

Из графика видно, что по истечении равного времени защитный эффект для ингибиторов № 16, 1 и 20 составил, соответственно 97,5%, 35% и 96%. Важным параметром, который можно оценить по графику, является прочность защитной пленки. Данную характеристику можно увидеть по нестабильности скорости коррозии во второй части графика. У образца №3 в период стабилизации, скорость коррозии начинает увеличиваться, это означает, что пленка, образованная ингибитором смывается, что негативно сказывается на защитном действии.

Таким образом, можно сделать вывод, что лучшим из представленных образцов является реагент №16, с высоким защитным действием и продолжительным эффектом. Реагент №2 характеризуется слабым защитным действием, а №3 – высокой эффективностью, но слабым адсорбционным действием.

Исследования выполнены при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (МК-315.2014.5).

Литература

1. Ивановский В.Н. Коррозия скважинного оборудования и способы защиты от нее // Территория «Нефтегаз», 2011. – № 1(18). – С. 18 – 25.
2. Лазарев А.Б. Основные методы борьбы с коррозией нефтепромыслового оборудования и критерии их применимости // Инженерная практика, 2011. – № 8. – С. 14 – 19.
3. Практическое руководство по использованию потенциостата Gill 12 // Сайт компании ACM Instruments (Великобритания, Камбрия) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.potentiostat.com/>, свободный. (дата обращения: 31.01.2013).

СПЕЦИФИКА НЕУСТОЙЧИВОГО ВЫТЕСНЕНИЯ ПЛАСТОВОЙ НЕФТИ В ПРОЦЕССЕ ЗАВОДНЕНИЯ

Н.О. Таскин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Во время развития нефтедобывающей отрасли стали использовать такой метод как заводнение пласта. Заводнение широко используется для повышения пластового давления истощающегося коллектора и для получения дополнительного притока нефти к добывающим скважинам. Выигрыш состоит в низких капитальных и эксплуатационных затратах, особенно если сравнивать с большинством других методов увеличения нефтеотдачи, хотя при этом нужно учитывать и затраты на бурение новых нагнетательных скважин. Но главная проблема процесса заводнения пласта с нефтью - неустойчивое вытеснение нефти водой, на что и нацелено внимание данной статьи. Но из-за данного эффекта вода опережает нефть и проникает значительно дальше, чем хотелось бы, и на поверхность выкачивается смесь, содержащая в основном воду.

Цель исследования: рассмотрение особенностей данной проблемы на основе результатов моделирования в ячейке Хеле-Шоу и обзор существующих путей решения.

При вытеснении жидкостью с малой вязкостью другой жидкостью, с большой вязкостью, первоначально плоская поверхность фронта вытеснения переходит в поверхность, напоминающую пальцы перчатки. Такие структуры получили название вязких «пальцев». Иначе говоря, для таких систем выполняется условие самоподобия. Анализ этого явления и способов борьбы с ним очень важен для практики.

Обзор проблемы

Моделирование фильтрационных течений в пористых средах с однородной проницаемостью осуществляется с помощью ячейки Хеле-Шоу. Эта конструкция представляет собой две параллельные пластины, разделённые малым зазором, существенно меньшим, чем ширина пластин. Впервые предложена в конце IX века английским инженером Генри Хеле-Шоу [1].

Впервые подобные структуры встретились в опытах Журавлёва (1956) и Saffman & Taylor (1958). В ячейке Хеле-Шоу Журавлёву, Саффману и Тейлору удалось изучить вязкий палец: рассчитать форму аналитически в предположении равенства давлений на межфазной поверхности жидкостей. В последнее время интерес к этой теме заметен вырос, и была выдвинута теория о фрактальной природе объектов.

Процесс же вытеснения нефти водой рассматривается как случай, когда вязкостью воды можно пренебречь (она примерно в 80 раз меньше вязкости нефти). Вода прорывает фронт и начинает опережать общую скорость вытеснения, двигаясь по трещинам в вытесняемой жидкости. Последовательное дробление кончиков «пальцев» приводит к возникновению фрактальных кластеров, то есть поведение более протяженного участка оказывается подобным поведению менее протяженного.

Фрактальная структура образуется путем бесконечного повторения (итерации) какой-либо исходной формы во все уменьшающемся (или увеличивающемся) масштабе по определенному алгоритму, т. е. в соответствии с определенной математической процедурой. Этот несложный процесс с обратной связью дает поразительно многообразный морфогенез, нередко подобный созданию природных форм. Таким образом, фракталы характеризуются самоподобием, или масштабной инвариантностью [3].

Экспериментальная часть

Оборудование: йодиол (раствор поливинилового спирта с яркой синей окраской), раствор глицерина (1/3 55% глицерина), люминесцентный порошок, лампа, набор шприцов, две пластины из оргстекла.

Методика: на поверхность первой пластины сконцентрировано в центр наносится жидкость, далее накрывается второй, при этом проводятся работы по удалению оставшегося воздуха. Через вторую пластину,

которая оборудована в центре отверстием и трубкой для ввода другой жидкости, с помощью шприца вводят вторую жидкость, обладающую, соответственно, другой вязкостью.

Эксперимент №1

Йодинол был введён в раствор глицерина. Образование языков началось сразу с момента контакта жидкостей, и фрактальная картина начала только увеличиваться (рис.1).

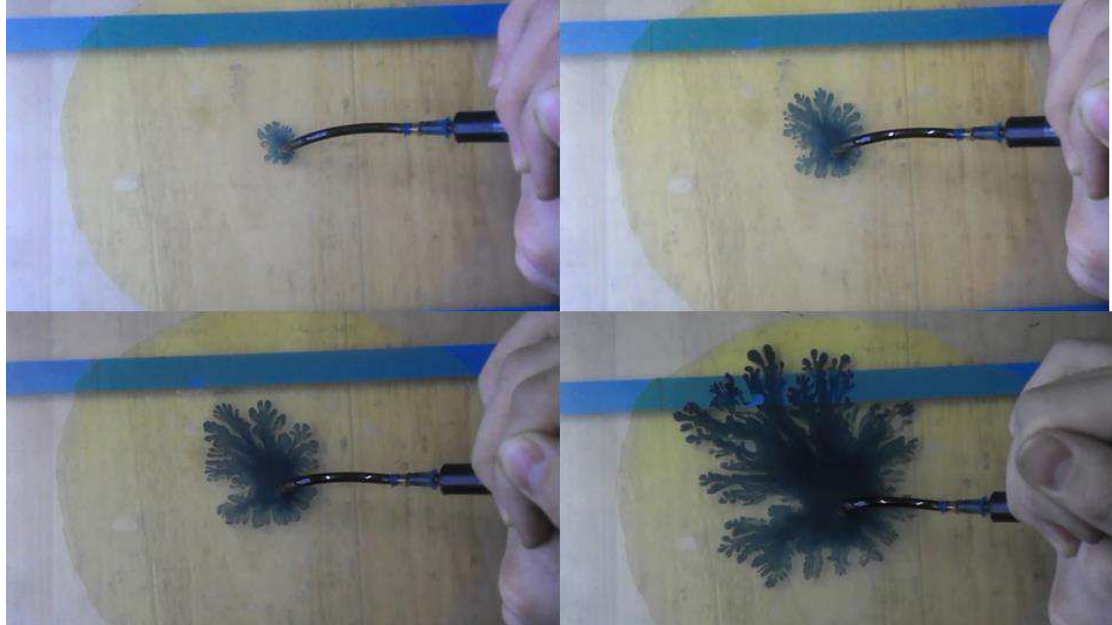


Рис.1 Эксперимент №1

Эксперимент №2

Полностью аналогичный эксперименту №1, но в раствор глицерина был добавлен люминесцентный порошок, и всё было подсвечено ртутной лампой с целью улучшить визуальное восприятие процесса (рис. 2). В экспериментах была получена картина вязких пальцев, продемонстрирована фрактальная структура внедрения жидкости в более вязкую в процессе вытеснения.

На практике из-за описанного эффекта вода опережает нефть и проникает значительно дальше, чем хотелось бы, и на поверхность выкачивается смесь, содержащая в основном воду. При этом важное значение имеет линейная скорость движения воды по трещинам. При чрезмерно высоких темпах нагнетания в пласт воды или, напротив, чрезмерно высоких темпах отбора жидкости из пласта возникают условия, при которых опережающее движение воды по трещинам ведет к "блокировке" пористых блоков и "защемлению" в них нефти.

Обзор методов снижения негативного эффекта заводнения

Обеспечение равномерного вытеснения нефти из пласта путем уменьшения разности в подвижности для нефти и вытесняющего рабочего агента.

Для увеличения охвата пласта заводнением целесообразно использовать рабочие агенты с подвижностью значительно большей, чем подвижность воды, например, путем добавки в воду полимера (полимерное заводнение), ПАВ - поверхностно-активного вещества (мицеллярно-полимерное заводнение) или путем закачки оторочек водонефтяной эмульсии обратного типа с регулируемым реологическими свойствами.

Добавление полимеров в воду, используемую для заводнения коллектора, повышает ее вязкость. Это снижает коэффициент подвижности воды относительно нефти и облегчает вытеснение нефти к добывающим скважинам. Сам по себе переход к полимерному заводнению не требует, как правило, больших капитальных затрат, однако следует учитывать текущие издержки на приобретение полимеров и их использование.

Тепловые методы подразумевают паротепловое воздействие на пласт, внутрислоевого горение, вытеснение нефти горячей водой, пароциклические обработки скважин, а также комбинированное использование этих технологий. Россия обладает значительными запасами тяжелых нефтей (9,0 млрд тонн), что позволяет рассматривать их как важный резерв сырьевой базы. Из всех новых методов повышения нефтеотдачи пластов, насыщенных тяжелыми нефтями, как в России, так и за рубежом, наиболее подготовленными в технологическом отношении являются термические методы, которые позволяют добывать нефть вязкостью до 10 000 мПа.с, увеличивая нефтеотдачу с 6 – 20% до 30 – 50%, что сегодня невозможно достичь никакими другими методами.

Тепловое воздействие, основанное на снижении вязкости нефти при нагревании, приводит к увеличению ее подвижности в пластовых условиях [4].

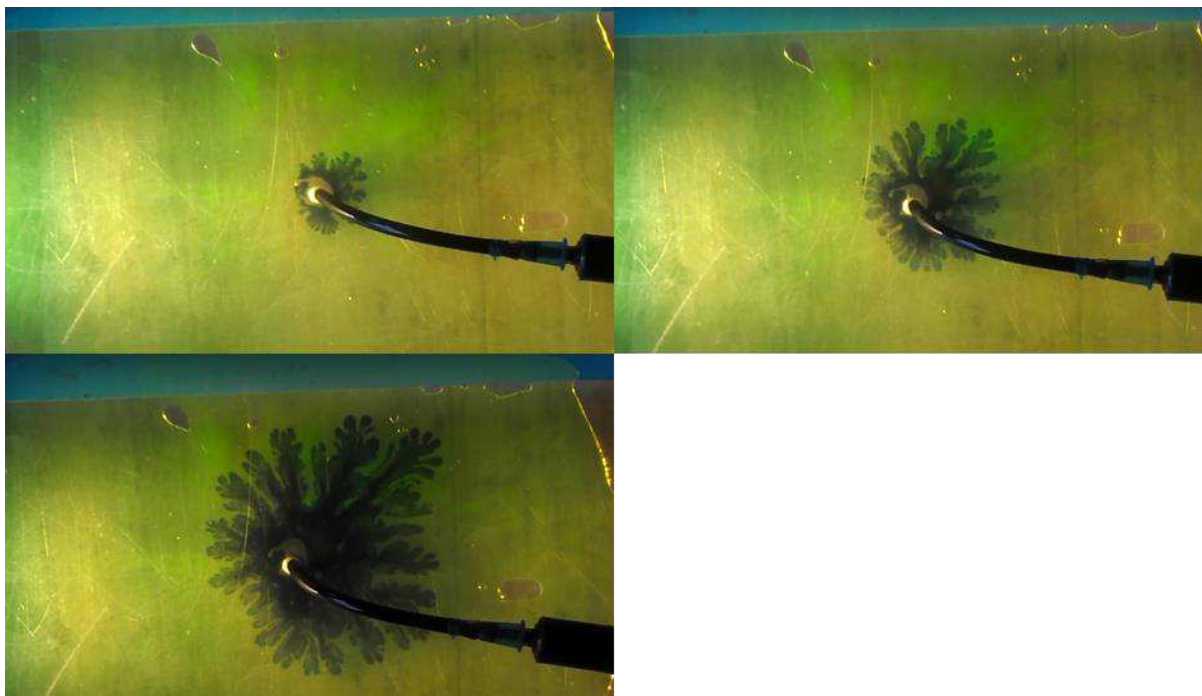


Рис.2 Эксперимент №2

Газовое заводнение – технология разработки нефтяных залежей, сочетающая преимущества газа и воды; вытеснение нефти идёт методом циклического воздействия сменой агента: вода, в нужный момент газ, снова вода и т.д. Выявим достоинства на данных с Москудьинского месторождения: коэффициент вытеснения нефти водой равен 0,5, а коэффициент охвата пластов вытеснением равен 0,7. В итоге получается коэффициент нефтеотдачи 0,35. В тех же условиях коэффициент вытеснения нефти газом равен 1,0, потому что газ растворим в нефти, а коэффициент охвата пластов вытеснением равен 0,25, потому что велико соотношение подвижностей газа и нефти, и в итоге коэффициент нефтеотдачи получается равным 0,25, что почти в 2 раза меньше, чем при вытеснении нефти водой [2]. Если соединить преимущества закачки газа и закачки воды – от газа взять высокий коэффициент вытеснения нефти 1,0, а от воды взять достаточно высокий коэффициент охвата пластов вытеснением 0,7 и в итоге получить коэффициент нефтеотдачи близкий к 0,7, т.е. вместо обычного заводнения осуществить газовое заводнение и почти в 2 раза увеличить коэффициент нефтеотдачи пластов и соответственно почти в 2 раза увеличить начальные извлекаемые запасы нефти при одних и тех же начальных балансовых геологических запасах нефти.

Его реализация позволит решить сразу две проблемы: повысить процент использования (утилизации) растворенного (попутного) газа и одновременно увеличить нефтеотдачу пласта за счёт уменьшения эффекта неустойчивого вытеснения и фрактального внедрения воды. А главное стоимость реализации такого метода низка. Но для получения наилучшего результата нужно разработать систему, позволяющую проводить мониторинг скважины в реальном времени – систему интеллектуальных скважин для закачивания газа в необходимый момент.

Выводы

1. Проведёнными экспериментами в ячейке Хеле-Шоу был воспроизведён процесс неустойчивого вытеснения одной жидкостью другой более вязкой.
2. Получена картина вязких пальцев и визуальна представлена их фрактальная структура.
3. Выявлена тенденция развития методов нефтедобычи и рассмотрен метод газового заводнения, который будет активно использоваться в ближайшем будущем.

Литература

1. Логинов О.А. Диссертация «Особенности неустойчивого вытеснения вязкой жидкости из ячейки Хеле-Шоу при больших числах Пекле» – М.: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2011 – 117 с.
2. Телков В. П. Диссертация «Разработка технологии водогазового воздействия на пласт путём насосно-эжекторной и насосно-компрессорной закачки водогазовых смесей с пенообразующими ПАВ» - Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009.
3. Федер Е. Фракталы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 254 с., ил.
4. Шелепов В.В. Новые технологии повышения нефтеотдачи в проектных документах ЦКР Роснедр по УВС// Бурение и Нефть, Ноябрь 2011.