

© А.С.Стреков, С.К.Абуталыбова, 2006

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ РАСТВОРОМ ДИЗЕЛЬНО-ЩЕЛОЧНОГО ОТХОДА В КОМПОЗИЦИИ С ПОЛИМЕРОМ

А.С.Стреков, С.К.Абуталыбова

*Институт геологии НАН Азербайджана
AZ 1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А*

Приводятся результаты экспериментальных исследований вытеснения нефтей композицией раствора дизельно-щелочного отхода (ДЩО) и полимера. Показано, что независимо от вязкости нефти вытеснение нефти композицией раствора ДЩО и полимера более эффективно, чем применение заводнения и ДЩО в отдельности. Установлено, что при размерах оторочек 30-50 % объема пор (при сокращении расхода химических реагентов) безводный и конечный КИН выше, чем при непрерывной закачке композиции.

Введение

Промысловой практикой заводнения пластов установлено, что прорыв пластовых и закачиваемых вод по высокопроницаемым пластам и пропласткам ухудшает условия притока нефти к добывающим скважинам и снижает эффективность разработки нефтяной залежи. Поэтому, несмотря на длительное применение различных модификаций водного воздействия, на месторождениях Азербайджана к настоящему времени удалось извлечь менее 50 % геологических запасов нефти (Hüseynov və b., 2000; Мирзаджанзаде и др., 1986). По месторождениям, характеризующимся неоднородностью коллектора, высоковязкими и неньютоновскими нефтями, в большинстве случаев эта цифра не превышает и 21 % нефти (Мирзаджанзаде и др., 1986).

При этом на разрабатываемых месторождениях происходит ухудшение структуры запасов, где все большую долю составляют трудноизвлекаемые запасы (ТИЗ). По данным работы (Газизов, 2001) до 70% таких запасов содержатся в низкопроницаемых, застойных зонах, а 30% составляет капиллярно-удержанная и пленочная нефть. В этих условиях применение потокоотклоняющих технологий и методов выравнивания профиля приемистости в нагнетательных скважинах и ограничения водопритокков из высокопроницаемой, обводненной части нефтяного

пласта становится одной из основ повышения эффективности методов заводнения и увеличения нефтеотдачи. Однако при этом остается проблема увеличения коэффициента извлечения нефти из охваченной заводнением части нефтяного пласта.

В связи с этим возникает необходимость в разработке и создании новых технологий, увеличивающих охват залежи с ТИЗ воздействием, ограничивающим фильтрацию вод в обводненных зонах с одновременным увеличением коэффициента извлечения нефти (КИН) и отвечающим требованиям энерго- и ресурсосбережения.

Постановка задачи

За последние годы был создан ряд новых комбинированных методов повышения нефтеотдачи пластов, позволяющих при их применении за счет реализации в пласте нескольких механизмов извлечения нефти оказывать влияние как на охват пласта воздействием, так и на коэффициент извлечения нефти из пласта, и тем самым достигать более полной нефтеотдачи, чем при обычном заводнении.

К числу таких методов можно отнести методы, основанные на различных вариантах применения полимеров в сочетании с закачкой различных химических реагентов, увеличивающих коэффициент извлечения нефти (Березин и др., 1990; Газизов, 2001; Малы-

шева и др., 1975; Стреков, 1994; Сургучев и др., 1991). Причем одними из основных требований при выборе химических реагентов должны быть их низкая стоимость, достаточность и относительно простая технология применения. Как правило, с целью энерго- и ресурсосбережения применение таких комбинированных физико-химических методов в промысловых условиях осуществляется в виде оторочек.

При проведении опытно-промышленных работ на месторождении Балаханы-Сабунчи-Раманы (ИКС₄) хорошие результаты были получены при применении отхода завода “Азернефтяг” (ДЩО), получаемого при обработке раствором щелочи (NaOH) топливных фракций (дизельных) нефти с целью очистки от содержащихся в них природных нафтеновых кислот (Lətifov və Qasimli, 2005).

В связи с вышеизложенным, в работе рассматриваются вопросы применения композиции раствора ДЩО с полимером при непрерывной закачке в пласт и закачке ее в виде оторочек различного размера с целью повышения коэффициента извлечения нефти. Исследование поверхностно-активных свойств ДЩО приведено в работах (Абуталыбова, 2004; Стреков и Абуталыбова, 2006).

Методика проведения экспериментов, результаты экспериментов и их обсуждение

Опыты проводились на линейной модели однородного пласта, представляющей собой трубу из нержавеющей стали длиной 1 м. Пористой средой служил кварцевый песок фракцией менее 0,25 мм.

После заполнения модели пласта кварцевым песком проницаемость пористой среды составляла 1,2 мкм², пористость – 0,26. При подготовке модели пласта к опытам её вакуумировали, насыщали водой, которую затем вытесняли нефтью месторождений Биби-Эйбат или Балаханы-Сабунчи-Раманы вязкостью соответственно при 20 °С 20,5 и 164 мПа·с до неснижаемой водонасыщенности, равной в среднем 16-18%.

Опыт заключался в вытеснении нефти из модели пласта оторочкой, состоящей из композиции полимера (во всех опытах полиакриламид – ПАА концентрацией 0,05 %) в растворе ДЩО концентрацией 5 %, которую затем проталкивали по пласту пресной водой. Выбор таких концентраций полимера и ДЩО в композиции был вызван тем, что при этих концентрациях компонентов оторочки наблюдался минимум межфазного натяжения на границе композиции и нефти, используемой в опытах. Размер оторочки в опытах составлял 5, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 80 % от порового объема пласта. Закачку оторочки на основе полимера и ДЩО проводили с самого начала процесса вытеснения. Опыт проводился до 98 % обводненности извлекаемой продукции. Все опыты осуществлялись при постоянном перепаде давления 0,15 МПа в изотермических условиях при температуре 20 °С.

Перед проведением опытов с различными размерами оторочек композиции были проведены эксперименты с пресной водой, раствором ДЩО 5%-ной концентрации и композицией ДЩО с полимером при непрерывной их закачке в пласт. Результаты экспериментов приведены в таблице.

Как показали результаты проведенных экспериментов, применение раствора ДЩО и композиции полимера и раствора ДЩО привело к улучшению показателей процесса извлечения нефти из однородной модели пласта по сравнению с вытеснением нефти пресной водой. Так, на 9,4; 20,4 % и 15,2; 22,3 % соответственно по сравнению с извлечением нефти вязкостью 20,5 мПа·с водой выросли безводный и конечный коэффициенты извлечения нефти раствором ДЩО и композицией полимера и раствора ДЩО: на 2,7; 3,85 ОП сократился объем рабочего агента и в 1,6 и 2 раза снизилась скорость извлечения нефти, а для нефти вязкостью 164 мПа·с эти же показатели для вышеуказанных рабочих агентов изменились соответственно на 10,1; 22 % и 12,5; 23,3 %, на 2,2; 3,7 ОП и в 1,2 и 2,1 раза.

Результаты извлечения нефти из однородной пористой среды пресной водой, ДЩО и композицией полимера и раствора ДЩО при непрерывной их закачке в пласт

Рабочий агент	Вязкость нефти, мПа·с	Безводный КИН, %	Конечный КИН, %	Объем прокачки рабочего агента, ОП	Средняя скорость вытеснения, 10^{-6} м/с
Пресная вода	20,5	30,8	58,1	5,2	49,2
	164	15,4	26,2	5,8	22,1
Раствор ДЩО	20,5	40,2	73,3	2,5	30,4
	164	25,5	38,7	3,6	18,4
Композиция полимера и раствора ДЩО	20,5	51,2	80,4	1,35	23,6
	164	37,4	49,5	2,1	10,5

Затем была проведена серия экспериментов по оценке влияния размера оторочки композиции полимера и раствора ДЩО на эффективность извлечения нефти из модели пласта. Результаты экспериментов приведены на рис.1,2.

Как видно из сравнения данных, приведенных на рис.1 и в табл., применение оторочек композиции всех размеров для обоих типов нефтей оказалось более эффективным, чем непрерывная закачка раствора ДЩО. Например, при непрерывной закачке ДЩО в пласт безводный и конечный КИН для нефтей вязкостью 20,5 и 164 мПа·с соответственно составляет 40,2; 73,3 % и 25,5 и 37,7 %, а при закачке оторочек композиции размером 5-80 % ОП безводный и конечный КИН для тех же нефтей соответственно изменяется в пределах 42,2 - 52,2 % 75,5 - 81,1 % и 28,7 - 38,4 % 40 - 50,6 %. Увеличение размера оторочки композиции с 5 до 80 % ОП приводит к росту как безводного, так и конечного КИН. Так, для нефти вязкостью 20,5 мПа·с при размерах оторочки 2, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 80 % от объема порового пространства пласта наблюдается прирост безводного и конечного КИН соответственно на 2; 8,7; 11,1; 12,8; 14,6; 16; 15,7; 12 % и 2,2; 4,6; 7,2; 9,6; 11,6; 12; 10,6; 7,8 %, а для нефти вязкостью 164 мПа·с - 3,2; 5,3; 10,3; 13,8; 16; 17,7 16,7; 12,9 % и 1,3; 4,1; 9,3; 12,1; 15,1; 15,6; 14,7; 11,9 % по сравнению с непрерывной закачкой раствора ДЩО. Причем, как видно из приведенных данных, при размерах оторочек композиции 30, 40, 50 % ОП как значения безводного

и конечного КИН, так и их прирост по сравнению с непрерывной закачкой ДЩО для обоих типов нефтей наибольшие.

Сравнение экспериментов по непрерывной закачке композиции в пласт (табл.) с закачкой оторочек композиции (рис.1 кр. 1, 2, 3, 4) для обоих типов нефтей показало, что, если при размерах оторочек 5-20 % от объема пор пласта безводный и конечный КИН ниже или равны значениям безводного и конечного КИН при непрерывной закачке композиции, то при размерах оторочек 25-80 % ОП они уже выше этих значений. Максимальный прирост в безводном (для нефти вязкостью 20,5 мПа·с составляет 4,7-5 % и для нефти 164 мПа·с составляет 4,8-5,8 %) и конечном (соответственно 3,5-3,9 % и 3,9-4,8 %) КИН при закачке оторочек композиции по сравнению с непрерывной ее закачкой для обоих типов нефтей наблюдается при размерах оторочки в 30-50 % ОП.

Такое различие в безводных и конечных КИН при непрерывной закачке композиции и ее оторочек определенного размера, а затем водой связано, по-видимому, с наличием в пористой среде порового пространства, недоступного полимерному раствору (Dawson and Lantz, 1972). Дело в том, что практически всякая пористая среда обладает некоторой микронеоднородностью, а макромолекулы полимера, имея определенный геометрический объем, не могут попасть в поры, размер которых меньше их диаметра. Поэтому при вытеснении нефти полимерным раствором объем вытесненной нефти будет

определяться поровым объемом, доступным полимерному раствору (Григорашенко и др., 1978). При вытеснении нефти композицией ДЩО и полимера ДЩО, проникая в поровый объем, недоступный полимеру, вытесняет нефть, которая при «чистом» полимерном заводнении осталась бы в пласте. В связи с этим при вытеснении нефти композицией ДЩО и полимера КИН, помимо нефти, добытой из порового пространства, доступного при полимерном заводнении, будет также определяться и той нефтью, которая добыта из порового объема пласта, недоступного полимеру. Наиболее ярко это явление в пористой среде по результатам проведенных экспериментов проявляется при объемах оторочки композиции 30-50 % ОП. В этом случае композиция, вытесняя нефть из более крупных пор и каналов и перекрывая их затем в результате адсорбции полимера и выпадения осадка, образуемого ДЩО из-за обменных реакций с водорастворимыми солями 2-х и 3-х валентных металлов, находящихся в пластовой воде, уменьшает фазовую проницаемость их по воде. В тоже время при этом объеме оторочек и полимера, и осадка недостаточно, чтобы перекрыть весь поровый объем пласта, в частности, мелкие поры и поры, недоступные полимеру. В результате этого увеличивается микроохват пористой среды водой, проталкивающей оторочку, за счет подключения к работе тех пор и каналов, которые обычно недоступны при полимерном заводнении. Причем вода, растворяя в себе ДЩО, содержащийся в композиции, обладает хорошими нефтевытесняющими свойствами. Это и приводит к росту конечного коэффициента извлечения нефти оторочками композиции размерами 30-50 % ОП, по сравнению с непрерывной закачкой композиции.

На рис. 2 показано изменение средней скорости вытеснения нефти от размера оторочки композиции. Как видно из рис. 2, независимо от вязкости нефти с увеличением размера оторочки композиции наблюдается снижение средней скорости вытеснения нефти (рис.2 кр.1,2). Однако средняя скорость вытеснения нефти оторочками всех размеров для обеих нефтей всегда выше, чем при непрерывной закачке композиции (см. табл.).

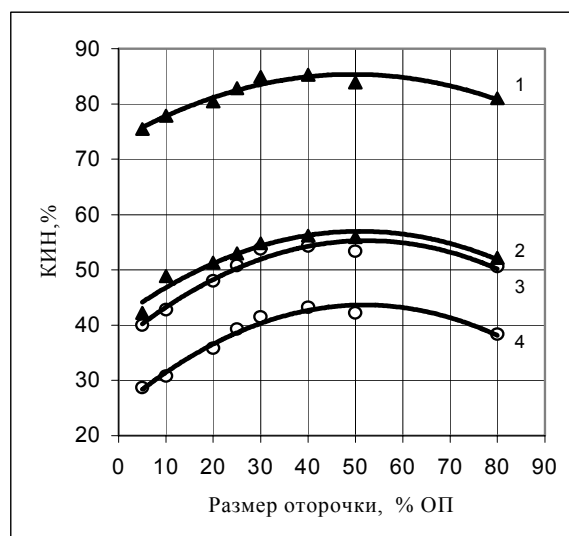


Рис. 1. Зависимость безводного (кр. 2,4) и конечного (1,3) коэффициентов извлечения нефти вязкостью 20,5 мПа·с (кр.1,2) и 164 мПа·с (кр.3,4) от размера оторочки композиции на основе полимера и ДЩО

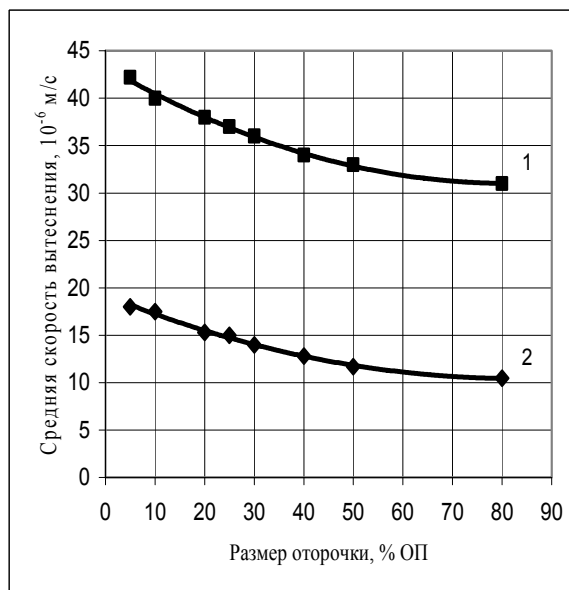


Рис. 2. Зависимость средней скорости вытеснения нефти вязкостью 20 (кр.1) и 164 (кр.2) мПа·с от размера оторочки композиции на основе полимера и ДЩО

Заключение

Проведенные экспериментальные исследования показали, что независимо от вязкости нефти вытеснение её композицией раствора ДЩО и полимера более эффективно, чем

применение заводнения и ДЩО в отдельности. Так, в условиях проведения экспериментов для нефти вязкостью 20,5 и 164 мПа·с прирост конечного КИН при вытеснении нефти композицией раствора ДЩО и полимера по сравнению с заводнением соответственно составил 22,3 и 23,3 %, а по сравнению с вытеснением раствором ДЩО – 7,1 и 10,8 %. Установлено, что при размерах оторочек композиции раствора ДЩО и полимера 30-50 % ОП (при сокращении расхода химических реагентов) безводный КИН для нефти вязкостью 20,5 и 164 мПа·с соответственно на 4,7-5 и 4,8-5,8 %, а конечный КИН соответственно на 3,5-3,9 и 3,9-4,8 % выше, чем при непрерывной закачке композиции.

ЛИТЕРАТУРА

- АБУТАЛЫБОВА, С.К. 2004. Изучение физико-химических свойств системы ПАВ-щелочь. *Azərbaycan MEA Aspirantlarının elmi konfransının materialları*, iyun 2004-cü il, Elm, Bakı, 207-210.
- БЕРЕЗИН, Г.В., ГОРБУНОВ, А.Т., ШВЕЦОВ, И.А. 1990. Основы полимерно-щелочного воздействия для увеличения нефтеизвлечения. *Нефтяное хозяйство*. 7, 27-29.
- ГАЗИЗОВ, А.А. 2001. Развитие технологий комплексного действия – эффективное решение проблемы повышения нефтеотдачи пластов. *Нефтепромышленное дело*. 11, 4-10.
- ГРИГОРАЩЕНКО, Г.И., ЗАЙЦЕВ, Ю.В., КУКИН, В.В. и др. 1978. Применение полимеров в добыче нефти. Недра, Москва.
- МАЛЫШЕВА, Л.Н., БАБАЛЯН, Г.А., НАСРЕТДИНОВ, М.Н. и др. 1975. Нефтевытесняющие свойства растворов ПАА в композиции с другими реагентами. *Тр. БашНИПИнефть*, 41, 73-79.
- МИРЗАДЖАНЗАДЕ, А.Х., АМЕТОВ, И.М., ЕНТОВ, В.М., РЫЖИК, В.М. 1986. Реологические проблемы нефтегазоотдачи. ВНИИОЭНГ, Москва.
- СТРЕКОВ, А.С. 1994. Физико-химические основы повышения нефтеотдачи пластов путем регулирования подвижности рабочих агентов: Дис...доктора технических наук. Баку.
- СТРЕКОВ, А.С., АБУТАЛЫБОВА, С.К. 2006. Исследование поверхностно-активных свойств дизельно-щелочного отхода. *Азербайджанское нефтяное хозяйство*. 2, 25-29.
- СУРГУЧЕВ, М.Л., ГОРБУНОВ, А.Т., ЗАБРОДИН, Д.П., ЗИСКИН, Е.А., МАЛЮТИНА, Г.С. 1991. Методы извлечения остаточной нефти. Недра, Москва.
- HÜSEYNOV, Ə.N., İBRANİMOV, Z.M., ASLANOV, T.İ. 2000. Qurudakı neft yataqlarında laylara su ilə tə'sir prosesinin ümumi nəticələri. *Azərbaycan neft təsərrüfatı*. 9, 11 - 20.
- LƏTİFOV, A.İ., QASIMLI, A.M. 2005. Qələvili tullantının şirin suda məhlulundan araqatı yaratmaqla layın neftveriminin artırılması (Balaxanı-Sabunçı-Ramana yatağı təmsalında). *Azərbaycan neft təsərrüfatı*. 4, 3 – 6.
- DAWSON, R., LANTZ, R. 1972. Inaccessible pore volume in polymer flooding. *Soc. Petroleum Engr. J.*, 10, 448-452.

Рецензент: д.т.н. Р.А.Мусаев