

Литература

1. Белозерцева Н.Е., Богданов И.А., Алтынов А.А., Бальжанова А.Т., Белинская Н.С., Киргина М.В. Выбор наиболее предпочтительного сырья для синтеза биодизельного топлива с позиции его выхода и физико-химических свойств // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2020. – Том 10. – № 1. – С. 114-123.
2. ГОСТ 20287-91. Межгосударственный стандарт. Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания. Дата введения 1991-01-01. Введён 01.01.1991. – М.: Стандартинформ, 2006. – 9 с.
3. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. Дата введения 2015-01-01. Введён 01.01.2015. – М.: Стандартинформ, 2016. – 10 с.
4. ГОСТ 5066-2018. Межгосударственный стандарт. Топлива моторные. Методы определения температур помутнения, начала кристаллизации и замерзания. Дата введения 2019-07-01. Введён 07.01.2019. – М.: Стандартинформ, 2019. – 14 с.
5. ГОСТ EN 116-2013 Межгосударственный стандарт. Топлива дизельные и печные бытовые. Метод определения предельной температуры фильтруемости. Дата введения 2015-01-01. Введён 01.01.2015. – М.: Стандартинформ, 2016. – 28 с.
6. Иовлева Е.Л. Автомобильные эксплуатационные материалы. Учебное пособие – М.: Мир науки, 2020. – 83 с.
7. Кучкина А.Ю., Сущик Н.Н. Источники сырья, методы и перспективы получения биодизельного топлива // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2014. – № 1. – С. 14-42.

**РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
НЕФТЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

**Чайкина Я.И.**

Научный руководитель доцент Е.В. Бешагина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Ввиду исчерпания легких запасов нефти проблема добычи тяжелых нефтей остается по сей день крайне актуальной, особенно в «старых» нефтедобывающих регионах Российской Федерации, поскольку иные запасы сохранения нынешних уровней добычи почти отсутствуют.

Основными особенностями тяжелых нефтей, которые обуславливают необходимость применения особых способов добычи, их транспортировки и переработки, являются не только повышенная плотность и вязкость, но и их состав [1]. Поскольку для тяжелых нефтей присуще возникновение нефтяных отложений, на формирование которых влияет температура кристаллизации парафина и температурный режим нефтепровода, поэтому данная проблема является особенно важной для низкотемпературных условий Западной Сибири.

В зависимости от условий месторождения существуют методы, которые применяются для борьбы с нефтяными отложениями, они предполагают либо предотвращение образования, либо устранение уже сформировавшихся отложений [2].

При предотвращении образования нефтяных отложений применяются различные методы и технологии переработки. Основными способами, применяющимися в промысловой практике, являются механические, физические термические, химические. Однако существуют и другие, например, комбинированные, сочетающие в себе несколько методов: физико-химические, химико-физические и т. д.

После проведенного анализа литературных источников [2, 3] был сделан вывод о том, что наиболее эффективным методом предотвращения образования нефтяных отложений и снижения температуры застывания нефти является химический метод, а именно применение ингибирующих и депрессорных присадок. Ввиду того, что они приводят к образованию слабозадействующих центров кристаллизации. В действительности это приводит к значительному уменьшению экономических затрат на транспортировку нефти из-за понижения её температуры застывания.

Учитывая вышеизложенное, борьба с нефтяными отложениями при добыче, транспортировке и хранении нефти является одной из важнейших проблем в нефтедобывающей промышленности и остается в центре внимания широкого круга ученых и промысловых работников как в России, так и за рубежом.

Целью работы являлась разработка композиции, обладающей комплексным действием, для повышения эффективности предотвращения накопления нефтяных отложений.

Преимуществом данной присадки является то, что она одновременно выступает в качестве и ингибитора, и депрессора, сочетая в себе их свойства: ингибирующая способность позволяет формировать достаточно прочные ассоциативные комплексы упорядоченной структуры с молекулами парафина, и депрессорная эффективность способствует изменению структуры кристаллов n-алканов, при этом препятствуя их сближению. В результате чего не происходит образование пространственного каркаса и застывание нефти [3].

Для сравнения эффективности полученной присадки были выбраны образцы синтезированных присадок следующих марок: присадка №1 (ДН-1); присадка №2 (Flexoil); присадка №3 (исследуемая нами присадка, разработанная на базе ТПУ); присадка №4 (ТюмНИИ).

Объектом исследования являлась высокопарафинистая нефть Верхне-Салатского месторождения Томской области. В соответствии с ГОСТом Р 51858-2020 данная нефть при 20 °С относится к особо лёгким по плотности нефтям (787,2 кг/м<sup>3</sup>) с кинематической вязкостью 3,8363 мм<sup>2</sup>/с и положительной температурой застывания +15 °С; и является высокопарафинистой, с содержанием парафинов 11,6 % масс., смол 2,4 % масс., асфальтенов 0,1 % масс.

Исследования проводили в два этапа. На первом этапе для оценивания ингибирующей способности присадок исследования проводили на установке, в основе которой лежит метод «холодного стержня» [4]. Сущность данного метода заключается в способности парафина кристаллизоваться на холодном стержне за счет разности температур нефти и стержня.

**СЕКЦИЯ 12. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ  
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ. ПОДСЕКЦИЯ 2 – ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ  
ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ**

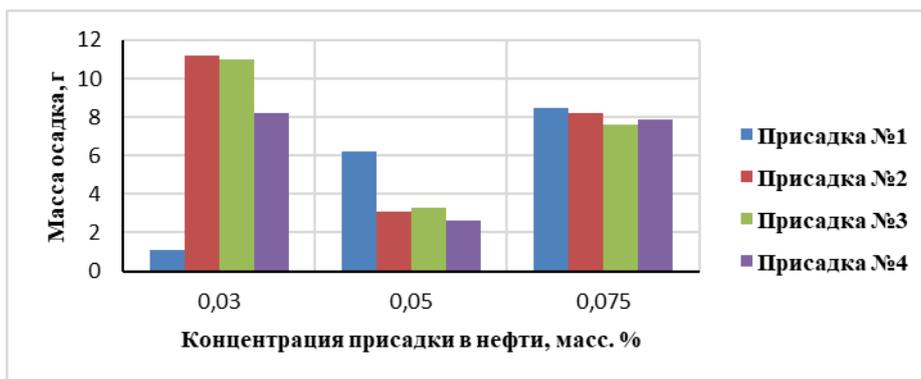
Экспериментально были выбраны температуры для исследования аналогичные температурным режимам на объектах подготовки нефти. Температура нефти в стакане составляла плюс 10 °С, температура «холодного» стержня составляла минус 20 °С. Массу навески испытуемой нефти брали 40 г.

По окончании опыта массу осадка, которая сформировалась на «холодном» стержне, определяли гравиметрически. Для достоверности результатов проводили три параллельных опыта. Присадки добавляли в нефть в концентрациях: 0,03 масс. %, 0,05 масс. %, 0,075 масс. %. Степень ингибирования присадок определяли по формуле [4]:

$$I = (W_0 - W_1) \cdot 100 / W_0,$$

где  $I$  – ингибирующая способность, %;  $W_0$  – выход осадка для исходной нефти, г;  $W_1$  – выход осадка для нефти с присадкой, г.

После проведения опыта полученные результаты представили в виде графика (Рис. 1).

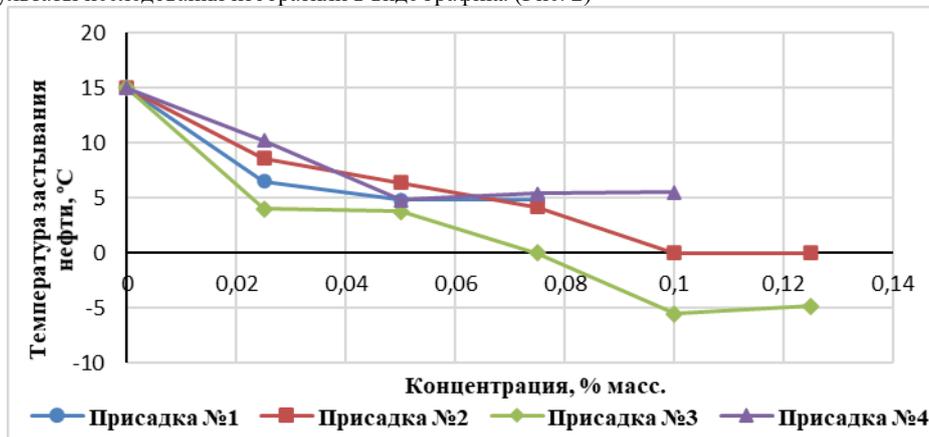


**Рис. 1** Зависимость массы нефтяного осадка от концентрации присадки

Из рисунка 1 видно, что наибольшее уменьшение количество нефтяного осадка наблюдается при добавлении присадки №1, при этом ингибирующая способность составила 87 % при концентрации 0,03 масс. %. Средние результаты показали присадки №2 (степень ингибирования 62 % при концентрации 0,05 масс. %) и №4 (степень ингибирования 68 % при концентрации 0,05 масс. %). Наименее ингибирующей способностью 60 % обладает присадка №3 при концентрации 0,05 масс. %.

На втором этапе для оценки депрессорной способности присадок исследования проводили на установке по оценке низкотемпературных показателей нефтепродуктов ИНПН «КРИСТАЛЛ». Данный прибор позволяет достаточно точно и быстро определить температуру застывания нефти.

Результаты исследования изобразили в виде графика (Рис. 2)



**Рис. 2** Зависимость изменения температуры застывания нефти от концентрации присадки

Из рисунка 2 видно, что наибольшее снижение температуры застывания нефти получается при использовании присадки №3 с концентрацией 0,1 масс. %, так как при введении её к нефти температура понижается на 19 – 20 °С. Так же не менее значительными депрессорными свойствами обладает присадка №2 при той же концентрации, что и присадка №3, при этом температура застывания понижается на 15 °С. Такой эффект наблюдается в связи с тем, что обе присадки относятся к классу ингибиторов парафиноотложения с депрессорными свойствами. Однако дальнейшее увеличение концентрации данных присадок нецелесообразно ввиду неизменности температуры застывания нефти. Менее действенными оказались присадки №1 и №4, их температуры снизились всего на 8 – 10 °С.

Также можно заметить (Рис. 3), что использование исследуемой присадки влияет не только на уменьшение количества нефтяного осадка и температуры застывания нефти, но и приводит к изменению её структуры. Так при

600-кратном увеличении видно, что молекулы парафинов значительно уменьшились в размере после введения присадки №3, структура нефти изменилась.

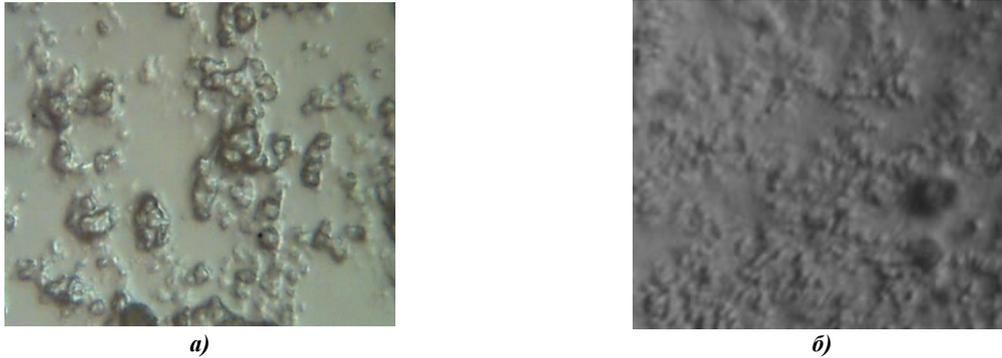


Рис. 3 Микрофотография исследуемой нефти: а) исходная нефть; б) нефть с присадкой №3

Таким образом, по полученным результатам исследования следует, что разработанная присадка №3 обладает наименьшими ингибирующими свойствами, чем другие присадки, возможно из-за состава многофазной нефтяной системы, поскольку каждая нефть индивидуальна по своему составу трудно точно спрогнозировать эффективность действия присадки. Они подбираются индивидуально для каждого месторождения в зависимости от его свойств. Однако присадка №3 обладает достаточно выраженными депрессорными свойствами. Поэтому присадка такого типа композиции может быть рекомендована к применению для близких по составу исследуемой нефтям.

#### Литература

- 1 Макаревич В.Н., Искрицкая Н.И., Богословский С.А. РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ НЕФТЕЙ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2012. – Т.7. – №3. – 16 с.
- 2 Миллер В.К. Комплексный подход к решению проблемы асфальтосмолопарафиновых отложений из высокообводненных нефтей (на примере нефтей месторождений Удмуртии). М: 2016, 196 с.
- 3 Шадрин П.Н. Совершенствование технологий борьбы с асфальтосмолопарафиновыми отложениями на нефтепромысловом оборудовании месторождений высоковязких нефтей: Автореферат. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Уфа, 2017 г. – 145 с.
- 4 Юдина Н.В., Лоскутова Ю.В., Бешагина Е.В. Состав и реологические свойства асфальтосмолопарафиновых отложений // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 2. – с. 69–71.

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОЛИЗА ЭТАН – ПРОПАНОВОЙ ФРАКЦИИ

Чернышов М.Н.

Научный руководитель - доцент И.М. Долганов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В промышленных отраслях нефтегазопереработке и нефтехимии осуществляется огромное разнообразие процессов, среди которых большой спрос представляют тепловые процессы. Пиролиз углеводородного сырья является одним из главных процессов нефтехимии, который позволяет получать непредельные углеводороды.

Одной из основных проблем пиролиза является образование побочного продукта - кокса. С отложением кокса увеличивается толщина сечения трубы, что в свою очередь ведёт к увеличению скорости потока газов, снижению теплопередачи и многих других проблем, которые негативно влияют на экономику процесса пиролиза.

При решении проблемы по выбору оптимального режима работы, в качестве решения проблемы выступает создание детерминированной математической модели, которая позволяет сформулировать наилучшую стратегию оптимизации за счет многостороннего анализа [2].

При разработке модели была создана схема из 8 реакций, в которых участвуют 13 веществ. В основе схемы лежит кинетическая модель, предложенная Жаровым Ю.М., в которой 7 реакций и 12 веществ, но в данную схему добавлена реакция образования из побочных полимеров кокса [1].

