

$$R_d = \left| \frac{\text{Верх} - \text{Низ}}{\text{среднее значение верха и низа}} \right| \cdot 100 \%,$$

где *Верх* и *Низ* – содержание полимера и асфальтенов в верхнем и нижнем слоях ПБВ. Для оценки стабильности по ГОСТ EN 13399-2013, ПБВ выдерживались в печи при 180 °С в вертикальном положении, содержание полимера измерялось в верхнем и нижнем слое весовым методом и методом калориметрии. Полученные результаты показали, что вышеуказанные условия приготовления ПБВ, модифицированных ПЭВП и ЛПЭНП не влияют на стабильность вязущих при высокотемпературном хранении: происходит полное расслаивание полимерной фазы ( $R_d$ ПОФ = 200 %) и сильное осаждение асфальтеновой фазы ( $R_d$ АОФ > 130 %). Однако, при приготовлении ПБВ на основе ПЭНП при скорости 1200 об/мин и времени перемешивания 600 минут были получены стабильные системы: в данном случае степень сегрегации ПОФ составляла не более 60 %, степень сегрегации АОФ 31 %.

Ранее нами было показано [3], что механизмы совмещения полиэтиленов разных типов

с битумом отличаются. ПЭВП действует как инертный наполнитель и полностью сохраняет свою кристаллическую структуру, ЛПНЭ в ПБВ частично аморфизуется и формирует объемную полимерную сетку, а ПЭНП полностью аморфизуется, загущая дисперсионную среду.

Таким образом, в ходе проведенного исследования показано, что механизм совмещения определяет возможность регулирования стабильности ПБВ за счет изменения условий его приготовления, а именно увеличение данного показателя возможно в случае полной аморфизации полимера в смеси, что достигается при введении ПЭНП и использования жестких условий приготовления (скорость 1200 об/мин и время перемешивания 600 мин).

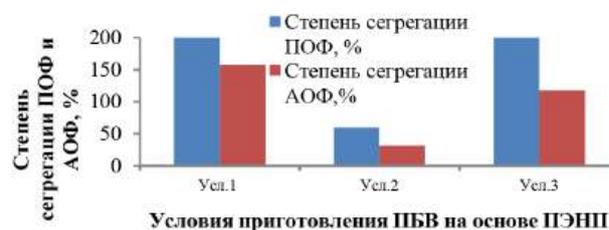


Рис. 1

### Список литературы

1. Kazemi M., Kabir Sk.F., Fini E. // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2021. – V. 174.
2. Perez-Lepe A., Martinez-Boza F.J., Gallegos C., Gonzalez O., Munoz M.E., Santamaria A. // *Fuel*. – 2003. – V. 82. – I. 11. – P. 1339–1348.
3. Фазылзянова Г.Р., Охотникова Е.С., Ганева Ю.М., и др. // *Высокомолекулярные соединения*. – 2022. – Серия А. – Т. 64. – № 6. – С. 433–440.

## ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА АТМОСФЕРНЫХ ФРАКЦИЙ НЕФТИ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ НА ЦЕОЛИТНОМ КАТАЛИЗАТОРЕ

Е. С. Чебанова, А. О. Ефанова, М. В. Киргина  
Научный руководитель – к.т.н., доцент ОХИ ТПУ М. В. Киргина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
пр. Ленина, 43а  
esc14@tpu.ru

Переработка на цеолитном катализаторе позволяет улучшить основные физико-химические свойства нефтепродуктов до показателей, соответствующих стандартам. Например, в работе [1] был исследован образец дизельного топлива (ДТ) и продукт его облагораживания на цеолитном катализаторе типа ZSM-5. Показано, что в ходе переработки на цеолитном катализаторе основные физико-химические свойства ДТ можно

улучшить и получить арктическую марку ДТ [2]. Более того, в ходе каталитической переработки был изменен групповой состав образца: содержание ароматических углеводородов и нафтенов возросло, в то время как концентрация н-парафинов уменьшилась. Данные модификации связаны с изменением строения углеводородов и образованием других классов органических веществ.

Целью работы является анализ состава атмосферных фракций нефти при переработке на цеолитном катализаторе.

В качестве исследуемых образцов была использована атмосферная фракция нефти (АФ), полученная в результате простой перегонки нефти с месторождения Томской области и продукт ее переработки (ПАФ) на цеолитном катализаторе на установке «САТАСОН» под давлением 0,35 МПа, при температуре 375 °С и расходе сырья 3 ч<sup>-1</sup>. Оба образца были подвергнуты хромато-масс-спектрометрическому анализу на газовом хроматографе. Результаты хромато-масс-спектрометрического анализа представлены в Таблице.

Исходя из данных, представленных в Таблице, можно заметить, что концентрация н-алканов уменьшилась в 8 раз, с 24,93 до 3,46 % мас., но при этом содержание изо-алканов увеличилось в результате каталитической переработки с 14,73 до 16,3 % мас. Количество циклоалканов снизилось с 20,85 до 15,59 % мас. Количество алкенов увеличилось в 20,75 раз, с 0,04 до 0,83 % мас., а алкинов в 3 раза – с 0,03 до 0,09 % мас. Содержание кислородсодержащих углеводородов снизилось примерно в 2 раза, с 0,83 до 0,42 % мас. Значительно возросло содержание ароматических углеводородов, в частности наиболее значительный рост наблюдается для моно-ароматических углеводородов – с 9,58 до 37,51 % мас.

Снижение содержания н-алканов в составе ПАФ связано с реакциями, протекающими на активных центрах катализатора. В ходе крекинга н-алканов образуются более короткоцепочечные углеводороды данного класса и алкены, также протекает изомеризация н-алканов. В результате

перераспределения водорода в алкенах образуются арены и в небольшом количестве н-алканы. При алкилировании алканов алкенами можно получить длинноцепочечные изо-алканы.

Помимо перераспределения водорода арены образуются в результате реакций переалкилирования. Часть из них может вступить в реакцию алкилирования с алкенами. Циклоалкановые углеводороды образовались по механизму диенового синтеза из алкенов, после перераспределения водорода образовались арены [6].

Таким образом, переработка на цеолитном катализаторе АФ меняет групповой состав смеси, благодаря чему возможно улучшению физико-химических свойств продукта.

Исследование выполнено при поддержке программы развития ТПУ «Приоритет 2030» (Приоритет-2030-НИП/ЭБ-116-375-2023).

**Таблица 1.** Содержание классов углеводородов в составе АФ и ПАФ

№ п/п	Класс углеводородов	Относительная концентрация, % мас.	
		АФ	ПАФ
1	Н-алканы	24,93	3,46
2	Изо-алканы	14,73	16,30
3	Циклоалканы	20,85	15,59
4	Алкены	0,04	0,83
5	Алкины	0,03	0,09
6	Моно-ароматические	9,58	37,51
7	Моно-арома-нафтенy	0,72	2,33
8	Би-ароматические	1,68	3,65
9	Кислородсодержащие	0,83	0,42
10	Неидентифицированные	26,62	19,82

### Список литературы

1. Получение низкозастывающих дизельных топлив на цеолитном катализаторе типа ZSM-5 / И.А. Богданов, А.А. Алтынов, Е.И. Мартыанова [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 9. – С. 68–74. – EDN HBXXPD.
2. ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2014. – 12 с.