

Проанализировав график, можно сделать вывод о том, что хоть мембранная технология и не лишена недостатков, она является более экономически выгодной и менее энергозатратной, чем криогенная технология, и является целесообразным решением для выделения гелия из природного газа при малой производительности.

Литература

1. Горынцова К.Ю., Кемалов Р.А. Технология мембранного выделения гелия. [Электронный ресурс].-URL: <http://www.econf.rae.ru/pdf/2016/02/5216.pdf>
2. Как из природного газа добывают гелий. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gazprominfo.ru/articles/helium/>
3. Мурин В.И., Кисленко Н.Н., и др. Технология переработки природного газа и конденсата. Часть 1// Справочник: В 2-х ч. – М.: ООО "НедраБизнесцентр", 2002. – 517 с.: ил.
4. Соловьев С.А., Поляков. А.М. Перспективы применения процессов мембранного газоразделения для подготовки и переработки природного и попутного газов// Серия. Критические технологии. Мембраны. – 2006. – № 4(32). – С 3 – 18.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ДОИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Белов Т.В.

Научный руководитель - старший преподаватель Ю.А. Максимова

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Большинство запасов Западной Сибири относятся к трудноизвлекаемым и содержатся преимущественно в коллекторах, отличающихся низкой проницаемостью (НПК). Имеется огромный опыт доизвлечения запасов из такого рода объектов разработки, однако необходимо рассматривать комплекс решений для эффективной разработки НПК.

Одним из наиболее эффективных типов заканчивания скважин является бурение горизонтальных скважин с проведением МГРП. Проектирование данной операции обязательно требует проведение подробного анализа геолого-технологических условий каждого объекта разработки для выбора наиболее подходящих параметров для проведения МГРП, а именно: направление горизонтального участка ствола и трещин ГРП, длина горизонтального участка ствола скважины, количество стадий ГРП и объем закачиваемого проппанта, приходящегося на одну стадию. Не рекомендуется использовать ГС с МГРП в низкопроницаемых коллекторах, которые близко расположены к водонасыщенным зонам, либо к другим продуктивным отложениям ввиду возможного преждевременного обводнения [3].

Также особое влияние на проектирование разработки НПК оказывает выбор направления трещин относительно направления регионального стресса, под которым подразумевают направление максимального напряжения в данной области. При правильном выборе направления расположения горизонтального ствола и трещин ГРП можно добиться наибольших отборов пластовой жидкости.

Можно выделить основные особенности проектирования МГРП в НПК:

1. Зависимость длины горизонтального участка ствола скважин от количества стадий ГРП определяется параметрами трещины гидравлического разрыва (полудлиной трещины) и объемами нагнетания расклинивающего агента (проппанта). При соотношении более 50 т/стадию закачки проппанта и 100 м полудлины трещины рекомендуется расстояние между стадиями ГРП выбирать, равным 150 м.

2. В случае, если проведение каждой последующей стадии ГРП приводит к получению значения удельной накопленной добычи, равной 2 тысячи тонн за стадию, то целесообразно увеличивать количество стадий, иначе роста накопленной добычи может не происходить, либо возможны случаи резкого увеличения обводненности продукции.

3. Использование горизонтального типа заканчивания скважины с длиной горизонтального участка 500 м без проведения гидравлического разрыва пласта и применение наклонно-направленных скважин с ГРП равнозначны.

4. Направление линий регионального стресса не оказывает влияние на эффективность разработки при проектировании расположения горизонтальных участков скважин [3].

К современным видам заканчивания скважин можно отнести бурение многозабойных скважин с разветвленно-горизонтальными окончаниями (РГС) по технологии ТАМЛ. Данная технология применяется при условии невозможности проведения ГРП для увеличения охвата низкопроницаемых участков без привлечения дополнительных мероприятий по интенсификации. Проведение данного метода может оказаться наиболее рентабельным для разработки низкопроницаемых коллекторов вследствие отсутствия необходимости в мобилизации и эксплуатации флота ГРП, подбора реагентов и проппанта. Для НПК и коллекторов с естественной трещиноватостью используются две скважины, расходящиеся в противоположные стороны от главного вертикального ствола с дальнейшим горизонтальным окончанием. Тип заканчивания многозабойных скважин активно применяется на Чатылкинском, Северо-Янгтинском, Красногорском, Приразломном и других месторождениях.

В процессе проектирования системы ППД, необходимо оценить рентабельность ее внедрения. При определенных геолого-технологических условиях применение заводнения на месторождениях с НПК не всегда экономически эффективно. В таких случаях для конкретных месторождений можно определить граничное значение проницаемости, ниже которого целесообразно рассмотреть вариант разработки в режиме истощения

СЕКЦИЯ 10. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

исходя из экономических соображений, опыт применения такого подхода, был апробирован на Приобском месторождении [1].

Основные трудности, с которыми приходится сталкиваться при проектировании систем ППД, заключаются в необходимости модернизации планирования размещения скважин, контролируя процессы техногенного трещинообразования и преждевременного прорыва воды. Наибольшее внимание уделяется совершенствованию системы ППД при использовании ННС с ГРП и ГС с МГРП. В условиях формирования нелинейной фильтрации неустойчивости продвижения фронта вытеснения рядные системы разработки имеют неоспоримые преимущества перед площадными системами. Это связано с более равномерной выработкой запасов нефти при рядной системе по сравнению с площадной, также рядные системы более устойчивы к внезапному отключению скважин, происходящему ввиду наличия участков с низкими ФЕС, такая особенность наблюдается за счет компенсации работы остальными скважинами при отключении одной из них, а при площадном заводнении скважины принадлежат сразу к нескольким элементам системы.

Еще одним значительным параметром является накопленная компенсация отбора жидкости закачкой воды, значение которой, равное 120-140%, является благоприятным для условий Хохряковского месторождения.

В качестве наиболее эффективного типа системы поддержания пластового давления можно выделить опережающее заводнение, отличительной особенностью которого является опережающее нагнетание вытесняющего агента по отношению к добыче нефти. То есть изначально работают только нагнетательные скважины, формируя равномерный фронт вытеснения к закрытым добывающим скважинам, а затем в работу вовлекаются добывающие скважины [4].

Причинами целесообразности применения, опережающего заводнения являются:

Длительная передача воздействия от нагнетательных к добывающим скважинам в условиях НПК;

Преобладающая эксплуатация скважин при значениях забойных давлений ниже значений давления насыщения для повышения продуктивности скважин;

Ускоренный процесс разгазирования нефти за счет интенсивных фазовых переходов при снижении давления ниже давления насыщения нефти газом.

При проектировании ГС с МГРП необходимо следовать следующим геологическим критериям применимости:

1. Наличие покрышек между целевым пластом и другими продуктивными пластами;

2. Мощность пласта не менее 2 м и не превышает 100 м (технологическое ограничение проведение операции ГРП);

3. Мощность покрышек между пропластками не более 3-4 м;

Рекомендуется использовать технологию проведения МГРП с использованием набухающих пакеров и циркуляционных муфт для сброса шаров и технологию HiWay, заключающейся в проведении кластерной перфорации с переменной закачкой жидкости ГРП и пропанта, для терригенных коллекторов и кислотный многостадийный гидравлический разрыв пласта (КГРП) – для карбонатных коллекторов.

При проектировании МГРП обязательно нужно учитывать азимут направления трещин – продольный или поперечный, что является критерием эффективности приведения операции [2].

В процессе эффективной разработки месторождений с НПК целесообразно использовать комплексный интегрированный подход с учетом детальной проработки каждого этапа (рис.).

Р Е Ш И Я	Проектирование	Для ГС с МГРП	Технология РГС (ТАМЛ) для НПК, реализуемая двумя скважинами, расходящимися в противоположные стороны от главного вертикального ствола в случае неприменимости технологии МГРП
	Естественный режим	Определение граничного значения проницаемости, ниже которого на начальной стадии разработки рекомендуется эксплуатация на естественном режиме пласта с целью достижения экономической эффективности	
	Система ППД	<ul style="list-style-type: none"> - Рядные системы разработки с интенсивностью системы 1:1; - Опережающее заводнение с отработкой на нефть нагнетательных скважин в течение 3 месяцев; - Достижение накопленной компенсации отбора жидкости закачкой воды, значение которой равно 120-140%; - Очаговое заводнение с ограничением давления нагнетания; 	
	МГРП	Для терригенных НПК	Для карбонатных НПК
		<ul style="list-style-type: none"> - МГРП с применением набухающих пакеров и циркуляционных муфт для сброса шаров; - Технология HiWay, заключающаяся в проведении кластерной перфорации с переменной закачкой жидкости ГРП и пропанта для образования столбиков пропанта. 	<ul style="list-style-type: none"> - Применение КГРП с использованием кислот ТСА и SDA для создания эффективного направления распространения трещин ГРП в карбонатных коллекторах, используя в компоновке хвостовика фильтры в открытом стволе.

Рис. Комплекс технологических мероприятий для низкопроницаемых коллекторов

Литература

1. Белоногов Е.В., Пустовских А.А., Ситников А.Н. Критерий выбора способа разработки низкопроницаемых коллекторов // ПРОНЕФТЬ. Профессионально о нефти. – 2018 – № 1(7). – С. 49 – 51.
2. Мамбетов Ж. С., Медведев К.С. Анализ эффективности многозонного гидроразрыва пласта в условиях низкопроницаемых коллекторов // Вопросы науки и образования. 2018. №26 (38) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-mnogozonnogo-gidrorazryva-plasta-v-usloviyah-izkopronitsaemyh-kollektorov> (дата обращения: 28.09.2020).
3. Черевко М.А. Оптимизация системы горизонтальных скважин и трещин при разработке ультранизкопроницаемых коллекторов. // Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. «Тюменский государственный нефтегазовый университет». 2015. – 156 с.
4. Шупик Н.В. Повышение эффективности площадных систем разоводнения низкопроницаемых пластов Западной Сибири: дис. канд. тех. наук: 25.00.17. – М.: – 2017.

**ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГО-ПРОМЫСЛОВЫХ УСЛОВИЙ РАЗРАБОТКИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НИЗКОПРОНИЦАЕМЫХ КОЛЛЕКТОРОВ
Белов Т.В.**

Научный руководитель - старший преподаватель Ю.А. Максимова
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Современная нефтегазовая промышленность сталкивается с необходимостью максимального извлечения трудноизвлекаемых запасов, одним из хранилищ которых является низкопроницаемый коллектор (НПК). Последнее время активно создаются и совершенствуются методы добычи углеводородов из низкопроницаемых коллекторов, обоснование которых основывается на многочисленных исследованиях свойств данных типов коллекторов и геолого-промысловых условий их образования. Изученность особенностей разработки терригенных НПК очень велика, но в настоящее время растет спрос на доизвлечение запасов из карбонатных коллекторов. Для наиболее эффективной разработки подобных залежей необходимо использовать комплексный подход в анализе междисциплинарных данных о закономерностях добычи углеводородов (УВ) из низкопроницаемых коллекторов.

Низкопроницаемый коллектор – коллектор, характеризующийся низкими значениями проницаемости и высокой степенью неоднородности, запасы которого причисляются к трудноизвлекаемым (ТРИЗ), к которым приурочены углеводороды из конкретной залежи углеводородного сырья, относящихся к баженовским, абалакским, хадумским или доманиковым продуктивным отложениям, характеризующиеся низкими значениями проницаемости (от $0,01$ до $0,4 \cdot 10^{-3}$ мкм², до 10^{-5} мкм², $0,6 \cdot 10^{-3}$ мкм² и от $0,01 \cdot 10^{-3}$ до $3 \cdot 10^{-3}$ мкм² соответственно), а движение флюидов в нем подчиняется нелинейным зависимостям фильтрации. К НПК относят нефтяные коллекторы, имеющие значения проницаемости менее $0,050$ мкм² и газовые коллекторы проницаемостью 10^{-3} - 10^{-4} мкм² и менее. На данный момент месторождения Западной Сибири характеризуются значением проницаемости НПК, равным $0,022$ мкм² [3].

Литотип НПК, как и для всех коллекторов, подразделяется на терригенный и карбонатный. В терригенных коллекторах фильтрация происходит по объему пор, в которых может происходить перемещение флюида, также остаточные запасы нефти могут находиться в так называемых «тупиковых» порах – участках порового пространства, обладающих затрудненным массообменом с проточными каналами в данном направлении фильтрации [4]. В карбонатных же коллекторах фильтрация происходит зачастую по трещинам, распространяющимся в пласте. По структуре порового пространства можно выделить следующие типы карбонатных коллекторов [5]:

1. Поровый тип коллектора встречается довольно редко ввиду изменений, происходящих в процессе катагенеза, которые способны частично или полностью нивелировать изначально имеющуюся первичную пористость;

2. Каверно-поровый тип коллектора, у которого за счет вторичных постседиментационных преобразований формируется пустоты, к таким процессам относятся: выщелачивание, перекристаллизация и образование доломитов. Данный тип карбонатного коллектора встречается чаще. В качестве наиболее действенного процесса для формирования вторичных пор и каверн стоит отметить процесс выщелачивания.

3. Порово-трещинный и смешанный трещинно-поровый типы коллекторов. В карбонатных породах также являются общераспространёнными. Литологические процессы, приводящие к различным изменениям состояния карбонатных пород, как по разрезу, так и по площади, влекут за собой непостоянство фильтрационно-емкостных свойств, а также градиацию разного количества плохо проницаемых и вовсе плотных, непроницаемых пропластков по всему разрезу. В подобных ситуациях перемещение пластовой жидкости происходит по трещинам, обладающим большей проницаемостью по сравнению с каналами, локализованными между зёрнами. Также структура порового пространства у терригенных НПК более отсортирована, чем у карбонатных, а в случае одинаковых низких значений проницаемости размеры поровых каналов больше у карбонатных, нежели у терригенных [3].

Следующим показателем, характеризующим НПК является неоднородность, но в данной работе хотелось бы обратить внимание именно на неоднородность по проницаемости, которую целесообразно изучать по разрезу, по латерали и по площади всей залежи и которую можно классифицировать на слоистую, зональную и пространственную.