

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Восмериковой Людмилы Николаевны «ЗАКОНОМЕРНОСТИ АРОМАТИЗАЦИИ АЛКАНОВ С<sub>2</sub>–С<sub>4</sub> С УЧАСТИЕМ АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ» на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.12. Нефтехимия

Рациональное использование ресурсов попутного нефтяного газа (ПНГ) и предотвращение вредного воздействия продуктов его утилизации на окружающую среду являются актуальной задачей современной нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. Одним из направлений ее решения является каталитическая переработка легких компонентов ПНГ в востребованные продукты - ароматические углеводороды. Применение широкого класса алюмо-силикатных цеолитных систем, в т.ч. высококремнеземных ZSM, в качестве основы катализаторов явилось важным этапом в развитии процессов их квалифицированной переработки с получением продуктов нефтехимического назначения. Однако, несмотря на повышенный интерес исследователей к этим процессам, окончательных ответов на многие важные вопросы, в частности, касающиеся селективности катализаторов и их быстрой дезактивации, в настоящее время не получено.

Для совершенствования разрабатываемых процессов ароматизации легких алканов, повышения их эффективности и создания новых технологий необходимы новые сведения о химизме реакций каталитической ароматизации при повышенных температурах, образования углеродистых отложений и разработка на этой основе и внедрение в практику новых катализаторов, обладающих более высокой активностью, селективностью и стабильностью.

В этом отношении диссертационная работа Восмериковой Л.Н. «ЗАКОНОМЕРНОСТИ АРОМАТИЗАЦИИ АЛКАНОВ С<sub>2</sub>–С<sub>4</sub> С УЧАСТИЕМ АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ», посвященная созданию новых катализаторов и установлению физико-химических закономерностей превращения низших алканов в ароматические углеводороды, является безусловно актуальной.

Отметим ряд важных научных результатов диссертации. Установлены новые закономерности и выявлены особенности процесса ароматизации алканов С<sub>2</sub>–С<sub>4</sub> на металлсодержащих пентасилах. Установлена зависимость ароматизирующей активности катализатора от природы и способа введения модифицирующих добавок. Показано, что наиболее эффективными катализаторами для данного процесса являются цеолиты, модифицированные галлием, платиной, цинком и цирконием.

Впервые установлено существенное влияние природы структурообразующей добавки к Zn-содержащему цеолиту на распределение цинка в алюмосиликатном каркасе и на кислотные свойства каталитической системы. Показано, что использование при синтезе Zn-содержащего цеолита гексаметилендиамина в качестве темплата позволяет получать высокоактивный катализатор с повышенной устойчивостью к коксовым отложениям. Установлена связь между электронным состоянием и координационным окружением гетероэлементов в цеолитной решетке и кислотными и каталитическими свойствами цеолита ZSM-5 в реакциях ароматизации алканов С<sub>2</sub>–С<sub>4</sub>. Впервые получены новые сведения о природе активных центров, содержащих катионы цинка, галлия, циркония и индия. Показано, что введение платины в галло-алюмосиликат приводит к образованию Pt-Ga нано-кластеров, на которых осуществляется отрыв гидрид-иона от молекулы этана с образованием этилена.

Впервые изучены кинетические закономерности процесса превращения пропана в ароматические углеводороды на галлий-содержащем цеолите. Предложена кинетическая модель, позволяющая реализовать различные направления протекания химических реакций и рассчитать наиболее вероятный маршрут. Показано, что в процессе ароматизации природного газа наиболее эффективен Zn-содержащий цеолит, а для реакции низших алканов С<sub>3</sub>–С<sub>4</sub> – Ga-алюмосиликат.

Изучена кинетика, особенности локализация и морфология углеродистых отложений на металлсодержащих пентасилах. Установлено, что в случае Zn-содержащего они имеют сильно разупорядоченное морфологическое строение в форме нитевидных структур, а в Ga-



содержащих цеолитах, кроме них, обнаружены также небольшие слоистые углеродистые отложения, которые, вероятно, дезактивируют поверхностные активные центры.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что полученные в ней данные по условиям приготовления цеолитных катализаторов, их каталитической активности представляют технологическую основу для новых процессов переработки компонентов попутных нефтяных газов с получением востребованных ароматических углеводородов и разработки исходных данных для создания опытно-промышленной и промышленной установок.

В целом, диссертационная работа Восмериковой Людмилы Николаевны представляет законченное ориентированное фундаментальное исследование, посвященное решению актуальной проблемы, связанной с созданием новых катализаторов для процессов квалифицированной переработки легких компонентов попутного нефтяного газа. Выполнено на высоком научном и методическом уровне с применением современных аналитических методов и оборудования. Полученные результаты и сформулированные выводы обоснованы и не вызывают сомнений, доложены и обсуждены на многих конференциях и симпозиумах, в т.ч. на международных профильных конференциях, представлены в 80 публикациях, в т.ч. в 27 статьях в рецензируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК РФ, из которых 17 публикаций в международных рецензируемых журналах, индексируемых базами данных «Web of Science» и «Scopus», получено 2 патента РФ.

По актуальности решенных задач, объему, научной и практической значимости результатов диссертация “ЗАКОНОМЕРНОСТИ АРОМАТИЗАЦИИ АЛКАНОВ С<sub>2</sub>-С<sub>4</sub> С УЧАСТИЕМ АКТИВНЫХ ЦЕНТРОВ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ” соответствует требованиям п. 9-14. «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации 24.09.2013 г. № 842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 г. № 335), предъявляемым к докторским диссертациям, а автор, Восмерикова Людмила Николаевна заслуживает присуждения степени доктора химических наук по специальности 1.4.12. Нефтехимия.

Отзыв составил:

ведущий научный сотрудник Института химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук, обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», д.х.н. проф. Кузнецов Петр Николаевич

Подпись П.Н. Кузнецова заверяю  
Учёный секретарь ИХХТ СО РАН, к.х.н.  
Дата 09-10-2023



Зайцева Юлия Николаевна

Институт химии и химической технологии  
Сибирского отделения Российской академии наук  
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН  
660036, г. Красноярск, Академгородок, 50 стр. 24  
Тел. (391) 205-19-50; факс 249-41-08;  
E-mail: [kpn@icct.ru](mailto:kpn@icct.ru); [chem@icct.ru](mailto:chem@icct.ru)