

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ БОРЬБЫ  
С ПАРАФИНООТЛОЖЕНИЯМИ  
НА СКВАЖИНАХ ВАНКОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.А. САЛИМОВ

научный руководитель М.Т. НУХАЕВ

Институт нефти и газа

Сибирский федеральный университет

Нефть представляет собой сложную и разнообразную смесь различных углеводородов, как легких, так и тяжелых, находящихся в термодинамическом равновесии при пластовых условиях. Поэтому на некоторых месторождениях добыча нефти не сопровождается выделением парафина, тогда как на остальных осложнена образованием асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО).

Нефтепромысловые АСПО представляют собой смесь высокомолекулярных соединений, состоящих из парафина, церезина, смол и асфальтенов.

Асфальтены - в стандартных условиях порошкообразные вещества черного цвета с молекулярной массой от 1500 до 10000. Чем больше растворенных асфальтенов в пластовой нефти, тем больше ее вязкость. Растворяются в ароматических углеводородах, хлороформе и сероуглероде.

Смолы - жидкости или пластические вещества высокой плотности и вязкости с молекулярным весом от 450 до 1500. Плотность близка к единице. Растворяются в предельных и ароматических углеводородах.

Церезины - смесь твердых алканов с числом атомов углерода в молекуле от C35 до C55. Растворяются в пентане, гексане, гептане и других углеводородах.

Парафины – смесь твердых углеводородов (твердые в обычных условиях) с числом атомов в молекуле от C16 до C35. Растворяются в насыщенных углеводородах - пентане, гексановой фракции, гептане.

АСПО начинают выделяться в нефти (кристаллизоваться) в стадии подъема на поверхность, главным образом при снижении температуры нефти ниже температуры ее насыщения парафином. Кроме того, при определенных термобарических условиях асфальтены начинают откладываться в пласте и кольматируют призабойную зону скважины.

Нефти основных продуктивных пластов Ванкорского месторождения имеют высокое содержание асфальтенов (более 3 %) при относительно низком содержании смол (1,26 – 2,79 %). В этих условиях наблюдается низкая агрегативная стабильность нефти. При изменении термобарических условий нарушение стабильности приводит к выпадению асфальтенов и формированию АСПО асфальтенового и смешанного типов при подъеме нефти по стволу скважины. Критической концентрацией, выше которой наблюдается выпадение асфальтенов из нефти Ванкорского месторождения, для пласта Як III-VII является величина – 6-7,5 %, а для нефти пласта НХ III-IV – 0,5 -0,7 %.

Выделяющиеся из нефти асфальтены, сокристаллизуясь с парафинами и смолами, образуют отложения в лифтовых трубах добывающих скважин. При среднем содержании парафинов в нефти - 3,72 %, температура насыщения нефти парафином составляет 14 - 15 0С. Выделенный из нефти Ванкорского месторождения парафин имеет температуру плавления 40-50 0С и химическую формулу C<sub>21,3</sub> H<sub>44,6</sub> – C<sub>27,4</sub> H<sub>56,8</sub>.

На интенсивность парафинообразования влияют следующие факторы:

- снижение давления в области забоя и связанное с этим нарушение равновесия газожидкостной системы;

- интенсивное разгазирование;
- снижение температуры в стволе скважины по мере приближения к поверхности;
- изменение скорости движения газожидкостной смеси, которая может обеспечить либо отрыв кристаллов парафина с поверхности, либо, напротив, их осаждение;
- изменения состава каждой фазы смеси и соотношения объемов фаз;
- шероховатость поверхности;
- адсорбционные процессы, обусловленные присутствием в нефти смолистых компонентов, обладающих высокой адгезией к металлической поверхности.

Образование АСПО происходит преимущественно из-за снижения температуры и давления в процессе подъема нефти по стволу скважины. Растворимость АСПО уменьшается, начинается кристаллизация парафина. Поскольку теплоизоляция лифтовых труб практически не осуществляется, АСПВ интенсивно осаждаются на поверхности нефтепромыслового оборудования. По мере их накопления производительность скважин снижается вплоть до полного прекращения добычи.

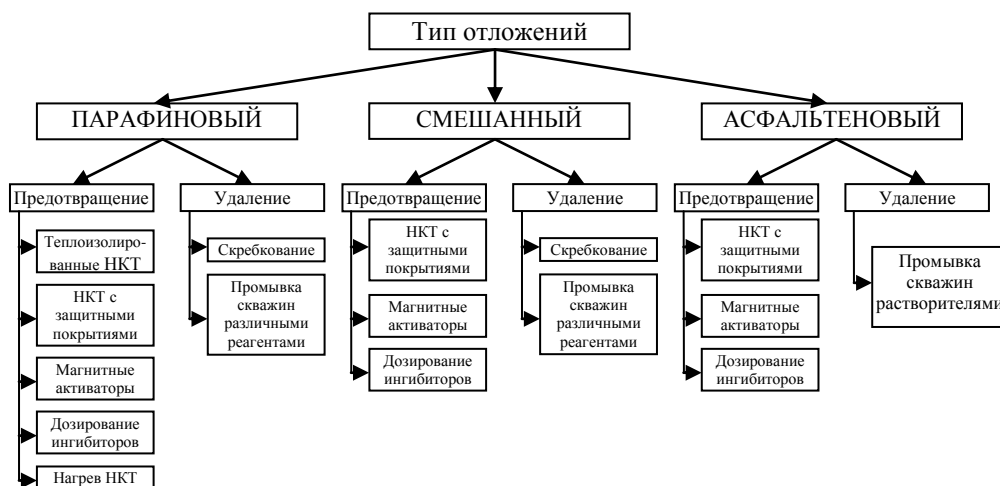
В целом образование АСПО приводит:

- к снижению притока нефти, уменьшению межремонтного периода работы скважин (МРП), эффективности работы насосных установок, а также пропускной способности нефтепроводов;
- к ухудшению фильтрационных характеристик ПЗП, снижению притока нефти к забою за счет резкого повышения гидравлической сопротивлений при добыче нефти и, соответственно, к уменьшению МРП;
- к снижению эффективности работы насосных установок, систем хранения нефти и пропускной способности нефтепроводов;
- к запечатыванию АСПО остаточной нефти в пластах, прилегающих к ПЗ.

Исходя из выше сказанного и учитывая практические результаты, следует, что для предотвращения отложения парафина при добыче, хранении и транспорте нефти целесообразно использовать:

- теплоизоляцию трубопроводов;
- подогрев нефти;
- поддержание пластового давления выше давления начала разгазирования;
- добычу нефти в устойчивом турбулентном режиме;
- повышение растворяющей способности нефти за счет использования нефтяных растворителей;
- эффективные покрытия оборудования;
- перемешивание нефти в емкостях;
- ингибиторы парафиноотложений.

Технологии удаления АСПО.



Технология удаления АСПО скребкованием.

Для удаления АСПО из эксплуатационных скважин месторождения в настоящее время используется скребкование по технологии Группы Компаний «Каскад» с использованием фрезерного скребка СФ-99, выполненного в виде установленных на валу режущих головок, которые приводятся во вращение движущимся газожидкостным потоком. Размеры и число режущих головок подбирают в зависимости от диаметра труб, типа, толщины и протяженности интервала отложений. Из недостатков данного метода можно отметить: 1) При очистке остается слой АСПО, равный разности между внутренним диаметром НКТ и диаметром фрезы (3-4 мм); 2) Очистка производится только с внутренней стороны НКТ, что не эффективно на скважинах, фонтанирующих по затрубному пространству.

Технология удаления АСПО обработкой скважин горячей нефтью.

Основной задачей проведения технологических промывок по графику горячей нефтью на скважинах Ванкорского месторождения является удаление («смыв») асфальтеносмолопарафиновых отложений с внешней поверхности НКТ на скважинах, фонтанирующих по затрубному пространству.

Из опыта проведения ГО видно, что её применение по затрубному пространству не всегда эффективно. Прямые промывки обладают достаточной успешностью, но есть риск потери циркуляции через ЭЦН с последующим уходом в клин. Решить вытекающую проблему можно лишь с помощью подачи ингибитора парафиноотложения на прием УЭЦН, либо постановкой скважны на ПРС.

Технология удаления АСПО применением греющего кабеля «Warm-Stream».

Термоэлектрическая установка «Warm-Stream» предназначена для термического воздействия на флюид с целью снижения его вязкости, предупреждения АСПО и гидратообразований по стволу нефтедобывающих скважин. Основной задачей является управляемое поддержание температуры потока добываемой жидкости на 3-5 градусов выше температуры насыщения нефти парафином.

Греющий кабель предназначен для использования в скважинном пространстве в среде, содержащей нефть, газ, газоконденсат, воду пластовую с содержанием H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> до 0,003%.

Исходя из опытно-промышленных испытаний можно сделать следующие выводы.

Технологический эффект от применения установок греющего кабеля, в основном, выражается в изменении интервалов посадок фрезы при очистке колонны НКТ, при этом межочистной период не увеличивается. Величина оплаты услуг «Каскад» не изменяется.

80 % скважин, оборудованных ГКЛ, эксплуатируют пласт НХ 1, на которых преобладают отложения асфальтенового типа, имеющие более высокую температуру плавления, по сравнению с отложениями парафинового типа, как следствие температуры прогрева недостаточно для удаления асфальтенов.

Исходя из анализа данных применение ГКЛ влечет дополнительные затраты, при сомнительной эффективности.

Технология удаления АСПО применением гладких покрытий НКТ.

Для создания полимерного покрытия применяется два типа пластмасс: термопластичные (поливинилхлорид, полиэтилен, полипропилен, фторопласт и т.д.) и терморезистивные (фенопласты, эпоксидные, полиэфирные). Такие покрытия имеют высокую коррозионную стойкость (в т.ч. в высокоминерализованных средах) и длительный срок службы.

Характерное свойство покрытия - очень высокая эластичность, оно устойчиво к любым деформациям НКТ, в том числе к изгибу на любой угол и кручению. Покрытие не склонно к сколам и трещинообразованию, экологически чисто. Что важно, при очистке и ремонте НКТ допустимы кратковременная обработка паром с температурой до 200°С и кислотная промывка.

В целом, гладкая пленка внутреннего покрытия значительно снижает гидравлическое сопротивление и, как следствие, энергозатраты на подъем нефти на поверхность. Применение НКТП (НКТ с полимерным покрытием) позволяет увеличивать межремонтный период на скважинах с парафинопроявлениями в среднем в четыре раза. Пониженная адгезия АСПО с покрытием позволяет обходиться практически без применения высокотемпературных обработок, а отложения в виде подвижной тонкой корки легко удаляются при гидроструйной промывке.

В большинстве случаев причиной возникновения дефектов покрытия является нарушение правил эксплуатации (режимов тепловой обработки, кислотных промывок и т.д.), а также повышенное содержание механических примесей в добываемой продукции.

Рассматривая использование защитных покрытий и стеклопластиковых НКТ на скважинах Ванкорского месторождения, а также учитывая положительные и отрицательные стороны использования данного вида защиты, считаю целесообразным проведение опытно-промышленных испытаний насосно-компрессорных труб с использованием полимерных покрытий.

Технология удаления АСПО промывкой растворителем.

Для предотвращения выпадения АСПО применяют ингибиторную защиту, сущность которой заключается в дозировании химического вещества в добываемую продукцию с помощью специализированных дозирующих устройств, при этом на поверхности оборудования образуется гидрофильная плёнка, препятствующая адгезии кристаллов парафина. Ингибиторы АСПО также способствуют изменению структуры кристаллов парафина, что исключает возможность их плотной упаковки в процессе кристаллизации, и поддерживают АСПВ во взвешенном состоянии на всем пути движения нефти. Применение растворителей относится к одному из высокоэффективных способов удаления АСПО, поскольку практически никогда не вызывает осложнений при технологических обработках.

На Ванкорском месторождении совместно со специалистами ОАО «НИИнефтепромхим» проведены опытно-промышленные испытания удалителя парафиноотложений СНПХ-7р-14А (производства ОАО «НИИнефтепромхим»). Исследованию подвергались 5 добывающих скважин с различными интервалами отложений.

В ходе опытно-промышленных исследований выявилось, что:

Применение СНПХ-7р-14А позволяет качественнее удалять АСПО, по сравнению с механической очисткой скребком (фрезой), т.к. при механической очистке остается слой АСПО, равный разности между внутренним диаметром НКТ и диаметром фрезы (3-4 мм), в то время как очистка реагентом СНПХ-7р-14А удаляет этот слой.

Удалитель парафиноотложений можно применять путем прямой закачки в трубное пространство скважин (НКТ) и путем закачки через затрубное пространство, с последующей продавкой реагента через прием ЭЦН до интервала отложений.

Расход реагента зависит от степени запарафинивания НКТ. Для скважин со средней степенью запарафинивания закачку можно проводить через затрубное пространство или непосредственно в НКТ на интервал образования отложений. Для сильно запарафиненных скважин закачку необходимо проводить непосредственно в

НКТ на интервал образования отложений с остановкой на реагирование. Расход реагента при закачке через затрубное пространство необходимо рассчитывать, как 20-30 % от объема НКТ (2-3,5 м<sup>3</sup>). Расход реагента при закачке в НКТ необходимо рассчитывать по интервалу образования отложений (если известно), как 30-40% от объема НКТ (при сильном запарафинивании) или как 20-30% от объема НКТ (при средней степени запарафинивания).

Применение удалителя СНПХ-7р-14А позволяет увеличить межочистной период работы скважин в 2-3 раза.

Из результатов анализа существующих методов борьбы с парафинами на скважинах Ванкорского месторождения, можно сделать следующие выводы:

На сегодняшний день невозможно полностью отказаться от механизированных способов борьбы с парафинами, так как прочие методы не исключают, а лишь увеличивают межочистной период;

Реагент СНПХ-7р-14А эффективно удаляет АСПО. Результаты испытаний являются положительными. Удалитель парафиноотложений СНПХ-7р-14А рекомендуется к применению для очистки скважин Ванкорского месторождения;

Промывки скважин по затрубному пространству не всегда эффективны. Прямые промывки обладают достаточной успешностью, но есть риск потери циркуляции через ЭЦН с последующим уходом в клин, что ставит под сомнение использования ГО на постоянной основе (регулярно по графику проведения технологических работ);

Исходя из анализа данных применение установки греющего кабеля влечет дополнительные затраты, при сомнительной эффективности;

Рассматривая использование защитных покрытий и стеклопластиковых НКТ на скважинах Ванкорского месторождения, а также учитывая положительные и отрицательные стороны использования данного вида защиты, считаю целесообразным проведение опытно-промышленных испытаний насосно-компрессорных труб с использованием полимерных покрытий.