

## **ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ РЕАГЕНТОВ ПРИ АЦЕТИЛИРОВАНИИ ДЕАСФАЛЬТЕНИЗАТА ГУДРОНА НА СПОСОБНОСТЬ ПРОДУКТА ИНГИБИРОВАТЬ АГРЕГАЦИЮ АСФАЛЬТЕНОВ**

**Корнеев Д. С.<sup>1</sup>, Жумукова В. К.<sup>1</sup>, Смородинова Т. Н.<sup>1</sup>**

**Научный консультант – доктор хим. наук, профессор Клименко Л. С.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Югорский государственный университет

d\_korneev@ugrasu.ru

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 25-23-01367 «Разработка новых сурфактантов на основе продуктов химической трансформации высокомолекулярных гетероциклических компонентов нефти по реакции Фриделя-Крафтса для ингибирования агрегации асфальтенов в нефтяных системах».

### **Введение**

С изменением структуры запасов и добычи нефти в сторону более тяжелого углеводородного сырья возрастает доля технологических осложнений, связанных с образованием асфальтенсодержащих отложений в оборудовании, что приводит к снижению эффективности добычи и транспорта нефти [1]. Для предотвращения образования асфальтосмолопарафиновых отложений традиционно применялись синтетические амфифильные агенты и растворители [2], однако со снижением качества добываемой нефти их эффективность и применимость значительно ограничена. В связи с этим развивается альтернативный подход, заключающийся в создании ПАВ при функционализации высокомолекулярных компонентов нефти в различных реакциях [3, 4]. Ранее было показано, что в процессе ацилирования нефтяных компонентов возможно получать поверхностно-активные вещества [5], однако требуется дальнейшая оптимизация условий реакции и реагентов для синтеза наиболее эффективных агентов, ингибирующих агрегацию асфальтенов.

Целью работы является установление влияния концентрации реагентов при ацетилировании деасфальтенизата гудрона на способность продукта предотвращать агрегацию асфальтенов

### **Основная часть**

В качестве объекта исследования использовался деасфальтенизат промышленного нефтяного гудрона с высоким содержанием смол (28,1 % мас.) и остаточным количеством асфальтенов (0,3 % мас.). Деасфальтенизат получен путем осаждения асфальтенов при добавлении 40-кратного избытка н-гексана к навеске гудрона и последующего фильтрования полученного коллоидного раствора. Ацетилирование деасфальтенизата проводилось при температуре 100 °С в течение 8 часов при варьировании концентрации уксусного ангидрида от 5 до 20 % мас. В качестве катализатора использовался безводный  $AlCl_3$ . Исходный деасфальтенизат и продукты его ацетилирования в присутствии 5, 10, 15, 20 % мас. ( $D_{исх}$ ,  $D_5$ ,  $D_{10}$ ,  $D_{15}$ ,  $D_{20}$  соответственно) подвергались определению группового и элементного состава, а также оценке ингибирующей способности асфальтенов методом спектрофотометрии.

Анализ полученных результатов показал, что с увеличением концентрации уксусного ангидрида в реакционной смеси до 20 % мас. наблюдается резкое увеличение содержания асфальтенов в образующихся продуктах до 11-12 % мас., что свидетельствует о глубокой химической модификации компонентов деасфальтенизата. При этом доля смол практически линейно увеличивается до 39-40 % мас., а содержание масел снижается на 23,0 % мас. Наиболее существенные изменения группового состава наблюдаются при повышении концентрации ангидрида в реакционной смеси до 15 %

мас., тогда как дальнейшее увеличение доли ангидрида до 20 % мас. приводит к незначительным изменениям группового состава ( $\pm 1$  % мас. по каждому компоненту), что указывает на достижение предела функционализации в данных условиях.

Анализ элементного состава продуктов ацетилирования деасфальтенизата свидетельствует о том, что содержание С, Н, N, S в продуктах реакции изменяется незначительно, тогда как доля О возрастает в 8 раз с увеличением концентрации ангидрида в реакционной смеси до 20 % мас., что доказывает успешное протекание реакции ацетилирования компонентов деасфальтенизата.

Изменение состава деасфальтенизата в процессе ацетилирования отражается на его способности предотвращать агрегацию асфальтенов. Так, при добавлении присадки на основе  $D_{20}$  (75 % толуола + 25 %  $D_{20}$ ) в количестве 1, 2 и 3 % мас. (в расчете на активное вещество) степень коллоидной стабильности асфальтенов возрастает с 37 % (без присадки) до 72, 88, 97 % соответственно.

### Выводы

Установлено, что в процессе ацетилирования деасфальтенизата гудрона с увеличением концентрации ангидрида в реакционной смеси до 20 % мас. наблюдается интенсивное превращение компонентов нефтяной системы по схеме Масла  $\rightarrow$  Смолы  $\rightarrow$  Асфальтены, что приводит к суммарному увеличению смолисто-асфальтеновых компонентов более чем на 23 % мас. Ацетилирование деасфальтенизата приводит к увеличению полярности полученных продуктов, о чем свидетельствует увеличение атомного отношения О/С до 9 раз. Это доказывает встраивание ацетильных групп ( $-\text{COCH}_3$ ) в молекулы компонентов деасфальтенизата. Установлено, что степень функционализации деасфальтенизата увеличивается с ростом концентрации ангидрида в реакционной смеси.

Показано, что продукт ацетилирования деасфальтенизата гудрона обладает способностью ингибировать агрегацию асфальтенов в нефтяных системах до 97 % мас. Разработанный продукт рекомендуется использовать как компонент товарных ингибиторов асфальтосмолопарафиновых отложений асфальтенового типа.

### Литература

1. Fakher S., Ahdaya M., Elturki M., Imqam A. Critical review of asphaltene properties and factors impacting its stability in crude oil // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2020. Vol. 10. P. 1183–1200. <https://doi.org/10.1007/s13202-019-00811-5>.
2. Campen S., Moorhouse S.J., Wong J. S.S. Mechanism of an asphaltene inhibitor in different depositing environments: Influence of colloid stability // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2020. Vol. 184. P. 106502. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106502>.
3. Prado G. H. C., Klerk A. Alkylation of asphaltenes using a  $\text{FeCl}_3$  catalyst // Energy Fuels. 2015. Vol. 29, no. 8. P. 4947–4955. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.5b01292>.
4. Korneev D. S., Osnitskii E. M., Voronetskaya N. G., Pevneva G. S., Klimenko L. S. Changes in the Composition of Heavy Oil and the Structure of Asphaltenes upon Treatment with Isopropyl Alcohol // Solid Fuel Chemistry. 2023. Vol. 57, no. 1. P. 47–51. <https://doi.org/10.31857/S002311772302007X>.
5. Корнеев Д. С., Осницкий Е. М., Белоус Д. Е., Савченко А. С., Свириденко Н. Н., Клименко Л. С. Состав и агрегативная устойчивость продуктов взаимодействия нефтяного гудрона и фталевого ангидрида при различном соотношении реагентов // Химия в интересах устойчивого развития. 2025. Т. 33, № 4. С. 450–457.