

ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДОБЫЧИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

Хасанов Элёржон Эркинжон ўгли

Магистрант 2-го курса факультета нефти и газа Ташкентского Государственного Технического Университета, кафедра «Объекты нефти-газопереработки»

Эшмухамедов Мурад Азимович

Ташкентский Государственный Технический Университет, факультет нефти и газа, доцент кафедры «Объекты нефти-газопереработки»

Аннотация: Рассматриваются технологии для добычи горючих сланцев, использования горючих сланцев в мире. Горючий сланец — полезное ископаемое из



группы твёрдых каустобиолитов, дающее при сухой перегонке значительное количество смолы, близкой по составу к нефти

Ключевые слова: горючие сланцы, органическое вещество кероген, электрическая энергия.

Горючие сланцы – это природные минерально-органические вещества, содержащие биологическое топливо, по составу напоминающее нефть. Полезные ископаемые, ставшие в последнее время важным сырьевым ресурсом для производства сланцевой нефти.

Добыча нефти из сланцев

Очень дорогой способ добычи нефти непосредственно из керогена горючих сланцев, залегающих на достаточно большой глубине. Мало того, при этом применяются четыре достаточно дорогих и сложных метода, оказывающих сильнейшее воздействие на окружающую среду: Пиролиз, то есть нагрев пласта до 90000С.

Мировые запасы

Хотя, по оценкам специалистов мировые запасы этого вида топлива оцениваются в 650 трлн. тонн, из которых предполагается извлечь 26 трлн. тонн сланцевой нефти, что на порядок превосходит запасы обычной нефти, добыча столь дорогого вида энергетического сырья малорентабельна.

70% процентов этого богатства сосредоточено в Вайоминге, Колорадо и Юте – штатах США.

Лидерами по запасам сланцевой нефти являются:

Россия – 10,23 млрд. тонн.

США – 7,911 млрд. тонн.

Китай – 4,365 млрд. тонн.

По запасам сланцевого газа места распределены следующим образом:

Китай – 31,55 трлн. м3.

Аргентина – 22,7 трлн. м3.

Алжир – 20,0 трлн. м3.

Страны, добывающие горючие сланцы

Разработка сланцевых месторождений в настоящее время ведётся в США, Канаде, Бразилии; Эстонии, России, Германии; Китае и Израиле.

Добыча сланца

Безусловным мировым лидером по производству сланцевой нефти являются США. Некоторые перспективы в этом направлении имеют Канада, Аргентина, Бразилия и Китай. Однако, целый ряд проблем экологического, экономического и политического плана сильно ограничивают возможности стран-производителей в развитии этого направления добычи топливных ресурсов.

Можно с полной уверенностью утверждать, что сланцевая революция совершилась пока только на территории Соединённых Штатов Америки, позволив им на некоторое время занять лидирующее положение в мире по нефтедобыче и выпуску газа. Но, с учётом очень высоких цен на этот вид углеводородов, такое положение дел остаётся крайне нестабильным и с финансовой точки зрения.

Горючие сланцы – это осадочная порода (глинистая, известковистая или кремнистая), в которой в количестве от 10–15% до 60–80% содержится органическое вещество кероген. Горючая часть этих сланцев сапропелевая или гумусово-сапропелевая. Добываемая из таких сланцев высоковязкая сланцевая смола (shale oil) требует дополнительной обработки для ее превращения в нефть. В настоящее время добыча горючих сланцев для извлечения из них углеводородов считается неэффективной.

Технологии гидроразрыва (фрекинга) вчера и сегодня

Основной вред для окружающей среды при добыче сланцевых углеводородов экологи видят именно в гидроразрыве целевого пласта. Однако сам по себе гидроразрыв появился еще задолго до сланцевой революции.

Назначение ГРП – интенсификация работы добывающих нефтяных и газовых скважин, а также увеличение приемистости нагнетательных скважин. Его цель – создание высокопроницаемых трещин в пласте для обеспечения притока добываемого углеводорода. Технология ГРП состоит в закачке с помощью мощных насосов в скважину жидкости, давление которой выше давления разрыва целевого пласта. Для поддержания сформировавшихся при этом трещин в раскрытом состоянии после последующего спада давления в терригенных породах используют расклинивающий агент (так называемый проппант), роль которого раньше выполнял кварцевый песок, а теперь – его синтетические заменители. В карбонатных породах для этой цели используют кислоту, которая разъедает стенки созданных трещин, не давая им полностью сомкнуться. Применение ГРП приводит к повышению дебита скважины в несколько раз.

Примечательно, что применение частными компаниями ЮКОС и «Сибнефть» ГРП на их месторождениях вызывало резкую критику со стороны конкурентов: оппоненты ГРП считали его варварским методом, приводящим к разграблению месторождений. Однако это не помешало им же самим вскоре использовать ГРП. Так, в ноябре 2006 года «Роснефть», получившая контроль над основным активом ЮКОСа («Юганскнефтегазом»), провела на Приобском месторождении крупнейший в России гидроразрыв нефтяного пласта. В настоящее время в «Роснефти» проводится более 2 тыс. операций ГРП в год, и абсолютное большинство новых скважин вводится в работу с ГРП. Существенно, что речь при этом даже не идет о сланцевых углеводородах, при добыче которых, как считают, ГРП приносит наибольший вред экологии. Так что в данном случае в явном виде имела место техническая политика. По некоторым данным, сегодня ГРП проводят примерно в половине скважин.

Горючие сланцы – это осадочная порода (глинистая, известковистая или кремнистая), в которой в количестве от 10–15% до 60–80% содержится органическое вещество кероген. Горючая часть этих сланцев сапропелевая или гумусово-сапропелевая. Добываемая из таких сланцев высоковязкая сланцевая смола (shale oil) требует дополнительной обработки для ее превращения в нефть. В настоящее время добыча горючих сланцев для извлечения из них углеводородов считается неэффективной.

Сланцы с низкими фильтрационно-емкостными свойствами – осадочные породы, содержащие обычную нефть (tight oil). Нефть из таких сланцев добывают либо непосредственно (легкая нефть), либо после предварительного

термического или химического воздействия на также содержащийся в пласте кероген. Природный сланцевый газ связан не с горючими сланцами, как иногда ошибочно считают, а с темноцветными пелитоморфными сланцеватыми породами, в которых содержание органического вещества ниже 20%.

Именно разработка месторождения Баккен обусловила бум на американском нефтяном рынке. Добыча сланцевой нефти на этом месторождении составляет 500 тыс. барр. в сутки, а запасы здесь оцениваются в 11 млрд барр. нефти. Доказанные запасы сланцевого газа по итогам 2015 года в США составляют 5 трлн куб. м, что составляет 57% от всех запасов газа в стране (8,7 трлн куб. м). Добычу сланцевой нефти в США ведут также на месторождениях Eagle Ford (в Техасе), Bone Springs (в Нью-Мексико), а также Three Forks (в Северной Дакоте). По данным Энергетического информационного агентства США (июнь 2013 года) извлекаемые ресурсы сланцевой нефти баженовской свиты Западной Сибири оцениваются в 75 млрд барр. (более 10 млрд т). Благодаря баженовской свите Россия занимает второе место в мире по запасам сланцевой нефти. Они составляют оценочно 74,6 млрд барр., в то время как резервы США равны 78,2 млрд барр. Технически извлекаемые из баженовской свиты запасы сланцевого газа оцениваются в 8,07 трлн куб. м (столько же, сколько составляют общие запасы газа в США). Эти данные приводит американское Управление информации в области энергетики. Кроме баженовской свиты в разных районах России имеются и другие продуктивные горизонты, содержащие месторождения сланцевых углеводородов. Общие извлекаемые ресурсы сланцевой нефти в разных районах России варьируются в пределах от 20 до 100 млрд т.

Сланцевую нефть считают одним из важнейших резервов для дальнейшего развития топливно-энергетического комплекса. Однако в настоящее время технология добычи сланцевой нефти находится в стадии развития. Себестоимость такой нефти пока значительно выше себестоимости добычи традиционной нефти. Поэтому сланцевую нефть пока считают перспективным резервом на будущее, не влияющим существенно на сегодняшний рынок нефти.

По мере развития технологий добычи сланцевого газа и адаптации их для добычи нефти из плотных коллекторов переоцениваются в сторону увеличения извлекаемые запасы нефти. При этом широко используют технологию горизонтального бурения в сочетании с гидроразрывом пласта (ГРП), посредством которого формируют высокопроницаемые трещины в пласте с целью обеспечения притока газа или нефти. США планируют таким способом к 2035 году увеличить добычу сланцевой нефти вдвое.

Истоки сланцевой революции

Считается, что настоящая сланцевая революция началась лишь в середине 2008 года. В том году среднегодовая цена нефти составила 96 долл. за баррель, что сделало добычу сланцевых углеводородов рентабельной. В настоящее время средний показатель себестоимости добычи составляет примерно 40–50 долл. за баррель.

Технологии гидроразрыва (фрекинга) вчера и сегодня

Основной вред для окружающей среды при добыче сланцевых углеводородов экологи видят именно в гидроразрыве целевого пласта. Однако сам по себе гидроразрыв появился еще задолго до сланцевой революции.

Назначение ГРП – интенсификация работы добывающих нефтяных и газовых скважин, а также увеличение приемистости нагнетательных скважин. Его цель – создание высокопроницаемых трещин в пласте для обеспечения притока добываемого углеводорода. Технология ГРП состоит в закачке с помощью мощных насосов в скважину жидкости, давление которой выше давления разрыва целевого пласта. Для поддержания сформировавшихся при этом трещин в раскрытом состоянии после последующего спада давления в терригенных породах используют расклинивающий агент (так называемый проппант), роль которого раньше выполнял кварцевый песок, а теперь – его синтетические заменители. В карбонатных породах для этой цели используют кислоту, которая разъедает стенки созданных трещин, не давая им полностью сомкнуться. Применение ГРП приводит к повышению дебита скважины в несколько раз.

Интенсивно развиваются технологии ГРП в горизонтальных скважинах. Разработаны технологии создания нескольких трещин в одной горизонтальной скважине.

Появились и получили развитие технологии по интенсификации притока, в которых в качестве технологических жидкостей, закачиваемых в пласт, используют газожидкостные смеси с азотом. Закачанный в пласт азот благотворно влияет на процесс освоения скважины. В горизонтальных скважинах эту технологию используют в сочетании с применением колтюбинга (гибких труб).

Альтернативные технологии

Заслуживает внимания технология пропанового фрекинга, которую уже трудно назвать гидроразрывом, поскольку такой фрекинг проводится без воды. От обычного гидроразрыва эта технология отличается тем, что вместо традиционной смеси для ГРП в скважину закачивают сжиженный пропан. Так как он полностью испаряется после проведения разрыва пласта, а химикаты при этом не используют, то риски загрязнения воды или почвы чрезвычайно малы.

Кроме того, водные источники в районе добычи сланцевых углеводородов не истощаются, так как для такого фрекинга вода не нужна вообще. Стоимость применения этой технологии в полтора раза превышает затраты на проведение стандартного ГРП. Поэтому применять ее целесообразно лишь на месторождениях с высокой рентабельностью.

Технологии добычи

Углеводороды в сланцах находятся в твердом или в жидком состоянии в порах и трещинах коллектора, а добыча основана либо на мультистадийном гидроразрыве пласта (ГРП) (для нефти в жидком состоянии), либо на термических методах воздействия на пласт (как правило, для нефти, залегающей в твердом состоянии). Технология добычи нефти низкопроницаемых пород мультистадийным ГРП стала применяться для нефтяных сланцевых плеев спустя несколько лет после начала разработки аналогичными методами сланцевого газа. Мультистадийный ГРП заключается в бурении наклонно-направленных скважин и применении в их горизонтальной части множественных разрывов. Суть процесса заключается в увеличении открытой проточной части продуктивного пласта и соединении этой области со скважиной, посредством создания путей с высокой проницаемостью. Это достигается закачкой жидкости, состоящей из воды, смешанной с активными компонентами и химическими добавками, а также расклинивающим наполнителем (Рисунок 1).

Методы выделения из сланца «синтетической нефти» подразумевают нагрев породы, до высоких температур либо непосредственно внутри пласта, либо на поверхности. Поверхностный ретортинг подразделяется на три основных типа:

1. Непрямой ретортинг подразумевает переработку нефтяного сланца за счет нагрева, причем в качестве теплоносителя используется природный газ. Теплоноситель подается внешний контур реторты, нагревая находящиеся в ней куски породы.

2. Прямой ретортинг подразумевает под собой процесс, когда теплоноситель подается непосредственно в реторту, разогревая находящийся там сланец.

3. Смешанный (комбинированный) ретортинг подразумевает одновременную подачу теплоносителя в законтурное пространство реторты и непосредственный контакт теплоносителя со сланцевой породой. Наиболее популярный метод. Внутри пластовый ретортинг, основанный на методах разрыва и термического воздействия на пласт появился только во второй половине первого десятилетия XXI века. Именно он позволил принципиально

изменить экономику и экологию добычи сланцевой нефти. К наиболее известным методам внутри пластового ретортинга относятся:

- Shell ICP. Процесс основывается на постепенном нагреве изолированных сланцевых пластов в течение длительного времени (2 -4 года) с использованием погружных электрических нагревателей. За счет сравнительно низкой теплопроводности сланца и выстраивания вокруг нагреваемого контура «замораживающих стен» удается равномерно нагреть все сланцевые пласты до температуры 200° С и начать практически переработку сланца внутри пласта⁷.

- ExxonMobil Electofrac. Модернизированный вариант классического ГРП, но построен на электролизных методах воздействия на пласт. Скважины заполняются электропроводящим флюидом, а пласт становится резистивным элементом цепи и нагревается под воздействием электричества. Таким образом, пласт становится естественным теплоносителем при внутрипластовом ретортинге содержащегося в нем керогена⁸.

- AMSO EGL Technology. Один из немногих примеров непрямого ретортинга внутри пласта. Она построена на замкнутой системе нагревательных труб, расположенных в глубине пласта в максимальной близости к сланцевой залежи (L). В качестве теплоносителей могут быть использованы разогретые в бойлере (F) жидкие флюиды, в т.ч. нефтесоснованные, или водососнованные. За счет нагрева от непрямого контура, содержащаяся в пласте сланцевая нефть (N) разогревается, разжижается и начинает поступать в сеть добычных скважин (E), обеспечивающих высокую температуру по всему пласту. Отработанные газы (J), образовавшиеся в результате термического разложения сланца поступают в бойлер и служат сырьем для нагрева теплоносителя

В результате разработки нефти сланцевых плеев методами ГРП и внутрипластового ретортинга получают углеводородную смесь, не требующую какой-либо дополнительной обработки до отправки на НПЗ (так, нефть, добываемая на формации Green River соответствует качеству современного WTI, ее плотность равна 0.834 г/см³, а содержание серы не превышает 4%¹⁰).

Применяемые технологии добычи обуславливают как экономические, так и экологические особенности добычи нефти сланцевых плеев. Выводы и прогнозы. На данный момент для дальнейшего развития сланцевой нефти объективно существует только один барьер - проблема высокого расхода пресной воды при ее добыче. Значительные затраты воды делают углеводороды сланцевых плеев недоступными для таких стран, как Китай,

Иордания. Монголия. Израиль, где уже подтверждены значительные запасы
Горючие сланцы

Горючие сланцы (ГС) - пиробитуминозные сланцы - осадочные породы карбонатно-глинистого (мергелистого), глинистого или кремнистого состава,

содержащие 10-50%, редко до 60% сингенетичного осадконакоплением органического вещества керогена.

ГС имеют коричневую, коричнево-желтую, серую, оливково-серую окраску, листоватую или массивную текстуру.

Термин «Горючие сланцы» иногда применяют для обозначения всех высокозольных твердых каустобиолитов, содержащих органические вещества различного происхождения и различных условий преобразования (углистых, битуминозных и липтобиолитовых сланцев).

ЛИТЕРАТУРА

1. Г о р ю ч и й сланец [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.rocksup.ru/roehhokeo-kioy67>

2. К а ч е с т в е н н ы е показатели горючих сланцев и бурых углей Беларуси и направления их использования / И. И. Лиштван [и др.] // Природопользование: Сб. науч. трудов. -2012. - № 22.

3. E u r o p e a n Commission "Energy challenges and policy. Commission contribution to the European Council of 22 May 2013".

4. E u r o p e a n Environment Agency "Combined heat and power (CHP) - Assessment", April 2012.

5. М е ж д у н а р о д н о е энергетическое агентство (МЭА) [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://www.iea.org>

6. К о ц е н к е эффективности использования органических топлив в цикле паросиловых установок / А. П. Несенчук [и др.] // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). - 2013. - № 1. - С. 56-60.