

ПОВЫШЕНИЕ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТА НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

Корогода Евгений Васильевич

студент, кафедра разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, Удмуртский государственный университет» институт нефти и газа им. М.С. Гутериева, РФ, г. Ижевск

ENHANCED OIL RECOVERY AT HIGH-VISCOSITY OIL FIELDS

Evgeny Korogoda

Student, Department of Development and Operation of Oil and Gas Fields, Udmurt State University, M.S. Gutseriev Institute of Oil and Gas, Russia, Izhevsk

Аннотация. В данной статье рассматриваются физико-химические методы повышения нефтеотдачи пласта. В данных методах предусмотрено использование гелеобразующих реагентов и использование осадкообразующих реагентов. Рассматриваются три физико-химических технологий добычи нефти: полимерное заводнение, заводнение растворами поверхностно-активных веществ, и пенное заводнение.

Abstract. This article deals with physicochemical methods of enhanced oil recovery. These methods include the use of gel-forming reagents and the use of sludge-forming reagents. Three physicochemical technologies of oil recovery are considered: polymer flooding, water flooding with surfactant solutions, and foam flooding.

Ключевые слова: добыча нефти; высоковязкая нефть; методы добычи высоковязкой нефти; нефтеотдача пласта

Keywords: oil production; high-viscosity oil; methods of extraction of high-viscosity oil; oil recovery

Высоковязкая нефть представляет собой разновидность сырья, обладающей значительно высокой плотностью, превышающей $0,920 \text{ г/см}^3$, и высокой вязкостью при обычных условиях температуры и давления. Эти высоковязкие нефти содержат гораздо больше смолисто-асфальтеновых веществ, азота, хлора, кислорода, серы и металлов по сравнению с легкими нефтяными сортами. Эти компоненты являются причиной повышенной вязкости нефти, что создает сложности при применении традиционных методов добычи, транспортировки и переработки. Производство и обработка высоковязкой нефти требуют более сложных и внимательных процессов, чем при работе с обычными нефтепродуктами [1].

Приблизительно 3,3 миллиарда тонн запасов нефти в России относятся к высоковязкой нефти, что составляет примерно 22% от общих запасов нефти в стране. Однако доля добычи такой трудноизвлекаемой нефти составляет менее 3% по различным причинам, такими как высокие

эксплуатационные расходы, особенности существующих технологий и экологические риски в процессе добычи нефти.

Сложности, связанные с извлечением, транспортировкой, а также высокие расходы на переработку и очистку сырья и производимых нефтепродуктов от высокого содержания серы, приводят к снижению стоимости высоковязкой нефти на рынке. Тем не менее, добыча таких нефтей становится все более актуальной в некоторых регионах, и большое внимание уделяется методам повышения нефтеотдачи трудноизвлекаемых запасов.

В данной статье подробно рассматриваются физико-химические подходы для повышения нефтеотдачи. Важно отметить, что коэффициент водонефтяного фактора на обычных нефтяных коллекторах составляет около 3. Однако при добыче месторождений с высоковязкой нефтью, этот показатель увеличивается примерно в 10 раз. С целью снижения эксплуатационных расходов, связанных с управлением водой, физико-химические методы для увлажнения нефтяных месторождений считаются одними из наиболее эффективных. Эти методы можно разделить на две основные категории в зависимости от их масштабов применения: малообъемные и высокообъемные методы [4].

Среди физико-химических подходов выделяют гелеобразующие реагенты, которые способствуют формированию гелеобразных систем с высокой дисперсностью твердой фазы (будь то органическая или неорганическая) в водной или нефтяной дисперсной среде. Эти реагенты различаются по типу образуемых гелей [2,5]:

1. Силикатные составы: такие реагенты взаимодействуют с ионами поливалентных металлов или другими агентами, образуя гели или осадки, такие как CaSiO_3 , MgSiO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Примером широко используемого реагента является жидкое стекло, которое в кислой среде образует коллоидные растворы кремниевой кислоты, которые затем могут переходить в гели. Гели, формирующиеся в кислой среде, обладают большей прочностью по сравнению с теми, что образуются в щелочной среде. Растворы жидкого стекла характеризуются низкой вязкостью и способностью к фильтрации при низкой проницаемости пород (0,01–0,03 мкм²). Они также стабильны при высоких температурах.
2. Неорганические гели: примером таких гелей является ГАЛКА-термогель-С, который образуется в процессе гидролиза солей алюминия, карбамида и воды. Кроме того, существуют составы с названиями "РОМКА" и "МЕТКА", основанные на водных растворах метилцеллюлозы, роданистого аммония и карбамида.
3. Водорастворимые полимеры: полимерные гели обычно состоят из водорастворимого полимера или мономеров, сшивающихся вместе с вспомогательными реагентами. При использовании таких полимерных реагентов для увлажнения месторождений высоковязкой нефти, важно обеспечить термостабильность полимерных составов. Так как вблизи нагнетательной скважины температура максимальна, а с удалением от нее требования к термостойкости полимерных растворов уменьшаются пропорционально понижению температуры.

Осадкообразующие реагенты применяются в условиях пласта для создания непроницаемой барьерной структуры. Этот барьер образуется через образование нерастворимых осадков в водонасыщенных зонах при взаимодействии компонентов реагентов между собой, а также с компонентами нефти и солями воды пласта [3].

Обычно для этой цели используются соли, такие как сульфат железа FeSO_4 и диэтилсилоксид Me_2SiO_3 . При совместном взаимодействии этих солей в водной среде образуются гидраты окиси железа и силикагель. В результате гидролиза в обводненных зонах пласта формируется осадок, включающий гипаносерноокислую смесь и силаны (кремнийорганические соединения). Среди них, кремнийорганические олигомеры обладают наибольшей устойчивостью.

На сегодняшний день существуют три широко распространенные технологии для добычи высоковязкой нефти: полимерное заводнение, заводнение растворами поверхностно-активных веществ и пенное заводнение [6].

Полимерное заводнение – это технология, которая увеличивает вязкость воды по сравнению с нефтью, улучшая ее способность вытеснять нефть. Для осуществления этой технологии используются высокомолекулярные полимеры, в частности, полиакриламид. Выбор мономеров полимеров зависит от термобарических условий, и для обеспечения устойчивости к высоким температурам могут применяться специальные присадки мономеров, такие как акриламид-трет-бутилсульфонат или n-винилпирролидон.

Заводнение растворами поверхностно-активных веществ имеет два основных механизма. Первый механизм связан с снижением поверхностного натяжения на границе между нефтью и породой, что способствует доотмыву нефти и ее переносу в поток воды. Вторым механизмом является снижение межфазного натяжения на границе между водным раствором и нефтью, создавая микроэмульсию.

Пенное заводнение включает два основных механизма образования пены в пористой среде. Первый механизм предполагает одновременную закачку газа и пенообразователя в пласт, а второй – чередующуюся закачку газа и пенообразователя. Эти механизмы могут быть эффективны при добыче вязких нефтяных оторочек с наличием водной фазы и газовой фазы.

Список литературы:

1. Велиев Э. Ф., Аскеров В. М., Алиев А. А. Методы увеличения нефтеотдачи пластов высоковязкой нефти, основанные на внутрипластовой модификации ее физико-химических свойств. – 2022.
2. Гуськова И. А., Шайхразиева Л. Р. Анализ результатов экспериментальных исследований физико-химических параметров растворов поверхностно-активных веществ на основе минерализованной и пресной воды //Нефтяная провинция. – 2019. – №. 2. – С. 163-173.
3. Зиновьев А. М., Мухаметзянов Р. Р. Обзор существующих технологий добычи высоковязкой нефти //Ашировские чтения [Электронный ресурс]: сб. статей Всероссийск. Науч.-практ. Конференции. – 2022. – С. 65.
4. Кувшинов И. В., Алтунина Л. К., Кувшинов В. А. Опыт применения химических методов увеличения нефтеотдачи на пермо-карбоневой залежи высоковязкой нефти Усинского месторождения. – 2019.
5. Кувшинов И. В. Физико-химические методы увеличения нефтеотдачи залежей высоковязких нефтей без теплового воздействия.
6. Таскулов Б. М. У., Дофрман М. Б. Анализ эффективности применения физико-химических методов увеличения нефтеотдачи на Лабаганском месторождении //Наукосфера. – 2021. – №. 2-2. – С. 87-91.