



УДК 622.276

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF SURFACTANTS FOR THE INTENSIFICATION OF PRODUCTION OF HIGH-VISCOSITY OIL

Будкевич Роза Леонидовна

кандидат технических наук,
доцент кафедры разработки и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений,
Алметьевский государственный
нефтяной институт
budkevichrl@yandex.ru

Шайхразиева Ляйсан Равилевна

аспирант кафедры разработка и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений,
Алметьевский государственный
нефтяной институт
layissan@mail.ru

Аннотация. В статье приведена основная классификация поверхностно-активных веществ, и представлены процессы, происходящие в пласте при их применении.

Ключевые слова: высоковязкая нефть, поверхностно-активные вещества (ПАВ), неионогенный ПАВ, смачиваемость, межфазное поверхностное натяжение.

Budkevich Roza Leonidovna

Candidate of Technical Sciences,
Associate professor Department
Development and exploitation
of oil and gas fields,
Almetyevsk State Oil Institute
budkevichrl@yandex.ru

Shaihratieva Laysan Ravilevna

Postgraduate student Department
Development and exploitation
of oil and gas fields,
Almetyevsk State Oil Institute
layissan@mail.ru

Annotation. The article describes the basic classification of surfactants, and processes occurring in the reservoir at their application are represented.

Keywords: high-viscosity oil, surfactants, nonionic surfactants, wettability, interfacial tension.

В настоящее время большинство крупных месторождений России, в том числе Республики Татарстан, вступило в позднюю стадию разработки. Текущая обводненность добываемой продукции превышает 80 % [1]. Вновь вводимые в разработку месторождения характеризуются низкой проницаемостью, повышенной вязкостью нефти и сложным геологическим строением, следовательно, их запасы следует относить к категории трудноизвлекаемых.

Для месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти чрезвычайно сложен механизм вытеснения: 30 % нефти остается в пласте, удерживаемой в капиллярах и в пленках. Данная нефть может быть извлечена только в результате воздействия на нее различных физико-химических процессов и явлений. Особую роль для данного типа нефти играют взаимодействия в системе «порода-нефть-пластовая вода», в частности межфазное натяжение на границе раздела исследуемых фаз [2].

Снижение поверхностного натяжения на границе раздела сред и улучшение смачиваемости коллектора способствует увеличению проводимости пласта. Также за счет уменьшения работы адгезии и действия капиллярных сил повышается степень отмыва коллектора, что приводит к увеличению отбора нефти [3].

Одним из перспективных направлений, способствующих снижению межфазного натяжения и отмыву пленочной нефти, являются технологии с применением поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Поверхностно-активными называются вещества, способные адсорбироваться из раствора на поверхности раздела фаз жидкость – газ (пар), жидкость – жидкость, жидкость – твердое тело с соответствующим понижением свободной поверхностной энергии (поверхностного натяжения) на этой поверхности [4].

По химическим свойствам ПАВ делятся на две группы: ионогенные и неионогенные. Ионогенные ПАВ диссоциируют в воде на ионы, при этом, если поверхностной активностью обладают анионы, ПАВ называются анионными, если катионы – катионными. Некоторые ПАВ содержат и кислотные, и основные группы. В зависимости от условий они проявляют свойства или анионных, или катионных ПАВ, поэтому называются амфотерными ПАВ. Неионогенные ПАВ в воде не диссоциируют [5].

Наиболее часто применяемыми в нефтяной промышленности ПАВ являются:

– анионактивные ПАВ – алкилакрилсульфонаты (сульфонолы), алкилсульфонаты, алкилсульфаты;



– катионактивные ПАВ – алкилбензилпиридийный хлориды (катапав К), алифатические амины – солянокислые соли (АНП), карбозолин – О;

– неионогенные ПАВ – оксиэтилированные алкилфенолы (ПАВ типа ОП-10), оксиэтилированные жирные спирты, оксиэтилированные жирные кислоты, блоксополимеры окисей этилена и пропилена (дислованы, проксанолы, сепаролы) [4].

Рассмотрим непосредственно механизм действия ПАВ: добавка ПАВ в воду снижает межфазное натяжение воды на границе с нефтью. Низкое межфазное натяжение позволяет каплям нефти легко деформироваться, следовательно, уменьшается работа, необходимая для проталкивания капели нефти через сужения пор коллектора, что увеличивает скорость их перемещения в пласте.

Также, водные растворы ПАВ проявляют моющие свойства по отношению к нефти. При взаимодействии растворы ПАВ способствуют разрыву пленки нефти, покрывающей поверхность породы.

Лучшее вытеснение нефти водой, содержащей ПАВ, объясняется влиянием ПАВ на реологические свойства нефти. Содержание асфальтенов и парафинов способствуют структурообразованию, что ведет к аномальной вязкости нефти. ПАВ, адсорбируясь на структурообразующих компонентах нефти, ослабляет взаимодействия между ними. В результате происходит снижение вязкости нефти.

Таким образом, применение ПАВ способствует снижению давления нагнетания и удельного расхода воды, повышению охвата пласта заводнением, тем самым, увеличивается темп разработки залежи.

Как известно, пластовая вода содержит большое количество хлоридов щелочно-земельных металлов (главным образом, кальция и магния). При использовании ее для заводнения рекомендуется применять неионогенные ПАВ, которые не вступают в химическое взаимодействие с солями щелочно-земельных металлов. Кроме того неионогенные ПАВ обладают достаточно высокой поверхностной активностью, меньшей адсорбируемостью на поверхности пород, а их свойства могут изменяться в широких пределах [4].

Водорастовримые ПАВ используются на более ранней стадии разработки месторождений, маслорастовримые – на поздней стадии.

Впервые результаты экспериментальных и промысловых исследований по применению неионогенных ПАВ были опубликованы в США в 1940–50-х годах. В России данная проблема изучалась более 30 лет и нашла свое отражение в работах Г.А. Бабальяна, А.Т. Горбунова, Ш.К. Гиматудинова, В.В. Девликамова, К.Ф. Жигача, М.М. Кусакова, Ф.И. Котяхова, И.И. Кравленко, И.Л. Мархасина, М.Л. Сургучева, А.Б. Тумасяна и др.

Исследования БашНИПИнефть показали, что наиболее оптимальной концентрацией неионогенных ПАВ в воде является концентрация 0,05–1 %.

Лабораторные исследования ТатНИПИнефть показали, что применяемые водорастовримые НПАВ повышают коэффициент вытеснения на 5–8,3 %. при первичном вытеснении, при вытеснении нефти из частично обводненного коллектора – от 2,2–2,7 %, а для отмыва остаточной нефти из обводненных коллекторов – лишь 0,5–1 %. Следовательно, с увеличением гидрофильности породы эффективность применения ПАВ для вытеснения нефти снижается [6].

В работе [7] авторами исследованы неионогенные ПАВ Tergitol 15-S-7, Tergitol 15-S-9 и Tergitol 15-S-12. Проведены экспериментальные исследования по оценке влияния концентрации NaCl на свойства ПАВ на примере модели минерализованной воды.

По результатам экспериментов получено, что наиболее оптимальным вариантом из исследуемых неионогенных ПАВ является Tergitol 15-S-12. Применение Tergitol 15-S-12 позволяет дополнительно получить более 26 % нефти по сравнению с традиционным заводнением.

В результате использования неионогенных ПАВ повышаются нефтевытесняющие свойства воды и активируются капиллярные и диффузионные процессы вытеснения за счет снижения межфазного натяжения нефти на контакте с закачиваемой водой и уменьшение краевого угла смачивания.

Литература:

1. Алтунина Л.К. Нефтевытесняющая композиция ПАВ с регулируемой вязкостью для увеличения нефтеотдачи залежей высоковязкой нефти / Л.К. Алтунина, В.А. Кувшинов, Л.А. Стасьева, и др // Георесурсы. – 2016. – Т. 18. – № 4. – Ч.1. – С. 281–288.
2. Нуриев Д.В. Исследование свойств поверхностно-активных веществ (ПАВ) с целью применения в методах увеличения нефтеотдачи пластов. – Институт «ТатНИПИнефть». – С. 1–6.
3. Хисамов Р.С. Эффективность выработки трудноизвлекаемых запасов нефти : учебное пособие. – Казань : Изд-во «Фэн» Академии наук Республики Татарстан, 2013. – 310 с.
4. Бабальян Г.А., Леви Б.И., Тумасян А.Б., Халимов Э.М. Разработка нефтяных месторождений с применением поверхностно-активных веществ. – М. : Недра, 1983. – 216 с.
5. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества: справочник / под ред. А.А. Абрамзона и Е.Д. Щукина. – Л. : Химия, 1984. – 392 с.
6. Муслимов Р.Х. Современные методы повышения нефтеизвлечения: проектирование, оптимизация и оценка эффективности : учебное пособие. – Казань : Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2005. – 688 с.



7. Bera A., Mandal A., Belbaj H., Kumar T. Enhanced oil recovery by nonionic surfactants considering mercerization, surface, and foaming properties. *Pet SciTechol.* (2017) 14:362-371. doi:10.1007/s12182-017-0156-3

References:

1. Altunina L.K. Oil-displacing surfactant composition with adjustable viscosity for enhanced oil recovery of high-viscosity oil deposits / L.K. Altunina, V.A. Kyvshinov, L.A. Staseva et al // *Georesursa.* – 2016. – Vol.18. – № 4. – part 1. – P. 281–288.
2. Nyriev D.V. Investigation of the properties of surfactants (surfactants) for use in enhanced oil recovery methods / TatNIPIneft Institute. – P. 1–6.
3. Hisamov R.S. Efficiency of producing hard-to-recover oil reserves: Manual. – Kazan : Publishing house «Fan» of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2013. – 310 p.
4. Babalyan GA, Levi BI, Tumasyan AB, Halimov E.M. Development of oil fields with the use of surfactants. M. : Nedra, 1983. – 216 p.
5. Surface phenomena and surface-active substances: reference book / A.A. Abramzon and E.D. Shchukin. – L. : Chemistry, 1984. – 392 p.
6. Muslimov R.H. Modern methods of increasing oil extraction: design, optimization and evaluation of efficiency : Manual. – Kazan : Publishing house «Fan» of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, 2005. – 688 p.
7. Bera A., Mandal A., Belbaj H., Kumar T. Enhanced oil recovery by nonionic surfactants considering mercerization, surface, and foaming properties. *Pet SciTechol.* (2017) 14:362-371. doi:10.1007/s12182-017-0156-3