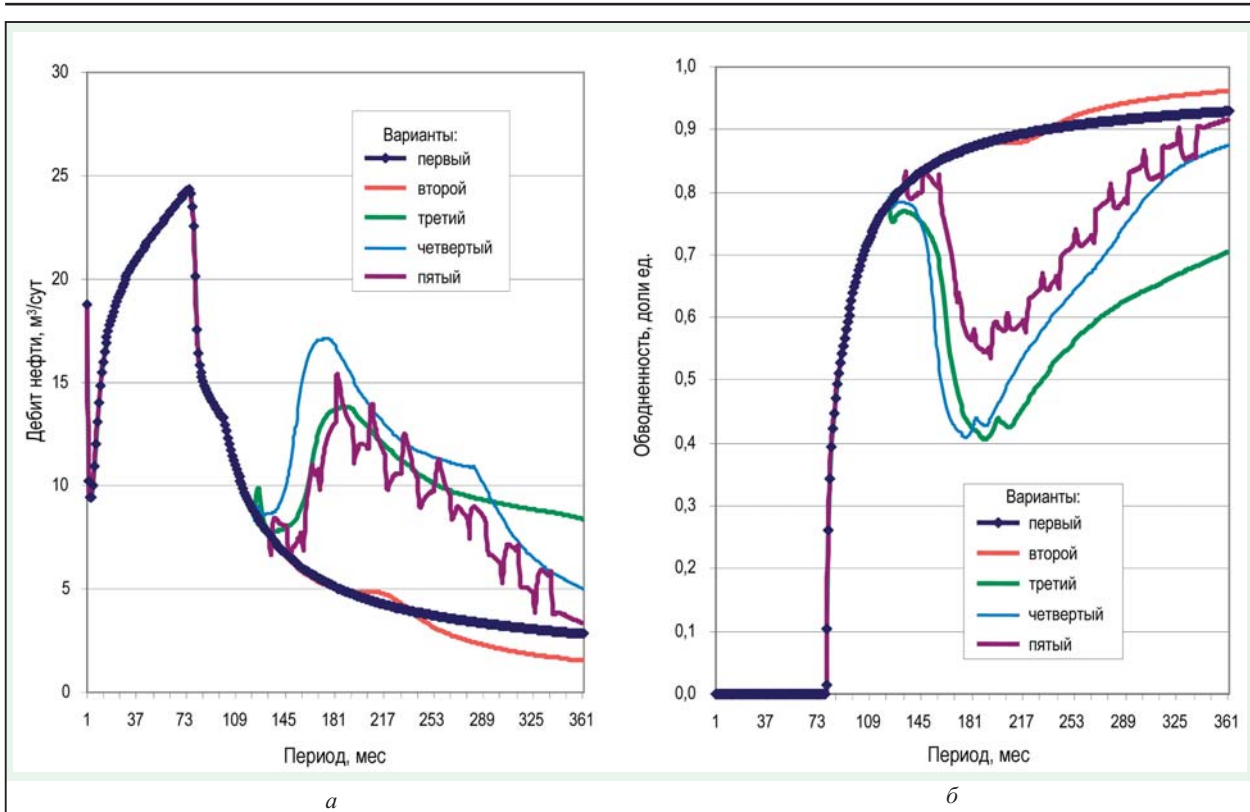


Рис. 5. Динамика текущих показателей разработки скважины WPRD1 (первый тип разреза) по вариантам при высокой "стартовой" обводненности: а – дебита нефти; б – обводненности

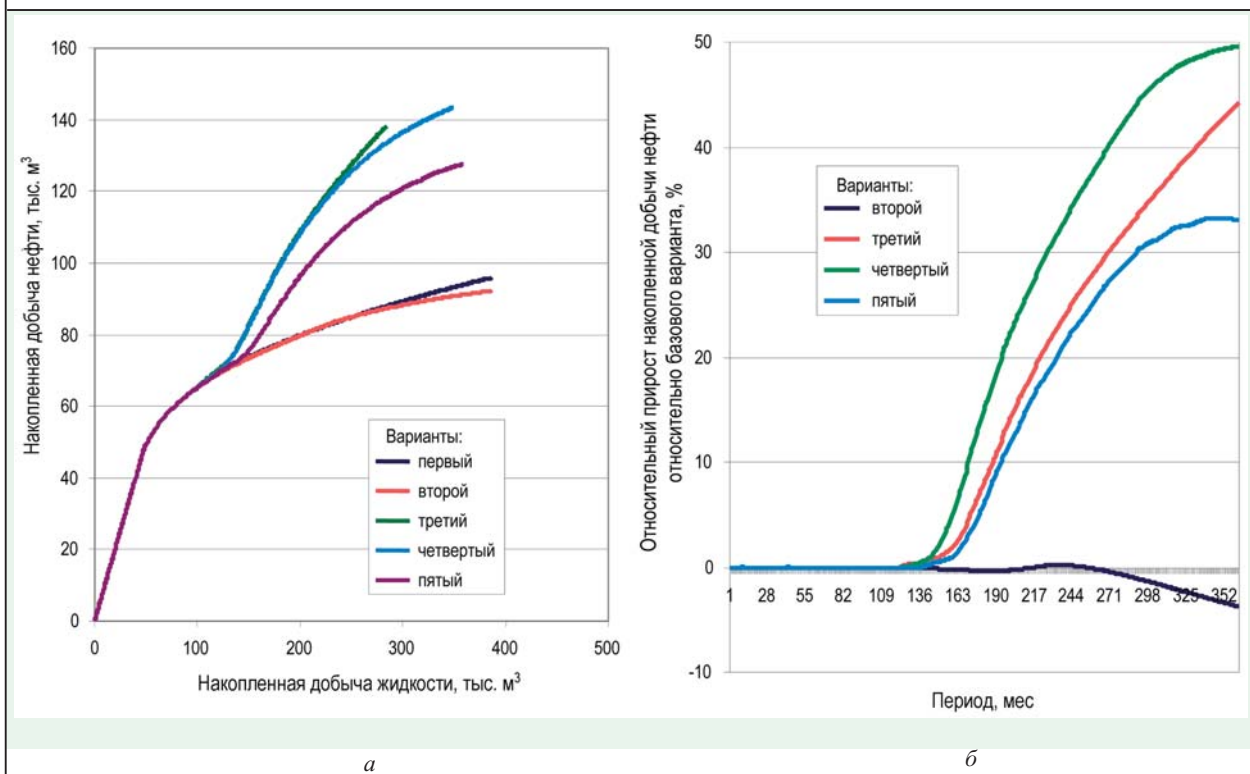


Рис. 6. Характеристики вытеснения (а) и динамики относительных приростов накопленных отборов нефти (б) по рассмотренным вариантам для скважины первого типа разреза

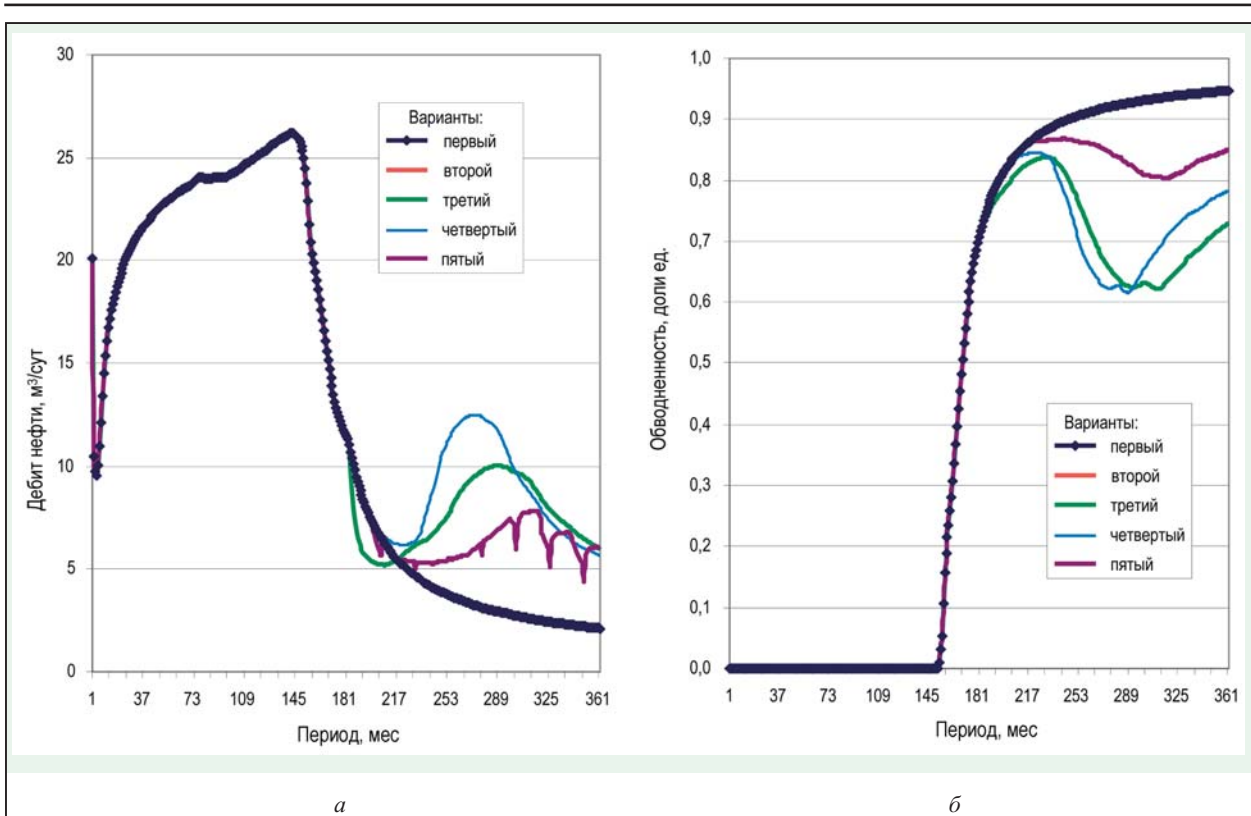


Рис. 7. Динамика текущих показателей разработки скважины WPRD4 (второй тип разреза) по вариантам: а – дебита нефти; б – обводненности

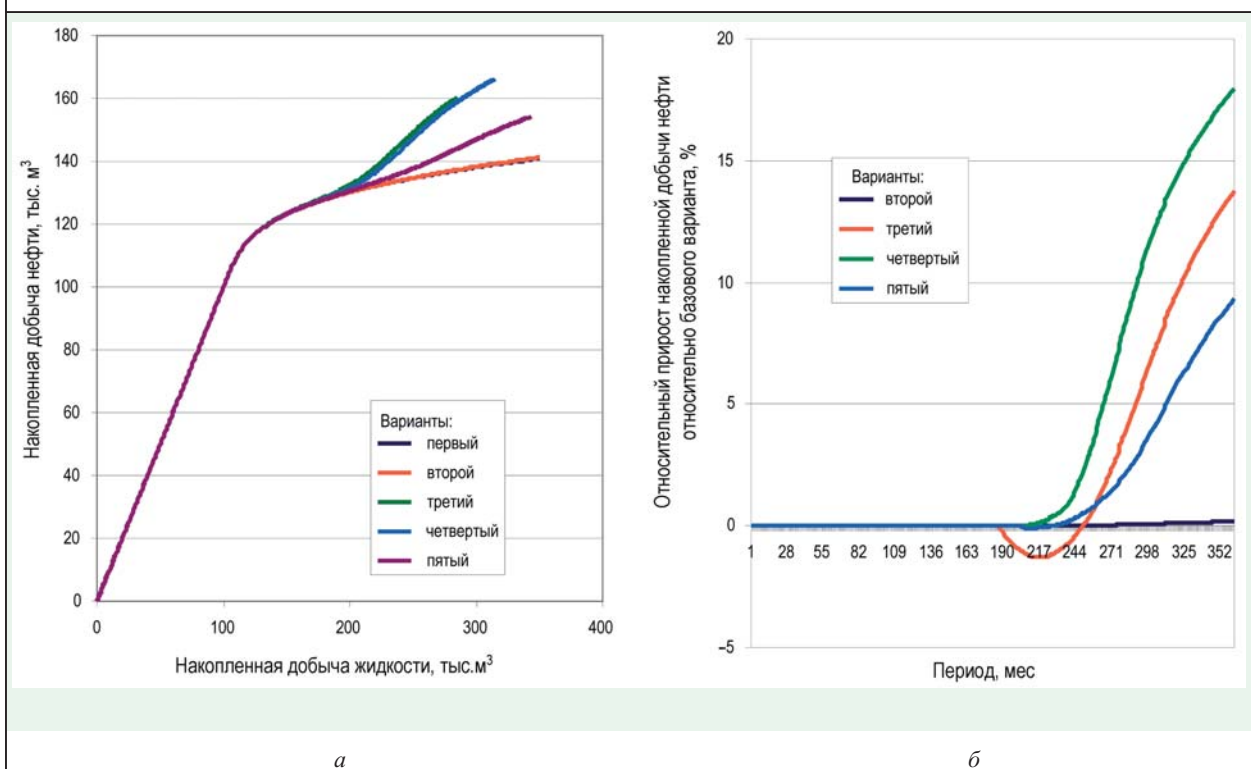


Рис. 8. Характеристики вытеснения (а) и динамики относительных приростов накопленных отборов нефти (б) по рассмотренным вариантам для скважины второго типа разреза

Применение комбинированной технологии на первых порах имеет низкую эффективность, даже ниже теплового воздействия. Однако спустя несколько лет после начала применения технологии ее эффективность возрастает.

Наибольшую эффективность имеет термополимерное воздействие.

Таким образом, тип геологического разреза значительно сказывается на эффективности применяемых технологий. В связи с этим можно предложить следующее применение технологий по типу геологического разреза.

Для залежей первого типа разреза продуктивного пласта:

1) наиболее эффективной является технология постоянной закачки вязкого горячего агента (термополимер);

2) при отсутствии возможности применения термополимеров рекомендуется до начала обводнения добываемой продукции применять тепловое воздействие либо чередующуюся закачку горячей воды и полимеров;

3) после начала обводнения рекомендуется переход на постоянную закачку полимера либо продолжать чередующуюся закачку горячей воды и полимеров.

Для залежей второго типа разреза продуктивного пласта:

1) здесь также наиболее эффективной является технология постоянной закачки вязкого горячего агента (термополимер);

2) при отсутствии возможности применения термополимеров в начальный период необходимо применение теплового воздействия;

3) по мере роста обводненности необходимо переходить на чередующуюся закачку горячей воды и полимерного раствора.

Рассмотрим теперь то, как влияет тип разреза на эффективность рассмотренных выше технологий при высокой "стартовой" обводненности (*вторая серия задач*).

1-й тип разреза. На рис. 5 представлена динамика текущих показателей разработки для скважины WPRD1. Так как скважин с таким типом разреза большинство на участке, то динамика текущих показателей скважины в большей мере соответствует динамике текущих показателей участка в целом.

Отметим, что эффект от теплового воздействия для данного типа разреза при высокой стартовой обводненности незначителен, а к концу рассматриваемого периода – отрицательный. Так же как и для всего участка в целом, наибольшую эффективность имеет технология термополимерного воздействия, а наименьшими отборами воды характеризуется технология полимерного заводнения.

На рис. 6 представлены накопленные показатели разработки скважины первого типа разреза.

Для данного типа геологического разреза применение теплового воздействия при высокой стартовой обводненности не имеет смысла, так как оно об-

ладает отрицательным эффектом. Технологии с применением полимерного раствора (третий, четвертый, пятый варианты) в данном случае не имеют периода отрицательной эффективности. Поэтому для данного типа разреза при высокой стартовой обводненности рекомендуются технологии с применением полимера. Наилучшим является применение термополимерного воздействия.

2-й тип разреза. Для данного типа разреза характерна гидродинамическая связанность слоев коллектора с разной проницаемостью. Необходимо отметить, что начало проведения технологий для данной скважины совпадает с периодом времени, когда фронт закачиваемой воды только приближается к забою скважины. Поэтому выводы первой серии задач применимы к данному случаю, но с некоторой корректировкой. На рис. 7 и 8 представлена динамика текущих и накопленных показателей разработки для скважины второго типа разреза WPRD4.

В рассматриваемых условиях эффективность теплового воздействия положительна, но не превышает 0,2 % прироста в накопленной добыче нефти базового варианта. В случае, когда технология применялась в начале разработки участка, эта величина составляла 5 %.

Применение полимерных технологий дает неоднозначный результат. Безоговорочно эффективным является применение термополимера. А вот применение комбинированной технологии дает положительный эффект, отсроченный по времени на несколько лет. Полимерное заводнение имеет период отрицательной эффективности, однако, в сравнении с рассмотренным выше случаем, этот период менее длительный.

Таким образом, при заводнении высокопроницаемых слоев коллектора и для доразработки текущих запасов нефти, сосредоточенных в низкопроницаемых слоях, рекомендуется:

для залежей первого типа разреза продуктивного пласта:

1) наиболее эффективной является технология постоянной закачки вязкого горячего агента (термополимер);

2) при отсутствии возможности применения термополимеров, рекомендуется осуществлять полимерное заводнение;

3) применение чередующейся закачки горячей воды и полимерного раствора менее эффективно, чем полимерное заводнение;

для залежей второго типа разреза продуктивного пласта:

1) здесь также наиболее эффективной является технология постоянной закачки вязкого горячего агента (термополимер);

2) до момента резкого роста обводненности возможно применение чередующейся закачки горячей воды и полимерного раствора;

3) при высокой обводненности необходимо переходить на постоянную закачку полимерного раствора.

Таким образом, применение конкретного вида технологии зависит как от типа разреза продуктивного пласта, так и от степени выработанности (заводнения) высокопроницаемых слоев коллектора.

Выводы

Представленные выше результаты исследований позволяют сформулировать условия успешного применения технологии для разных типов разрезов.

1. Эффективность технологии теплового воздействия (закачка горячей воды) выше на участках, где наблюдается слияние пропластков с разной проницаемостью (гидродинамическая связанность слоев). Если высоко- и низкопроницаемые пропластки разделены непроницаемыми слоями, то по мере заводнения высокопроницаемого слоя эффективность теплового воздействия будет снижаться. Не рекомендуется применение технологии на участках с заводненными высокопроницаемыми слоями.

2. Технологии полимерного заводнения имеют максимальную эффективность на участках залежи,

где высокопроницаемые слои изолированы от низкопроницаемых по разрезу пласта.

3. Технология закачки горячего вязкого агента эффективна с максимальным приростом в добыче нефти для всех рассмотренных случаев и условий применения.

4. Комбинированная технология, предусматривающая чередующуюся закачку полимерного раствора и горячей воды, рекомендуется к применению в течение ограниченного периода разработки до момента полной выработки высокопроницаемых слоев коллектора и значительного возрастания обводненности добываемой продукции, после чего необходимо перейти к полимерному заводнению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимиров И.В., Пичугин О.Н. Исследование выработки запасов высоковязкой нефти из послонно неоднородного по проницаемости коллектора с применением полимерного заводнения и теплового воздействия // *Нефтепромысловое дело*. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2013. – № 11. – С. 31–40.

УДК 622.276.43"5"

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ НЕСТАЦИОНАРНОГО ЗАВОДНЕНИЯ НА ЗАЛЕЖАХ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ СЕВЕРНЫЕ БУЗАЧИ

И.В. Владимиров, О.Н. Пичугин

(ЗАО "КОНКОРД", г. Москва),

А.В. Горшков

(«Бузачи Оперейтинг Лтд.», г. Актау)

Проблемы извлечения нефти из неоднородного по проницаемости коллектора (особенно неоднородного послонно) в настоящее время встают в полный рост перед нефтедобывающими компаниями. Данные проблемы обостряются и даже переходят на новый уровень сложности при разработке высоковязких нефтей, проявляющих структурно-механические свойства (СМС) в пластовых условиях. Ранее в работе [1], посвященной влиянию СМС на процессы нефтеизвлечения, было показано, что повышение градиента динамического давления сдвига (ГДДС) значительно снижает коэффициент извлечения нефти, увеличивает объемы попутно добываемой воды. Однако, как было показано в работе [2], в условиях проявления СМС нефти нестационарное заводнение (НЗ) может стать хорошим методом повышения нефтеотдачи, так как позволяет существенно увеличивать градиенты давления на границе "заводненный слой – нефтенасыщенный слой".

Ниже рассмотрим результаты применения нестационарного заводнения на примере блока 7 первого эксплуатационного объекта месторождения Север-

ные Бузачи (Казахстан) (рис. 1). Отметим следующее. Несмотря на богатый опыт применения технологий НЗ на нефтяных месторождениях бывшего СССР [3], использование циклической закачки воды на залежах нефти высокой вязкости имеет мало примеров. Поэтому нет возможности воспользоваться готовыми подходами. Применение НЗ на месторождении Северные Бузачи, несмотря на промышленный масштаб, носит до сих пор экспериментальный характер. Седьмой блок юрских отложений стал полигоном, на котором опробовались разные технологии нестационарного воздействия.

Нефть залежи характеризуется высокой вязкостью и плотностью, низким газосодержанием. Нефть разнородна по своим свойствам, обнаружена зависимость ее свойств от расстояния до зеркала ВНК. По данным исследований [4] по юрским отложениям (первый эксплуатационный объект) отмечен значительный разброс параметров пластовой нефти – давление насыщения от 1,24 до 2,79 МПа, газосодержание – от 3,68 до 9,89 м³/т, объемный коэффициент от 1,011 до 1,040 доли ед., вязкость от 122 до 510 мПа·с.