

## ОТЗЫВ

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

Диссертационная работа посвящена актуальной как в практическом, так и в теоретическом плане теме – установлению закономерностей превращения низших алканов в ароматические углеводороды на различных металлосодержащих цеолитных катализаторах. Рассмотренная тематика представляет интерес для специалистов в области катализа и каталитических систем на основе цеолитов типа MFI, для специалистов, занимающихся переработкой легкого углеводородного сырья в ароматические углеводороды, важна для теоретического прогнозирования каталитических свойств и создания новых высокоэффективных бифункциональных цеолитных катализаторов.

Содержание и количество поставленных задач исследования свидетельствует о достаточной проработке диссертантом литературы по теме исследований, отражает состояние имеющихся проблем проведения процесса ароматизации с использованием цеолитных систем и подтверждается списком литературы, состоящим из 496 источников. В ходе выполнения большого объема экспериментальной работы были решены все поставленные для выполнения цели исследования задачи.

К числу наиболее важных и значимых результатов, которые определяют научную новизну данной диссертационной работы, следует отнести следующие:

– разработаны эффективные бифункциональные катализаторы и определены оптимальные условия проведения процесса ароматизации газообразных углеводородов и их смесей различного состава. Впервые установлено, что наибольшей каталитической активностью и селективностью в процессе превращения природного газа в ароматические углеводороды обладает Zn-содержащий цеолит, а в процессе ароматизации низших алканов  $C_3-C_4$  – Ga-алюмосиликат;

– с применением комплекса современных физико-химических методов исследования получены новые данные о влиянии природы, концентрации и способа введения модифицирующих добавок на физико-химические и каталитические свойства цеолитных катализаторов в процессе ароматизации алканов  $C_2-C_4$ . Установлено, что наиболее эффективными катализаторами этого процесса являются цеолиты, модифицированные галлием, платиной, цинком и цирконием;

– впервые получены новые сведения о природе активных центров элементоалюмосиликатов (ЭАС), содержащих катионы цинка, галлия, циркония и индия, о механизме формирования таких центров и их роли в активации пропана;

– впервые изучены кинетические закономерности процесса превращения пропана в ароматические углеводороды на Ga-содержащем цеолитном катализаторе и предложена кинетическая модель ароматизации пропана;

– впервые установлены закономерности изменения активности и селективности Zn-содержащего цеолитного катализатора в результате дезактивации его активных центров в процессе ароматизации этана коксовыми отложениями различной структуры. Также установлены отличительные особенности формирования углеродных отложений на поверхности Ga-содержащих цеолитов в процессе ароматизации пропана в зависимости от способа получения катализатора;

– впервые установлено существенное влияние природы структурообразующей добавки, используемой для получения Zn-содержащего цеолита, на распределение цинка в алюмосиликатном кристаллическом каркасе и кислотные свойства каталитической системы. Показано, что наибольшая активность и стабильность Zn-содержащего цеолитного катализатора достигается в случае использования при синтезе цеолита в качестве темплата гексаметилендиамина;

Приведенные соискателем в автореферате результаты сравнительных исследований в процессе превращения пропан-бутановой фракции с близкими по составу промышленными цеолитными катализаторами: отечественным - ИК-17М (ПАО «НЗХК», г. Новосибирск) и зарубежным - Zn-ZSM-5 (Китай), показали, что разработанные катализаторы по каталитической активности и селективности не уступают отечественным и зарубежным промышленным аналогам.

Достоверность полученных результатов, основных выводов и научных положений диссертации не вызывает сомнения. Она подтверждается проведенной теоретической проработкой рассматриваемых вопросов, использованием комплекса современных взаимодополняющих методов исследования и применением современного сертифицированного оборудования, воспроизводимостью и согласованностью полученных экспериментальных данных.

В автореферате представлен список публикаций автора по теме диссертации, состоящий из 80 научных работ, в том числе 27 статей в изданиях, входящих в перечень ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Результаты исследования неоднократно представлялись на международных и российских конференциях. Имеются 2 патента РФ.

Замечания и пожелания к автореферату диссертации:

1) в тексте автореферата на стр.16 при указании размеров каналов пор для цеолитов типа ZSM-5, ZSM-8, ZSM-11 и ZSM-12 в одних случаях приводятся значения

величин в нм, в других – в ангстремах (Å). В соответствии с требованиями ГОСТ 8.417-2002 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Единицы величин» применение внесистемных единиц, таких как Å не рекомендуется.

2) Непонятно, почему при изучении дисперсности и распределения частиц по размерам для галлоалюмосиликатов, модифицированных Pt и Pd (стр.22, рис.12), между собой сравниваются образцы с разным содержанием платины и палладия (0,2 % Pt/Ga-АС и 0,5 % Pd/Ga-АС).

Указанные замечания незначительны, не затрагивают основных выводов работы и положений, выносимых на защиту, не снижают общей положительной оценки автореферата диссертации. Считаем, что диссертационная работа полностью соответствует требованиям, установленным п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г., а её автор, Восмеринова Людмила Николаевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.12 – Нефтехимия.

**Курзина Ирина Александровна,**

доктор физико – математических наук (1.3.8 – Физика конденсированного состояния), доцент, заведующий кафедрой природных соединений, фармацевтической и медицинской химии Химического факультета Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

634055, Россия, Томск, пр. Ленина, 36

e – mail: kurzina99@mail.ru

тел.: 8-913-882-1028

Я, Курзина Ирина Александровна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«04» октября 2023 г. \_\_\_\_\_ И.А. Курзина

(подпись)

**Мещеряков Евгений Павлович,**

кандидат химических наук (02.00.04 – Физическая химия),

Старший научный сотрудник отдела новых материалов для электротехнической и химической промышленности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»,

634055, Россия, Томск, пр. Ленина, 36

e – mail: meevgeni@mail.ru

тел.: 8-913-119-4544

Я, Мещеряков Евгений Павлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«04» октября 2023 г. \_\_\_\_\_ Е.П. Мещеряков  
(подпись)

Подписи Курзиной И.А. и Мещерякова Е.П. удостоверяю.

Ученый секретарь Ученого совета ТГУ \_\_\_\_\_ Сазонтова Н.А.  
(подпись)

