

дорогов (БЦА) в *n*-гексадекане и 5%-ный раствор дибензотиофена (ДБТ) в бензоле. Установлено, что оптимальное соотношение в катализаторе промотор:молибден составляло 0.25:1 и исследованные катализаторы проявили высокую активность в реакциях гидрирования и гидрообессеривания, в том числе при рециркуляции сырья.

На примере процесса гидрогенизации угля было показано [9], что биметаллический Со/Мо-содержащий прекурсор ( $\text{Mo}_2\text{Co}_2\text{S}_4\text{Cr}_2(\text{CO})_2$ , где *Cr* – циклопентадиен) обеспечивает большую конверсию, чем смесь карбониллов молибдена и кобальта.

Отмечается [10], что модифицирование наногетерогенных Fe-содержащих катализаторов добавками элементной серы (0.75–1.25% от массы катализатора) позволяет при гидрогенизации угля увеличить выход суммарных жидких продуктов до 62.3–67.3% по сравнению с осуществлением процесса в присутствии немодифицированных катализаторов.

Наряду с применением наногетерогенных катализаторов *in situ* в нефтяном или угольном пастообразователе процесс гидрогенизации углей можно интенсифицировать предварительным озонированием сырья. Авторами [10] установлена положительная роль предварительного озонирования угля, которое позволяет при гидрогенизации увеличить выход суммарных жидких продуктов на 13.3% по сравнению с выходом жидких продуктов при использовании необработанного озонем угля. В работе [11] определено, что предварительное озонирование в течение 60 мин поз-

воляет при последующей каталитической гидрогенизационной переработке каменноугольной смолы (5 МПа, 450°C, наногетерогенный Мо-содержащий катализатор *in situ* в нефтяном пастообразователе) увеличить выход суммарных жидких продуктов на 44.8% и на 17.7% выход фракции с т. кип. до 180°C по сравнению с их содержанием в исходной смоле.

В статье исследованы каталитические свойства нанесенных молибден-сульфидных катализаторов в реакциях гидрирования и гидрообессеривания каменноугольной смолы полукоксования угля Шубаркульского месторождения с получением данных, необходимых для интенсификации технологии переработки смолы в сырье для получения игольчатого кокса, бессернистого нафталина, высокочистого бензола для органического синтеза и других химических продуктов с использованием процесса гидрогенизации.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве исходного сырья использовали смолу без предварительного обезвоживания (содержание воды 3.4%) и дистилляции в смеси с приготовленным катализатором и остатком дистилляции с т. кип. выше 320°C нефти месторождения Кумколь (Республика Казахстан), взятых в соотношении 1 : 1. Характеристика смолы приведена в табл. 1, нефтяной остаток имел следующие характеристики: плотность при 20°C 0.8077 г/см<sup>3</sup>; вязкость 9.69 мм<sup>2</sup>/с; содержание, мас. %: парафи-

**Таблица 1.** Характеристика смолы полукоксования угля месторождения Шубаркуль

Показатель	Значение показателя
Содержание воды, %	3.4
Плотность при 20°C, г/см <sup>3</sup>	1.071
Зольность, %	0.11
Фракционный состав, мас. %:	
н. кип., °C	112–120
выкипает до 180°C	2.4
180–330°C	19.0
выше 330°C + потери	78.6
Содержание, мас. %:	
полиароматические углеводороды	60.0
вещества, не растворимые в толуоле	1.3
вещества, не растворимые в хинолине	0.2
Температура вспышки в закрытом тигле, °C	121
Коксуемость по Конрадсону, %	2.3–3.5
Массовая доля серы, %	0.35
Содержание фактических смол + асфальтены, %	27.0