



УДК 622.692.1

Валерия Вадимовна Шафикова

ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕНИЯ АСФАЛЬТО-СМОЛО-ПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ПРОМЫСЛОВОМ НЕФТЕПРОВОДЕ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Аннотация: В работе предоставлен аналитический обзор актуальных методик по предотвращению и удалению асфальто-смоло-парафиновых отложений, сведенных в единый схематический рисунок, представлены результаты эффективности и константы скорости реакции различных химических растворителей, выбран наиболее подходящий комбинированный метод удаления парафиновых отложений.

Ключевые слова: асфальто-смоло-парафиновые отложения, растворители, эффективность химического растворителя

В потоке транспорта нефти, в результате природных, естественных процессов, асфальтены, смолы и парафины кристаллизуются, что приводит к осаждению их во внутренней полости трубопровода. При длительной разработке и эксплуатации нефтяных месторождений, содержание асфальтенов (АС), смол (С) и парафинов (П) в конечном продукте увеличивается и определяет пропускную способность, производительность. Энергопотребление и выполнение контрактов поставок готовой товарной продукции повышается.

Возрастание АС+С+П увеличивает себестоимость нефти и нефтепереработки и требует привлечения организаций для утилизации образовавшихся нефтешламовых остатков при очистке оборудования и трубопроводов от отложений.

Знание состава добываемой среды, понимание процессов кристаллизации АС+С+П и условий из прочного закрепления отложений, определение методик, средств и технических устройств, которые позволяют бороться с проблемой – весьма актуальны для любого предприятия.

Целью исследования является: выбор наиболее эффективного из, различных предоставленных АС+С+П отложений, растворителя и метода оптимальной комбинированный борьбы по удалению парафинов.

Задачи работы:

- 1) определение основной группы факторов, имеющих ограничения по содержанию парафинов, смол и асфальтенов и подбор соответствующей документации;
- 2) анализ существующих методов по удалению и предотвращению АСП отложений;
- 3) аналитический обзор эффективности и константы скорости реакции химических растворителей.

Чем больше содержание смол и асфальтенов, тем прочнее структура отложений. Это сопряжено с увеличением вязкости нефти, плотности, сложностью протекания процессов транспортировки, поэтому имеются следующие ограничения по Распоряжению Минприроды России от 01.02.2016 [3]. Содержание парафинов в нефти влияет на легко застывание, в связи с этим, есть необходимые нормы по содержанию парафинов в нефти по ГОСТ 11851-2018 [1].

Таблица 1. Классификация нефти по содержанию парафинов, смол и асфальтенов

По Распоряжение Минприроды России от 01.02.2016 [3] по содержанию смол и асфальтенов		По ГОСТ 11851-2018 [1] по количеству парафинов	
типы нефти	содержание смол и асфальтенов, %	типы нефти	содержание парафинов, %
малосмолистые	менее 5%	малопарафинистые	менее 1,5%
смолистые	5-15%	парафинистые	1,51-6%
высокосмолистые	более 15%	высокопарафинистые	более 6%



В случае если все отложения имеют центр кристаллизации в виде механических примесей, то они так же будут иметь прочную структуру. Поэтому имеются ограничения по содержанию механических примесей в соответствии с ГОСТ 6370-2018 [2].

При борьбе с асфальто-смоло-парафиновыми отложениями применяют различные технологии. В настоящее время в промышленной практике наибольшую значимость, как в России, так и за рубежом, имеют следующие методы: механические, тепловые, химические, физические комплексные.

Существует множество подходов по борьбе с парафиновыми отложениями. В основном они делятся на: предотвращающие данные отложения и удаляющие их (рис. 1).



Рис. 1. Методы борьбы с асфальто-смоло-парафиновыми отложениями

Химические методы базируются на дозировании в добываемую продукцию химических соединений, уменьшающих, а иногда и полностью предотвращающих образование отложений.

Применение химических растворителей на данный момент является одним из оптимальных методов по удобству использования, затрат на реагент, борьбы сразу с несколькими проблемами, к тому же, после использования данного способа отложения становятся рыхлыми и полужидкими кристаллическими, что позволяет сравнительно легко их удалить естественным потоком жидкости в процессе эксплуатации трубопровода.

Известно, что эффективность удаления парафиновых отложений зависит от времени контакта с растворителем, температуры растворителя, соотношения массы к объему растворителя [4].

Проведенный сравнительный анализ эффективности различных растворителей в соответствии с формулой показал, что растворитель, состоящий из смеси бензола и гексана, более эффективен, чем другие:

$$\mathcal{E}_t = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где \mathcal{E}_t – эффективность растворителя при температуре t , %;

t – температура растворителя, °С;

m – масса отложений, взятая для эксперимента $m = X$ г;

m_1 – масса отложений после эксперимента, г.



Таблица 2. Характеристики растворителей АСПО

Растворители АСПО	Эффективность растворения Эт, %
Бензол+Гексан	82%
Нефрас–П–150/330	64%
Легкая смола пиролиза	78%
Газовый бензин	80%

Опираясь на результаты кинетических исследований так же, можно провести направленный выбор и оценку эффективности растворителей для удаления отложений данного участка модельного трубопровода, состава нефти. Расчет константы скорости реакции данной смеси растворителя проводится в соответствии с формулой Саковича. По результатам, приведенным в таблице 3, ясно, что с увеличением температуры константа скорости реакции увеличивается, но незначительно. Так же заметно, что уже при 10 °С имеется возможность удаления отложений ароматическим растворителем при низких температурах.

Таблица 3. Влияние константы скорости реакции растворителя на температуру [5]

Образец (1:1)	$t, ^\circ\text{C}$	n	$k, \text{мин}^{-1}$
АСПО+бензол, гексан	10	1,00±0,07	3,2·10 ⁻²
	25	1,05±0,13	5,00·10 ⁻²
	40	1,04±0,11	1,36·10 ⁻¹
	60	1,13±0,16	2,63·10 ⁻¹

На практике обычно применяют комбинацию методов удаления АСП отложений. Рациональным решением при применении химического метода, а именно растворителя бензол+гексан, является последующая промывка трубопровода горячей жидкостью, связано это, как минимум, с двумя факторами: тепловой метод имеет ограничение по длине трубопровода (то есть не может промывать его на большие расстояния ввиду теплотерь), что полностью удовлетворяет нашу ситуацию, так как модельный трубопровод – промышленный; обратная промывка отлично справляется с уже рыхлыми отложениями, оставшимися после применения растворителя, исключает образование парафиновых пробок.

При рациональном совмещении химической обработки и применения обратной горячей промывки, можно существенно повысить эффективность эксплуатации трубопроводов и добиться снижения эксплуатационных расходов на транспорт нефти.

БЛАГОДАРНОСТИ

Научный руководитель – Чухарева Наталья Вячеславовна, к.х.н., доцент ОНД НИТПУ

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] ГОСТ 11851-2018 Нефть. Методы определения парафинов (с Поправкой) [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200160491>
- [2] ГОСТ 6370-2018 Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей (с Поправкой) [Электронный ресурс]. –URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200160609>
- [3] Распоряжение Минприроды России от 01.02.2016 N 3-р (ред. от 19.04.2018) «Об утверждении методических рекомендаций по применению Классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов, утвержденной приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 01.11.2013 N 477» [Электронный ресурс].–URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_253923/
- [4] Трубопроводный транспорт углеводородов: материалы III Всерос. науч.- практ. конф. (Омск, 30 окт. 2019 г.)/Минобрнауки России, ОмГТУ.–С.201.[Электронный ресурс].–URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41439470>
- [5] Иванова И. К., Шиц Е. Ю. Кинетические характеристики растворения компонентов асфальтосмолапарафиновых отложений (АСПО) в алифатико- ароматическом растворителе // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, №6, 2009.[Электронный ресурс].–URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kineticheskie-harakteristiki-rastvoreniya-komponentov-asfaltosmoloparafinykh-otlozheniy-aspo-v-alifatiko-aromaticheskoy>