

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Восмериковой Людмилы Николаевны «Закономерности ароматизации алканов  $C_2-C_4$  с участием активных центров металлсодержащих цеолитных катализаторов», представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.12. Нефтехимия

Постепенное истощение запасов нефти, а также стабилизация в последнее время объемов её добычи и переработки, и, как следствие, возникший дефицит сырья для нефтехимических и химических производств, обуславливает развитие работ, направленных на разработку новых высокоэффективных технологий получения ценных химических продуктов из альтернативного сырья, более дешевого или не нашедшего рационального применения – природного и попутного нефтяного газов, ШФЛУ, углеводородных газов нефтеперерабатывающих предприятий. В последние годы повышенный интерес проявляется к целевой переработке низших алканов  $C_2-C_4$  в ароматические углеводороды. На данный момент показана возможность использования в данном процессе цеолитных катализаторов семейства пентасил, однако процесс характеризуется низкой селективностью, большая часть парафинов превращается в еще более легкие углеводороды, преимущественно, в метан и этан. В связи с этим, поиск новых перспективных способов модифицирования цеолитов и выяснение факторов, определяющих селективность процесса, является важным и актуальным. Все это подтверждает высокую значимость проводимых Восмериковой Л.Н. исследований.

Автором накоплен и обобщен большой экспериментальный материал, позволивший успешно достичь поставленной в работе цели и решить обозначенные задачи. В результате выполненных автором исследований выявлена зависимость ароматизирующей активности катализатора от природы и способа введения модифицирующей добавки, от электронного состояния вводимого в цеолит металла. Информация, полученная с помощью разнообразных физико-химических методов анализа, позволила автору установить взаимосвязь между кислотными и каталитическими свойствами металлсодержащих цеолитных катализаторов.

Впервые рассмотрены некоторые аспекты природы активных центров элементоалюмосиликатов, содержащих катионы цинка, галлия, циркония и индия, определены оптимальные параметры синтеза катализаторов и их химический состав. Показано, что на синтезированных элементоалюмосиликатах путем варьирования химического состава и концентрации вводимых металлов можно существенно влиять на состав получаемых продуктов, что является важным для оптимизации процесса и для его промышленной реализации. Установлено, что наиболее активными в ароматизации алканов  $C_2-C_4$  являются каталитические цеолитные системы с добавкой цинка и галлия.

В диссертационной работе развиты представления о формировании активных центров в процессе приготовления модифицированных цеолитов и об изменении их состояния под воздействием реакционной среды со временем работы катализаторов. Рассмотрены причины и стадии дезактивации катализаторов, предложен обоснованный механизм коксообразования, протекающий на поверхности цеолитных катализаторов в процессе конверсии низших алканов.

В целом полученные результаты вносят значительный вклад в теорию и практику приготовления каталитических систем на основе модифицированных металлами цеолитов для процесса конверсии низших алканов  $C_2-C_4$  в ароматические соединения, расширяют представления о механизме каталитических реакций превращения легких углеводородов и природе коксовых отложений, они являются важными и, безусловно, обеспечивают научную новизну работы.

Работа выполнена на достойном научном и экспериментальном уровне. Обращает внимание гармоничное сочетание фундаментального подхода к вариантам решения обозначенной цели исследований с высоким уровнем использования и трактовки данных инструментальных методов анализа свойств катализаторов (ИКС, РФА, ПЭМВР, ДТА, РФЭС, ТПД и др.), а также с практической адаптацией полученных результатов. Практическая зна-



чимость диссертационной работы состоит в том, что полученные в ней новые данные по условиям приготовления бифункциональных цеолитсодержащих катализаторов, их каталитической активности в процессе конверсии алканов  $C_2-C_4$  в ароматические углеводороды представляют технологическую основу для разработки и создания катализаторов получения из попутных нефтяных газов востребованных жидких (ароматических) углеводородов, что вносит вклад в решении актуальной проблемы их рационального использования.

Материал диссертации достаточно полно опубликован, в том числе в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК, и прошел успешную апробацию на конференциях различного уровня.

Автореферат хорошо оформлен, сделанные выводы соответствуют экспериментальному материалу и поставленной цели работы. Степень обоснованности научных положений и выводов, приведенных в автореферате диссертации, отражена четко и ясно. Вместе с тем, по работе и содержанию автореферата возникли следующие вопросы и замечания.

1. В тексте автореферата не указано, при какой температуре получены результаты, приведенные на рисунке 8 и в таблице 6 (стр. 18) для Zn-содержащих катализаторов, синтезированных с различной структурообразующей добавкой?

2. Из текста автореферата неясно, чем обоснован выбор промышленных катализаторов сравнения?

3. В автореферате часто употребляется термин «общая активность катализатора» (например, стр. 10, 17, 20, 25, 32, 37). Что он означает?

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертационная работа выполнена на высоком уровне, содержит большое количество оригинальных экспериментальных данных. По объему представленного в автореферате экспериментального материала, характеру решаемых проблем и важности полученных результатов для соответствующей области исследований диссертационная работа удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842), предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Восмеригова Людмила Николаевна, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.12. Нефтехимия.

Дата составления отзыва: « 11 » октября 2023 г.



Алексей Николаевич Пестряков

Профессор, д.х.н., специальность 02.00.04 – «Физическая химия», профессор Исследовательской школы химических и биомедицинских технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 30

e-mail: [pestryakov@tpu.ru](mailto:pestryakov@tpu.ru), [rector@tpu.ru](mailto:rector@tpu.ru),  
тел: +7 (3822) 606-117

Подпись Пестрякова Алексея Николаевича заверяю,

Ученый секретарь Ученого Совета ФГАОУ ВО Национальный исследовательский Томский политехнический университет, к.т.н.

Е.А.Кулинич

