



МИРРИКО
ГРУППА КОМПАНИЙ

Меньше воды – больше нефти

ATREN WSO - решение ГК «Миррико» для ограничения водопритока и повышения нефтеотдачи

Э.С. ФОНАКОВ

Руководитель группы ИДН и ГРП технологической службы, ООО «Промышленная химия», Группа компаний «Миррико»

Р.И. САТТАРОВ

Директор бизнес-единицы «Химическая обработка скважин», ООО «Делика», Группа компаний «Миррико»

А.В. МАЛЫГИН

Начальник технологической службы, ООО «Промышленная химия», Группа компаний «Миррико»

По мере разработки нефтяных месторождений неизбежно происходит увеличение обводненности добываемой продукции. Причинами увеличения объема попутно-добываемой воды могут быть как подтягивание конуса подошвенной воды, подстилающей продуктивный пласт в направлении интервала перфорации скважины, так и прорыв нагнетаемой воды через систему поддержания пластового давления по высокопроницаемым пропласткам, образованным по системе естественных природных трещин между добывающими и нагнетательными скважинами [1]. Несмотря на имеющиеся недостатки, наиболее распространенный агент, применяемый в технологиях ограничения водопритоков (ОВП) и выравнивания профиля приемистости (ВПП), – синтетический полиакриламид (ПАА). В данной статье произведен обзор существующих проблем при разработке и эксплуатации нефтяных месторождений и способов их решений на рынке технологий ОВП и ВПП, а также рассмотрены особенности гелеобразователя Atren WSO, разработанного научно-исследовательским центром ГК «Миррико».

Ежедневно в мире вместе с 75 млн барр нефти добывается порядка 210 млн барр воды. Каждый год на подготовку, хранение и утилизацию такой воды тратится порядка \$50 млрд [2]. Ежегодное увеличение темпов добычи нефти в России сопровождается неизбежным ростом обводненности добываемой продукции. В новейшей истории России одновременно с ежегодным увеличением добычи нефти увеличивается обводненность добываемой нефти в среднем на 0,5%.

При разработке нефтяных месторождений наиболее широко распространенным методом воздействия на продуктивный пласт с целью поддержания пластового давления и увеличения конечного нефтеизвлечения является метод закачки воды в пласт [3].

В России более 80% залежей нефти разрабатывается с использованием заводнения. Основной целью закачки воды в пласт является

эффективное вытеснение нефти к добывающим скважинам и увеличение экономической эффективности разработки месторождения благодаря повышению коэффициента извлечения нефти из залежи [4].

Разработка мероприятий по снижению поступления воды в ствол добывающих скважин на первом этапе включает в себя оптимизацию системы заводнения. При наличии трещиноватости и разломов между нагнетательной и добывающей скважинами происходит довольно быстрый прорыв нагнетаемой воды в ствол реагирующей добывающей скважины. Наиболее распространенными методами борьбы с преждевременным прорывом нагнетаемых вод являются методы, повышающие вязкость вытесняющего агента, а также технологии выравнивания профилей приемистости (рис. 1).

Применяемые технологии ограничения притока воды в добывающие скважины в зависимости от характера влияния закачиваемой водоизолирующей массы на проницаемость нефтенасыщенной части пласта, вскрытого перфорацией, разделяются на селективные и неселективные. Неселективные методы изоляции – методы, при которых исполь-

зуются материалы, которые независимо от насыщенности среды нефтью, водой и газом образуют экран, не разрушающийся со временем в пластовых условиях. Селективные методы изоляции – такие методы, при которых используемые материалы закачиваются во всю перфорированную часть пласта, при этом образующийся гель увеличивает фильтрационное сопротивление только в водонасыщенной части пласта, а закупорки нефтяной части пласта не происходит.

По характеру изменений, происходящих в составах во времени, водоизолирующие составы можно условно разделить на пять групп:

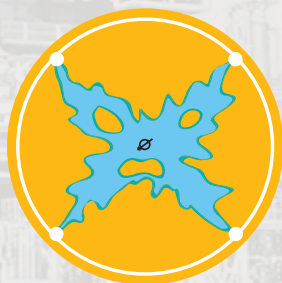
1. *Отверждающиеся материалы*

Твердеющие материалы готовят на основе неорганических и органических соединений, а также органоминеральных композиций, таких как цементы, пеноцементы, нефцементы, силикатные растворы, синтетические смолы (с отвердителями и добавками), кремнийорганические соединения.

Отверждающиеся материалы – химические реагенты, образующие после попадания в пласт водоизолирующую твердую массу, растворимую в нефти и нерастворимую в водной среде.

РИС. 1 ВЫРАВНИВАНИЕ ПРОФИЛЯ ПРИЕМИСТОСТИ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН

Нагнетание воды

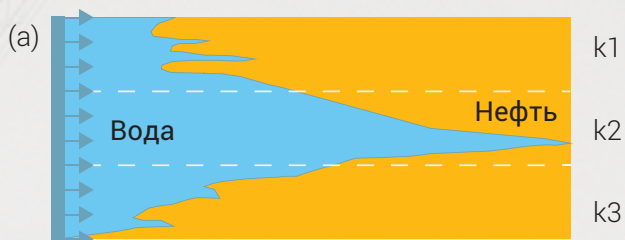


До ВПП



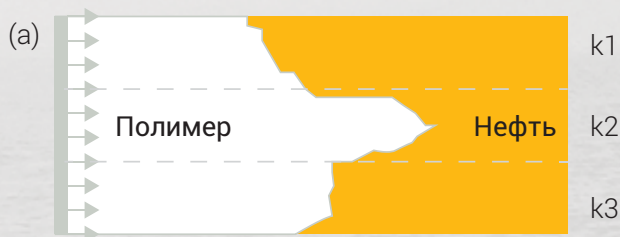
После ВПП

До выравнивания профиля приемистости



$k_2 > k_3 > k_1$

После выравнивания профиля приемистости



k - проницаемость интервала

2. Гелеобразующие материалы

Гелеобразователи образуют изоляционный экран в результате перехода товарной формы реагента (дисперсные системы, растворы) в гель. Получаемые гели подвержены механическим и тепловым воздействиям, имеют малую подвижность, обладают упругостью и эластичностью.

В нефтедобывающей промышленности для создания гелевого экрана применяются жидкое стекло (совместно с гелеобразователем), силикаты, кремнийорганические соединения, водорастворимые полимеры (ПАА, КМЦ, ПВС и т. д.).

3. Осадкообразующие материалы

Применение осадкообразующих материалов основано на образовании и выделении твердого или гелеподобного вещества, отдельные частицы которого не связаны или слабо связаны друг с другом.

К осадкообразующим материалам относят силикатные растворы, дисперсии набухающих полимеров, дисперсии латекса, соединений кремния, растворы ПАВ (ПАА, асфальтены, смолы, гудрон), гидрофобизированные растворы ПАВ.

4. Пенные и эмульсионные системы

Применение пенных систем основано на их воздействии на породы и поровое пространство пласта: адсорбция ПАВ, смачивание и прилипание пузырьков к породе, влияние адсорбционных слоев на свойства кольматантов, влияние расклинивающего давления на проницаемость пород. К материалам на основе пен и эмульсий относят аэрированные (газирванные) растворы ПАВ (двухфазные и трехфазные пены), которые могут включать стабилизаторы, тонкодисперсную твердую фазу, различные реагенты (кислоты, растворители) и добавки, самогенерирующиеся пенные системы, гидрофильные эмульсии первого рода, гидрофобные эмульсии второго рода.

5. Комбинированные системы

При сложных геолого-физических условиях эксплуатации скважин широкое применение находят материалы многофункционального воздействия (комбинированные материалы), которые позволяют достигать нескольких целей (перераспределение фильтрационных потоков, выравнивание профиля приемистости нагнетательных скважин, увеличение прочности материала, улучшение фильтрационных свойств и др.). К ним относятся эмульсионно-суспензионные, волокнисто-дисперсные и полимерно-дисперсные системы; растворители, гидрофобизаторы, ПАВ-гелеобразующие составы; гелеобразующие составы с добавкой ПАВ, твердых дисперсных веществ, кислот и других реагентов.

Результатом проведения мероприятий по ограничению водопритоков в ствол добывающих скважин, а также регулированию системы заводнения продуктивной залежи, является сокращение объ-

емов попутно-добываемой воды, что в свою очередь позволяет:

- сократить затраты на подъем и транспортировку попутно-добываемой воды (до 1500 руб./м³ воды);
- сократить затраты на сепарацию, подготовку и утилизацию попутно-добываемой воды (до 200 руб./м³ воды);
- снизить затраты на защиту ГНО от коррозионных процессов, возникающих при контакте со скважинной жидкостью [5];
- увеличить % содержания целевого флюида – пластовой нефти в добываемой продукции;
- увеличить потенциально извлекаемые запасы нефти и текущую нефтеотдачу.

Несмотря на большое разнообразие методов борьбы с нежелательной попутно-добываемой водой, эффективность водоизоляционных работ остается на низком уровне (30–40%).

Разработанный в научно-исследовательском центре ГК «Миррико» гелеобразователь Atren WSO представляет собой многокомпонентный продукт на основе полимера с добавкой поверхностно-активных веществ в углеводородном растворителе. Реагент Atren WSO предназначен для применения в нефтедобывающей промышленности для селективного ограничения водопритока в обводненных нефтедобывающих скважинах, а также выравнивания профиля приемистости нагнетательных скважин.

Atren WSO производится двух марок. В зависимости от марки и способа приготовления реагент может применяться для технологий ОБП и ВПП. При этом основные компоненты реагента остаются неизменными, меняется лишь тип применяемого шшивателя, и, как следствие, при использовании разных марок достигается разный результат.

Так, для марки реагента, применяемого в технологиях ОБП, характерна большая концентрация, более быстрая шшивка состава и, как следствие, образование более прочного, нетекучего геля. Для технологий ВПП, в зависимости от типа воды затворения, концентрация Atren WSO начинается от 1%, шшивка состава происходит медленнее, в результате чего образуется эластичный текучий гель.

Технология применения реагента Atren WSO при проведении водоизоляционных работ заключается в образовании упругого изоляционного экрана при взаимодействии реагента с пластовой водой в продуктивном интервале. При осуществлении водоизоляционных работ можно закачивать как концентрированную, товарную форму продукта, так и разбавленную в углеводородном растворителе. При этом состав не теряет своих технологических свойств, т. к. углеводородный растворитель, помимо снижения вязкости концентрированного Atren WSO, выполняет функцию транспортировки гелеобразователя в целевой интервал.

При контакте с водой сначала происходит гидратация полимера с характерным набором вязкости, после чего в ход вступают компоненты состава и происходит упрочнение структуры путем образования трехмерной сетки, сшитой по функциональным группам полимера.

Частный пример образования водоизоляционной структуры, характерный для условий разработки месторождений на территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, представлен на рис. 2.

Благодаря селективному действию реагента Atren WSO только в водонасыщенной части пласта, реализация водоизоляционных работ достаточно проста. Для проведения работ в полевых условиях требуется стандартное оснащение бригады по капитальному (подземному) ремонту скважин. Проведение технологии заключается в смешении Atren WSO с углеводородным растворителем и закачке в перфорированный интервал всего объема композиции. Важным условием проведения водоизоляционных работ является предотвращение преждевременного контакта композиции с водой в стволе скважины, что реализуется путем прокачки предварительного объема буферной жидкости, не растворимой в воде.

При реализации технологии повышения нефтеотдачи пласта путем перераспределения потоков нагнетаемого агента по всей толще пласта гелеобразователь Atren WSO позволяет получать эластичный текучий гель при дозировках товарной формы продукта от 1 %.

Так как для проведения работ по выравниванию профиля приемистости нагнетательной скважины на основе Atren WSO не требуется дополнительного ввода швистателя, значительно упрощается процесс приготовления композиции. Предлагаемый способ реализации технологии предполагает приготовление на устье скважины водной полимерной композиции и начало гелеобразования в емкостях комплексной установки дозирования реагентов (КУДР), с последующим набором вязкости системы до максимально возможного непосредственно в пласте скважины. Предварительно экспериментально определяют вязкость полимерной композиции на реальной закачиваемой воде или соответствующей ей модельной.

Частный пример образования водоизоляционной структуры, характерный для условий разработки месторождений на территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, представлен на рис. 3.

Таким образом, преимуществами применения гелеобразователя Atren WSO являются:

- селективная обработка продуктивного интервала при проведении работ по ограничению водопритоков без использования механических изоляционных систем, что в свою очередь упрощает процесс проведения водоизоляционных работ и снижает стоимость проведения подземного ремонта скважины;

РИС. 2 ДИНАМИКА ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ ВОДОИЗОЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ATREN WSO В ВОДЕ С МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ 21,4 Г/Л, ПЛОТНОСТЬЮ 1,017 Г/СМ³, ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 57°С ПРИ СКОРОСТИ СДВИГА ГЕЛЯ 5 СЕК⁻¹

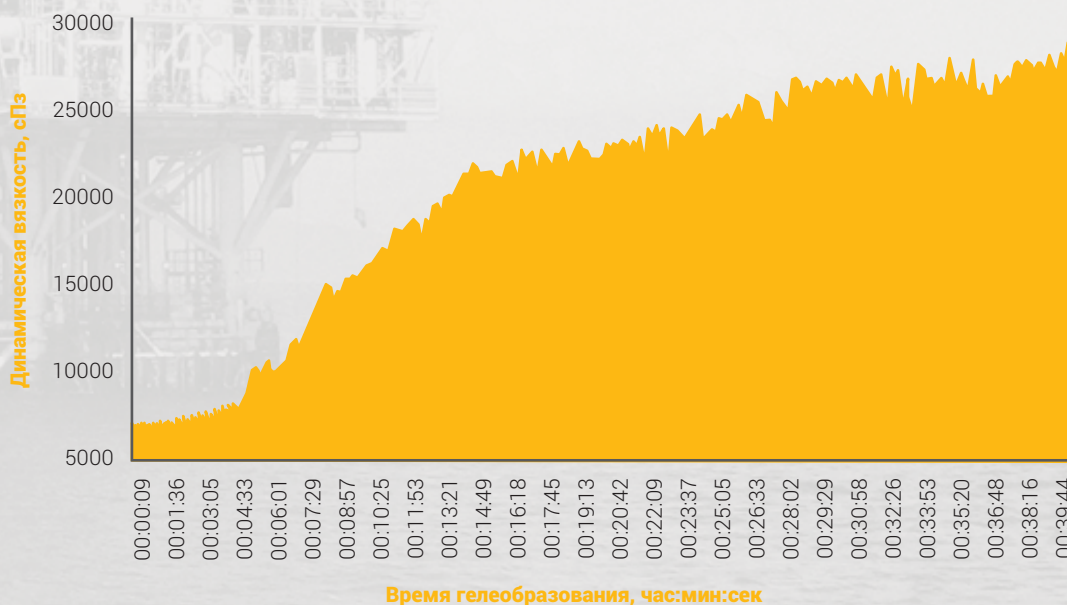
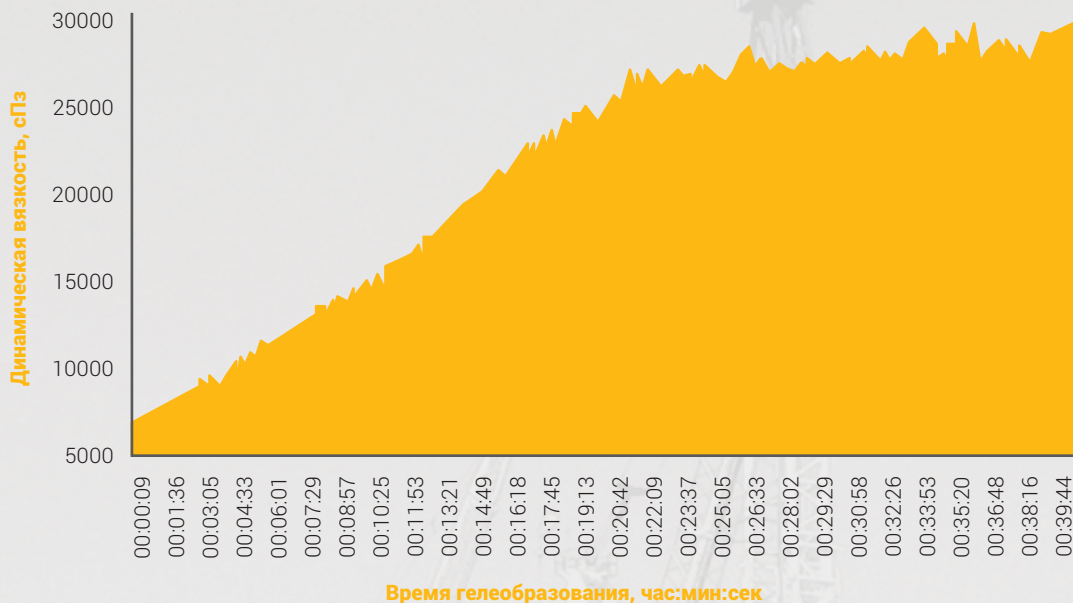


РИС. 3 ДИНАМИКА ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ ПОТОКООТКЛОНЯЮЩЕГО ЭКРАНА НА ОСНОВЕ 1% ATREN WSO В ВОДЕ С МИНЕРАЛИЗАЦИЕЙ 21,4 Г/Л, ПЛОТНОСТЬЮ 1,017 Г/СМ³, ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 57°С И СКОРОСТИ СДВИГА ГЕЛЯ 5 СЕК⁻¹



- скорость и полнота растворимости гелеобразователя в потоке закачиваемой воды практически любой минерализации;
- отсутствие необходимости дополнительного ввода в закачиваемую систему сшивающих компонентов;
- стойкость образуемой полимерной системы к механическому воздействию;
- простота разрушения сшитой полимерной системы – при необходимости получаемый гель можно разрушить стандартным водным раствором соляной кислоты.

На рынке существует много решений проблемы поступления нежелательной воды в пласты добывающих скважин, но все они не лишены недостатков технологического и экономического характера. При выборе метода ограничения водопритоков необходимо учитывать множество факторов, влияющих на итоговую эффективность водоизоляционных работ. Применение реагента Atren WSO позволяет эффективно реализовывать как технологии селективного ограничения водопритока в добывающих скважинах, так потокоотклоняющие технологии и методы выравнивания профилей приемистости нагнетательных скважин.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Kuchuk F, Sengul M and Zeybek M: Oilfield Water: A Vital Resource, Middle East Well Evaluation Review 22 (November 22, 1999): 4–13.
2. Omark A. Jaripatke, Eldon Dwyann Dalrymple, SPE 127806, Water-Control Management Technologies: A Review of Successful Chemical Technologies in the Last Two Decades.
3. Kuchuk F, Patra SK, Narasimham JL, Ramanan S and Banerji S: Water Watching, Middle East Well Evaluation Review 22 (November 22, 1999): 14–23; and also Kuchuk F and Sengul M: The Challenge of Water Control, Middle East Well Evaluation Review 22 (November 22, 1999): 24–43.
4. Муслимов Р.Х. Современные методы управления разработкой нефтяных месторождений с применением заводнения. Учебное пособие. Издательство КГУ, 2003.
5. Crabtree M, Eslinger D, Fletcher P, Miller M, Johnson A and King G: Fighting Scale – Removal and Prevention, Oilfield Review 11, no. 3 (Autumn 1999): 30–45.



НЕФТЕГАЗОВАЯ

ВЕРТИКАЛЬ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ОТРАСЛЕВОЙ ЖУРНАЛ

www.ngv.ru

КТО ВЛАДЕЕТ ИНФОРМАЦИЕЙ, ОБРЕЧЕН НА УСПЕХ!

Национальный отраслевой журнал «Нефтегазовая Вертикаль» издается более 20 лет. Занимает лидирующие позиции в сегменте нефтегазовых СМИ России. Журнал ориентирован на руководителей и специалистов предприятий топливно-энергетического комплекса, политиков и представителей органов власти, профессионально интересующихся проблемами ТЭК. Издание тесно взаимодействует с Министерством энергетики России.

НЕФТЕГАЗОВАЯ ВЕРТИКАЛЬ. ПЕРВЫЙ СРЕДИ РАВНЫХ!



REW
2017

RUSSIAN ENERGY WEEK

Energy Efficiency
and Energy Development
International Forum

3-7 OCTOBER 2017
*Moscow
St. Petersburg*

REW 2017 Information Centre:
Tel.: 8 (800) 333-17-73
Email: info@rusenergyweek.com
www.rusenergyweek.com

 **ROSCONGRESS**



MINISTRY OF ENERGY
OF THE RUSSIAN FEDERATION



MOSCOW CITY GOVERNMENT