

2. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году» [Текст]. – Москва, 2020.
3. Каушанский Д.А. Многофункциональная инновационная технология повышения нефтеотдачи пластов на поздней стадии разработки «Темпоскрин-Люкс» [Текст] / Д.А. Каушанский // Теория и практика применения методов увеличения нефтеотдачи пластов: материалы IV Международного научного симпозиума. – М., – 2013. – С. 168 – 172.
4. Каушанский Д.А. Инновационная технология ограничения выноса механических примесей (песка) в газовых скважинах и технология увеличения добычи нефти на поздних стадиях разработки нефтяных месторождений [Текст] / Д.А. Каушанский // Георесурсы, геоэнергетика, геополитика. – 2012. – №1 (5).
5. Увеличение охвата продуктивных пластов воздействием [Текст] / Р.С. Хисамов, А.А. Газизов, А.Ш. Газизов. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2003. – 568 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОТООТКЛОНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРАХ С НИЗКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ

Алдохин В.С., Григорьев В.А.

Научный руководитель - старший преподаватель Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На данный момент многие месторождений нефти Западной Сибири эксплуатируются с применением заводнения, а в разработку вводится большое количество залежей нефти, которые залегают в неоднородном, низкопроницаемом терригенном коллекторе, требующем определенных методов разработки. Проблемами, с которыми можно столкнуться при добыче углеводородов из подобных объектов могут быть: неуклонно растущая обводненность скважинной продукции из-за применения заводнения; неравномерная выработка запасов в неоднородных, сложно построенных коллекторах; рост числа нежелательных трещин вследствие применения высокопроизводительных технологий. Исходя из этого, можно сказать, что вопрос выравнивание профиля приемистости (ВПП), увеличение охвата пласта воздействием и ликвидация водоциркулирующих трещин с помощью потокоотклоняющих технологий (ПОТ) в настоящее время являются весьма актуальным.

Из обломков пород разных размеров и зерен минералов, сцементированных цементом различного типа и состава, состоят породы коллекторы терригенного типа, они в свою очередь, могут быть представлены песчаниками, алевролитами, а также смесью их с аргиллитами и глинами. Характер и форма поверхности минеральных зерен, минералогический и гранулометрический составы имеют большое значение для характеристик терригенных коллекторов. Углеводороды содержатся в порах терригенных коллекторов и в их трещинных каналах, которые соизмеримы с порами, между которыми проходят обменные процессы. Низкопроницаемые коллектора характеризуются меньшими размерами поровых каналов, чем высокопроницаемые и более высокой степенью глинизированности. По сравнению с высокопроницаемыми коллекторами, у низкопроницаемых удельная поверхность фильтрации в несколько раз выше.

Можно выделить несколько основных параметров терригенных коллекторов, оказывающих характерное влияние на их эксплуатацию с применением с системы пластового заводнения. Так, основной причиной, по которой может происходить неравномерное вытеснение нефти водой, а также преждевременное обводнение продукции добывающих скважин, является неоднородность пластов по проницаемости [1]. Анизотропия фильтрации терригенного коллектора предопределяется неоднородностью, которая в свою очередь контролирует охват залежи нефти по площади при её разработке.

Одной из форм проницаемостной неоднородности является трещиноватость продуктивного пласта. Селективность изоляции при проведении ВПП в скважинах становится более высокой из-за трещиноватости продуктивного пласта. Однако редки и недостаточно успешны могут быть работы, связанные с ограничением водопротоков (ОВП) в скважинах, обводнение которых тесно связано с трещиноватостью призабойной зоны пласта, особенно после проведения ГРП. Так, причиной скорого обводнения скважин после геолого-технических операций в них может быть, трещиноватость терригенного коллектора. Этот же фактор является причиной снижения эффективности традиционных технологий ВПП в нагнетательных скважинах. Уменьшение длительности эффекта обработки происходит вследствие быстрого выноса изолирующей композиции из пласта через добывающие скважины, тем самым данный фактор отрицательно влияет на результативность работ по ограничению водопритоков.

На распределение потоков и флюидов в пористой среде сильно влияет смачиваемость. Так, адсорбция активных компонентов нефти на поверхности минералов связана со сменой смачиваемости реальных коллекторов в направлении большей гидрофобности. Данный механизм состоит в том, что щелочные компоненты нефтей адсорбируются на основе отрицательного заряда поверхности терригенной породы. Гидрофобный или гидрофильный тип коллектора возникает исходя из времени, которое порода контактирует с нефтью. Приведенные типы коллекторов отличаются характеристикой распределения фаз воды и нефти в порах и процессом вытеснения нефти [2]. Из-за высокой гидрофильности песчано-алевритовых пород, терригенных коллектора могут иметь высокую смачиваемость.

При разработке низкопроницаемых терригенных коллекторов с хлоритовым цементом практический опыт может указать на то, что подобное условие отрицательно сказывается на таком параметре как эффективность заводнения, а именно на набухаемости глин при контакте с водой. Закачиваемая вода, особенно если она пресная, повышает набухаемость глин монтмориллонитового типа. Содержание подобных глин в коллекторе увеличивается по мере снижения его проницаемости.

Использование пресной воды при закачке в терригенных пластах является негативным фактором и может проявляться в снижении проницаемости коллекторов за счет набухания глин, влиянии на смачиваемость, уменьшении относительной проницаемости пород. Все это может служить причиной отключения низкопроницаемых поропластов при использовании заводнения с пресной водой.

Необходимо обратить внимание на кольматация низкопроницаемого коллектора с хлоритовым цементом. Данный процесс происходит в призабойной зоне нагнетательных скважин за счет мехпримесей и остаточной нефти. Кольматация порового пространства механическими примесями является наиболее характерной для низкопроницаемых пропластков.

Применение высокопроизводительных технологий, таких как ГРП, в неоднородных низкопроницаемых терригенных коллекторах может быть связано с проблемами резкого роста обводненности. Главным фактором, который определяет обводненность непосредственно после ГРП, является направление трещины. Так, при устремлении трещин в водонасыщенные прослои, может произойти их прорыв, вследствие этого нефтеносный пласт существенно обводняется. Сильнее всего направление трещин ГРП оказывает влияние на обводненность при использовании рядных систем расстановки скважин. В подобных случаях направление трещин становится важным условием, которое будет определять долю воды в скважинах после ГРП.

Использование ПОТ является достаточно эффективным решением для анализируемых проблем. Механизм работы технологий заключается в закачке в нагнетательные скважины специальных химических реагентов, которые проникая в пласт в наиболее высокопроницаемые пропластки, реагируют с «сшивателем», образуя искусственные экраны, противостоящие движению закачиваемых вод. Так, в ходе выравнивание профиля приемистости в неоднородных терригенных коллекторах, происходит борьба с преждевременными прорывами закачиваемой воды в добывающие скважины по наиболее проницаемым в пропласткам и формирование более стабильного фронта вытеснения. Данные технологии также способны надежно изолировать нежелательные трещины, проходящие через водоносный участок подверженный ГРП, за счет размещения реагента непосредственно в трещине и блокирования дальнейшего прорыва воды.

В результате применения ПОТ может происходить перераспределение фильтрационных потоков в неоднородных низкопроницаемых терригенных коллекторах, увеличивается охват пласта заводнением за счет изменения охвата неоднородного пласта воздействием и подключения в работу ранее не работающих пропластков, что влечет за собой увеличение конечной нефтеотдачи, а добывающие скважины реагируют стабилизацией или снижением обводненности. С помощью закачки в призабойную часть скважин ПОТ, можно результативно бороться с образованием конусов и языков подстилающих вод.

Если говорить о критериях применимости ПОТ, то можно выделить несколько основных на примере успешного проведения работ по ВПП на Западно-Катыльгинском нефтяном месторождении [3].

Одним из критериев для проведения работ на участке является наличие минимум трех реагирующих добывающих скважин на одну нагнетательную, что подтверждается на рисунке 1, где нагнетательная скважина № 9 имеет три реагирующие добывающие. Терригенные пласты месторождения характеризуются как неоднородные низкопроницаемые. На участке рисунка 1 выявлен неоднородный профиль приемистости по промыслово-геофизическим исследованиям. Также на месторождении присутствует опережающее обводнение продукции скважин до 94%, вызванное как геологическими особенностями строения коллекторов, так и технологическими аспектами процесса разработки, такими как ГРП и полученными из-за него нежелательными трещинами, которые вскрыли водоносный пропласток. Характерным критерием применимости является наблюдающаяся на месторождении неравномерная выработка запасов. Из рисунка 1 видно, что участок скважин № 2, 9 имеет хорошую гидродинамическая связь между добывающими и нагнетательными скважинами, а нагнетательные скважины имеют приемистость не менее 100 м³/сут. Проницаемость коллектора для проведения ВПП должна быть не менее 5 мД, продуктивные пласты же в среднем имеют 11-30 мД. Исходя из вышеперечисленного, можно сказать, что приведенные характеристики месторождения полностью описывают основные критерии применимости, предъявляемые для закачки ПОТ.

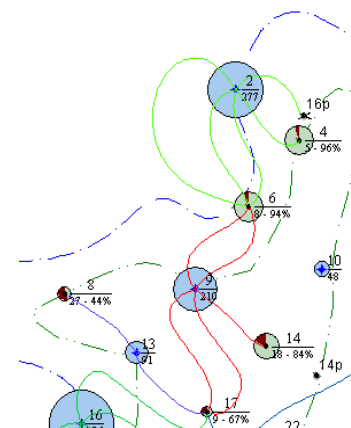


Рис.1 Участок скважин № 2, 9

Руководствуясь опытом применения ПОТ на месторождениях, можно сформировать список минимальных требований к реагентам, которым они должны отвечать для применения в неоднородных низкопроницаемых терригенных коллекторах. Так, на примере применённого термогелеобразующего состава РВ-ЗП-1, можно сказать, что реагент должен легко фильтроваться в пласт, время его гелеобразования должно быть регулируемым, обладать определенной водонепроницающей способностью, быть устойчивым к воздействию различных пластовых флюидов и технологическим жидкостям, пластовых температур и давлений.

Особое значение имеют реологические свойства реагентов: вязкость раствора; модуль сдвига; напряжение сдвига, показывающее предельную прочность образовавшегося геля; скорость сдвига, являющееся отношением разности скоростей движения двух произвольных слоев жидкости к расстоянию между этими слоями; модуль упругости (Юнга), характеризующий противодействие полимера изменению размера и формы под действием внешней силы; остаточный фактор сопротивления, определяемый как отношение подвижности воды до и после фильтрации раствора полимера в пористой среде. Модуль Юнга можно записать как:

$$E = 2\mu(1 + \nu) \quad (1)$$

где E - модуль Юнга, μ - модуль сдвига, ν - коэффициент Пуассона.

Таким образом, описанные свойства существенно зависят от pH среды, температуры, общей минерализации, химического состава воды и могут точно охарактеризовывать всю технологию.

Рассмотрев процессы обводнения терригенного коллектора и механизма работы ПОТ в его условиях, можно сказать, что существует ряд геологических и технологических особенностей, на которые необходимо обращать внимание перед проведением обработок. Потокооттокклоняющие технологии эффективно применимы для выравнивания профиля приемистости в неоднородном низкопроницаемом терригенном коллекторе, а также при ликвидации негативных последствий после проведения ГРП, а именно устремление трещин в водоносный горизонт. Можно также отметить, что ПОТ могут результативно перераспределять потоки жидкости в пласте для увеличения охвата пласта, закупоривать нежелательные высокопроницаемые трещины.

Литература

1. Калмыков С. С. Использование тампонажного раствора с высокой проникающей способностью для ограничения поступления пластовой воды в продуктивный флюид / С. С. Калмыков, В. В. Живаева, С. В. Воробьев // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2009. – № 10. – С. 40 – 41.
2. Злобин А. А. О механизме гидрофобизации поверхности пород-коллекторов нефти и газа / Злобин А. А., Юшков И. Р. / Вестник Пермского университета. Геология. – 2014. – №3
3. Дополнение к технологической схеме разработки Западно-Катыльгинского месторождения: АО «ТомскНИПНефть» – Томск, 2009.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГЕЛИЯ ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА.

Ананин П.В.

Научный руководитель - старший преподаватель Л.В. Чеканцева
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Уникальность гелия неоспорима. Благодаря способности хорошо проводить тепло и электричество, а также низкой температуре кипения такие области промышленности как авиация, ракетостроение, космическая инженерия, электротехника, атомная отрасль, а также медицина не могут обойтись без этого ценного газа. По прогнозам экспертов, гелий скоро станет одним из самых востребованных веществ. К 2030 году, судя по оценкам ООО «Газпром ВНИИГАЗ» производство гелия не будет удовлетворять потребности промышленности. Потребление будет превышать производство примерно на 25-75 млн кубометров[2]. Дефицит гелия в мире неизбежен. Поэтому следует направить силы на изучение технологий, способных производить извлечение гелия из газов с относительно высоким содержанием гелия, при этом сохраняя значительную его долю в составе гелиевого концентрата или газа, обогащенного гелием. В будущем Чаяндинско, Ковыктинское и другие месторождения Восточной Сибири и Дальнего Востока могут стать крупнейшими центрами производства гелия. Таким образом, Россия может начать производить и поставлять гелий в больших количествах на мировой рынок.

Целью данной работы является определение наиболее эффективного и экономически выгодного метода отделения гелия от природного газа.

Извлекать гелий из природного газа можно следующими методами: криогенный, мембранный, адсорбционный методы и гидратообразование.

На сегодняшний день в России гидратообразование не применяется по причине высокой энерго- и ресурсозатратности. Адсорбционный метод применяется для глубокой очистки газа, но лишь на определенной стадии, полную очистку данным методом провести невозможно. Существуют адсорбционные установки, которые дешевле в среднем на двадцать пять процентов относительно других технологий (нет необходимости в большом количестве жидкого азота). Однако, применение адсорберов осложняется капитальными затратами, а также в результате работы данных установок существует зависимость между наличием водорода в составе и повышением температуры газа. Из этого следует необходимость в очистке газа от излишка водорода, которые могут нарушить процесс.

Криогенный и мембранный метод являются наиболее эффективными, поэтому они заслуживают более тщательного рассмотрения, сравнение их преимуществ и недостатков представлено в таблице.

Криогенный метод выделения гелия разделяется на два этапа. Первый этап - получение гелиевого концентрата, путем низкотемпературной конденсации на криогенной установке – объемная доля гелия по окончании этого этапа составляет 70 – 90 % об. Далее происходит более глубокое очищение гелиевого концентрата от примесей природного газа, а именно: водорода, метана, азота, аргона, неона. В результате получается довести содержание гелия до 99,8 % об.

Данная технология не предназначена для малотоннажных производств, в данном случае энергозатраты слишком велики по сравнению с количеством получаемого концентрата гелия, то есть технология нерентабельна.

При малых объемах получаемого продукта целесообразно применение мембранной технологии. В России данная технология пока что находится на стадии опытно-промышленных испытаний. Так, например, на Чаяндинском нефтегазоконденсатном месторождении применяется технология, успешно прошедшая апробацию на Ковыктинском газоконденсатном.

Опытным путём установлено, что кварцевое стекло, другие силикатные материалы и различные полимерные соединения являются наиболее подходящим материалом для производства мембран при извлечении