

ВОЗМОЖНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Рудник Леонид Борисович

студент, Санкт-Петербургский горный университет, РФ, г. Санкт-Петербург

В наши дни становится актуальной проблема разработки запасов нефти, которые относятся к категории трудноизвлекаемых. Основная часть данной категории запасов относится именно к нефти, залегающей в низкопроницаемых и сверхнизкопроницаемых коллекторах.

Согласно классификации А.А. Ханина к коллекторам с низкой проницаемостью относятся пласты с проницаемостью $0,001-0,01$ мкм², а к сверхнизкопроницаемым – с проницаемостью $0,0001-0,001$ мкм². В России большая часть нефти относящейся к данной категории сосредоточена в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, например Баженовская и Ачимовская свиты. Поэтому компании разрабатывающие месторождения этого региона уже давно ведут исследования в этой области. За прошедшие годы было разработано множество эффективных технологий для освоения низкопроницаемых коллекторов, а также накоплен огромный опыт в проведении различных технологических мероприятий.

Основным показателем, говорящим об успешной разработке любого месторождения, является его конечный коэффициент нефтеотдачи (КИН). На КИН могут и геологические свойства коллекторов, и технологические параметры разработки месторождений. Если геология пластов месторождения является параметром, который мы изменить не можем, то основной технологический параметр – систему разработки можно выбрать и изменить. Именно система разработки отвечает за КИН, темпы отбора, обводнения, а также за основной экономический показатель разработки - накопленный чистый дисконтированный доход (NPV), которые и характеризуют эффективность разработки месторождений.

При выборе систем разработки существует стандартный подход, который включает в себя несколько этапов. Первым этапом является выбор оптимального соотношения нагнетательных и добывающих скважин. На этом этапе формируется (проектируется) энергетическое состояние объектов разработки, и, фактически выбирается, либо сужается область выбора системы размещения скважин. Граничными условиями для решения этой задачи являются: целевое пластовое давление, технологические режимы эксплуатации добывающих и нагнетательных скважин, то есть забойные давления. Определяющими для процесса разработки факторами являются геологофизические характеристики продуктивных пластов, а также свойства добываемого флюида и вытесняющего агента.

Следующий этап представляет собой выбор оптимальной плотности сетки скважин (ПСС). Оптимальной плотностью сетки является такая плотность сетки, при которой прирост нефтеотдачи на единицу площади максимален при уплотнении сетки от более редкой к заданной. Дополнительными критериями выбора ПСС являются ее зависимости от КИН и NPV, которые выражают соответственно технологическую и экономическую эффективность разработки.

Результатом выбора для низкопроницаемых коллекторов являются обычно очаговые, рядные либо площадные системы разработки с разными соотношениями скважин и ПСС. Самой предпочтительной является площадная система разработки, так как она лучше всего себя показывает при разработке не осложненных месторождений, следовательно, и при низкой проницаемости пород коллектора ее использование является наиболее эффективным.

Классическая система поддержания пластового давления (ППД) для низкопроницаемых коллекторов не подходит, так как создаваемого давления зачастую недостаточно, чтобы размера депрессии хватило для создания притока УВ к скважинам. Для низкопроницаемых коллекторов применяется метод создания высоких давлений нагнетания (до 40 МПа). Данный метод требует высоких капитальных вложений, необходимых для строительства нагнетательных скважин и наземного обустройства, такого как водозаборы, водоводы, кустовые насосные станции и др. Этим обуславливается значительное снижение экономических показателей разработки. Поэтому зачастую для месторождений с низкой проницаемостью целесообразно рассматривать альтернативные варианты и режимы разработки, в том числе разработку на естественном режиме – отказ от организации системы ППД. Данная технология активно применяется в Северной Америке.[2]

Одним из факторов, значительно осложняющих вовлечение в разработку низкопроницаемых коллекторов, является существенная неоднородность продуктивных пластов.

Эффективность и степень выработки запасов углеводородов из неоднородных низкопроницаемых коллекторов зависят от режима дренирования, метода воздействия на залежь, а так же реализуемых режимов работы добывающих и нагнетательных скважин. При этом не исключается возможность трансформации энергетического состояния залежи.

Для повышения эффективности выработки запасов из неоднородных коллекторов в последние годы предложено достаточно много решений. При этом чаще всего применяется: выравнивание профиля приемистости нагнетательных и профиля притока в добывающих скважинах путем селективной изоляции высокообводненных, как правило, высокопроницаемых интервалов пласта, интенсификация нагнетания воды в низкопроницаемые интервалы неоднородного пласта в нагнетательных скважинах и притока жидкости в низкопроницаемых интервалах добывающих скважинах.

Есть несколько геолого-технических мероприятий, которые подходят для улучшения ФЕС пород продуктивного пласта и увеличения коэффициента охвата, из них можно выделить в первую очередь проведение гидроразрыва пласта (ГРП). Без ГРП разработка месторождений такого типа не была бы столь эффективной и рентабельной. После проведения ГРП в пласте образуется система каналов с низким фильтрационным сопротивлением, которые позволяют существенно интенсифицировать отбор нефти из низкопроницаемого коллектора.

В большинстве случаев преимущество имеют системы разработки (при наличии в них нагнетательных скважин), в которых трещины ГРП расположены продольно относительно ствола горизонтальной скважины. В случае разработки на естественном режиме горизонтальные скважины ориентируют так, чтобы трещины ГРП располагались перпендикулярно стволу – это обеспечивает более высокие коэффициент охвата, дебит и накопленную добычу в период нестационарного режима течения.

Другой современной технологией, позволяющей эффективно разрабатывать пласты, отложенные низкой проницаемостью, является бурение горизонтальных скважин. При бурении скважин в плоскости пласта, мы во много раз увеличиваем радиус пласта, вовлеченный в фильтрацию. Это позволяет уменьшить количество скважин, необходимых для разработки месторождения. Также ГС позволяют провести многостадийный гидравлический разрыв пласта (МГРП), который позволяет создать системы трещин по всей длине ГС и существенно увеличить дебит скважины.

Процесс работы оборудования механизированной добычи в низкопроницаемых пластах также имеет свою специфику. К факторам, которые осложняют механическую добычу, относятся: высокая обводненность, большое значение газового фактора, механические примеси, АСПО, слабый приток и т.д. Эти осложнения мешают стабильной и эффективной работе ЭЦН, приводят к снижению МРП и дебита скважин и повышению расходов на эксплуатацию и затрат на ремонтные работы.

Механические примеси являются самой распространенной причиной отказов ЭЦН на таких месторождениях. Множество скважин в условиях низкой проницаемости работают с малым дебитом. К механическим примесям относятся различные малорастворимые соли, осколки

породы и оксиды. Они засоряют рабочие органы малодебитных ЭЦН вследствие небольшого размера проходных каналов. Это увеличивает износ узлов насосной установки и приводит к снижению межремонтного периода оборудования.

Другой неприятной особенностью работы малодебитных ЭЦН является процесс интенсивного отложения солей на рабочих органах насоса из-за того, что низкий приток пластовой жидкости не способен достаточно охлаждать подземное оборудование.

Длительные неустановившиеся режимы являются одной из особенностей низкопроницаемых коллекторов. Первые несколько месяцев после ввода в эксплуатацию скважины работают в условиях снижения пластового давления и дебита. Таким образом, при подборе установки электроцентробежного насоса для скважин, вводимых в эксплуатацию после бурения или длительного ремонта, нужно учитывать, что характеристики пласта не являются постоянными величинами.[1] Это означает, что до момента пока не режим не станет установившимся, фактический дебит ниже потенциально возможного на величину, которая находится в прямой зависимости от разницы фактического и предполагаемого забойного давления. Данная проблема решается путем выбора ЭЦН большего с большей производительностью и регулировкой его параметров в процессе работы при неустановившемся режиме.

Из-за плохих фильтрационно-емкостных свойств пород коллектора, многие скважины работают с малыми дебитами. Работа ЭЦН в таких скважинах малоэффективна, так как малодебитные насосы обладают низким КПД. Решением этой проблемы является работа добывающего оборудования в режиме периодической эксплуатации. Суть данного режима заключается в том, что процесс добычи представляет собой повторяющийся цикл, состоящий из периода откачки флюида и периода накопления, когда насос не работает. При использовании периодической эксплуатации устанавливается ЭЦН большего типоразмера, следовательно, и КПД установки выше, а расходы на электроэнергию ниже.

Таким образом, проницаемость коллектора оказывает огромное влияние на процесс разработки месторождения. При разработке низкопроницаемых коллекторов, необходимо уделять большое внимание выбору системы разработки и создания системы ППД с высокими давлениями нагнетания. Также, требуется проведение различных геолого-технологических мероприятий, например ГРП, направленных на увеличение эффективности добычи. Кроме того, плохие ФЕС влияют на процесс работы оборудования, необходимо подбирать ЭЦН с учетом длительных неустановившихся периодов и уделять особое внимание выбору режиму эксплуатации, а также борьбе с механическими примесями и отложением солей.

Список литературы:

1. Байков В.А., Нелинейная фильтрация в низкопроницаемых коллекторах. Лабораторные фильтрационные исследования керна Приобского месторождения. Байков В.А., Колонских А.В., к.т.н., Макатров А.К., к.т.н., Политов М.Е., Телин А.Г. , Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть», выпуск 31, 2-2013.
2. Белоногов Е.В. Определение критериев выбора оптимального способа разработки в низкопроницаемых коллекторах/Е.В. Белоногов, А.А. Пустовских, Д.А. Самоловов, А.Н. Ситников//SPE 182041. — 2016
3. Гук В.Ю. Методы моделирования работы скважин при разработке низкопроницаемых коллекторов - диссертация.