

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бровко Романа Викторовича
«Физико-химические характеристики трансформации спиртов в углеводороды на поверхности цеолита H-ZSM-5»,
представленный на соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности 1.4.4 – Физическая химия

Работа Бровко Романа Викторовича посвящена важной и актуальной проблеме использования возобновляемого сырья, в частности, спиртов, эфиров, альдегидов и кетонов в качестве исходных соединений для получения углеводородов.

Тема исследования автором выбрана не случайно. Подобные процессы получили широкое распространение за рубежом, в частности в Китае. Наиболее перспективными технологическими решениями трансформация спиртов с получением непредельных и ароматических углеводородов, представляются методы, основанные на использовании цеолитов. В этом случае в качестве исходного сырья можно использовать каменный уголь, бурый уголь, сланцы, торф и через стадии газификации и получения метанола получать предельные, непредельные и ароматические углеводороды. Однако, несмотря на успехи в данной области, вопросы, касающиеся раскрытия причин увеличения выхода и селективности процесса по целевым продуктам, требуют дальнейшего изучения, поэтому исследования термодинамических, молекулярно-кинетических и адсорбционных особенностей процесса остаются актуальным как с теоретической, так и практической точек зрения.

Цель работы автор формулирует как **«Исследование физико-химических характеристик каталитической трансформации различных спиртов с целью получения углеводородов на поверхности цеолита H-ZSM-5»**. Для достижения поставленной цели очерчен круг основных задач работы, которые успешно решены.

Объективность полученной автором информации, а также достоверность сделанных обобщений и выводов обеспечена использованием широко спектра современных методов исследования таких как: низкотемпературная адсорбция азота и хемосорбция аммиака, анализ состава продуктов проводили с использованием газохроматографических и масс-спектрометрических методов, активность образцов катализатора H-ZSM-5 для реакции конвертации спиртов проводилась на специально разработанной установке, позволяющей варьировать условия проведения реакции, равновесные концентрации реагирующих веществ в ходе изучаемой реакции рассчитывали с использованием метода Левенберга-Марквардта и программного обеспечения MatLab и COMSOL.

Особо следует подчеркнуть, что о полноте и глубине проработки поставленных задач свидетельствует внушительный объем иллюстрационного материала – 93 рисунка, фактологические данные приведены в 30 таблицах. общий объем работы изложен на 161 с., список литературы представлены 150 ссылками.

Работа прошла серьезную апробацию – Роман Викторовичем Бровко с соавторами опубликовано 16 статей, в том числе 9 публикаций в изданиях, входящих в список ВАК и приравненных к ним, 3 тезиса докладов и 4

работы в прочих изданиях.

Рассматриваемая работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-38-90050) и Совета по грантам Президента Российской Федерации (договор № МД-903.2021.4), что, несомненно, подчеркивает ее своевременность, актуальность, теоретическую и практическую значимость

Выполненный объем эксперимента и сделанные обобщения позволяют говорить о надежном обосновании способа получения цеолита H-ZSM-5 для эффективного осуществления процессов трансформации спиртов в легкие углеводороды ароматического ряда. К положительной оценке работы следует отнести широкий диапазон варьируемых параметров при изучении кинетики изучаемых реакций трансформации спиртов, перечень и численные значения которых в полной мере приведены в выводах к работе.

Проведенные термодинамические расчеты равновесных составов углеродной фракции позволяют выделить оптимальный диапазон температур, обеспечивающий достижение максимального количества легкой фракции ароматических углеводородов (бензол, толуол, ксилолы, диэтилбензол, замещенные (этил-, пропил-, бутил-) бензолы).

В области объемной плотности заполнения каналов цеолита установлены две области с объемной плотностью заполнения каналов цеолита до 5% и до 15%.

Установлено, что обработка цеолита щелочью NaOH приводит к уменьшению площади поверхности микропор с 300 до 200 м²/г, а также уменьшению их длины со 160 нм до 40 нм, а при увеличении концентрации щелочи до 6 М, соотношение сильных и слабых брэнстедовских активных центров возрастает с 2.100 до 2.125, а последующее увеличение концентрации щелочи до 1 М приводит к уменьшению соотношения до 2.115.

Показано, что скорость трансформации спиртов и селективность образования фракции легких ароматических соединений увеличивается в ряду метанол, этанол, изопропанол и бутанол и достигает для максимальных значений, повышение парциального давления спирта также способствует трансформации спиртов, хотя при этом снижается селективность процесса по отношению к легким углеводородам.

Экспериментально обоснованы оптимальные значения по скорости подачи спиртов, а также числу активных центров и длине пор в цеолите H-ZSM-5 для достижения максимальной селективности по показателю трансформации спиртов.

Сделанные в работе теоретические обобщения не противоречат общепринятым фактам и результатам других авторов, работающих в данной области научных интересов. Выполненное Бровко Р.В. исследование соответствует паспорту заявляемой специальности 1.4.4. – физическая химия в отношении п.2 и п.12.

При чтении текста автореферата возникает вопрос и некоторые замечания.

Вопросы:

1. Вероятно, сделана ошибка при формулировке вывода 3, стр.17 в части «.....при увеличении концентрации щелочи до 6 М, соотношение сильных и слабых брэнстедовских активных центров возрастает с 2.100 до 2.125, а последующее увеличение (должно быть уменьшение?) концентрации щелочи до 1 М».
2. В заключении работы отсутствует информация о перспективах развития выбранной тематики исследований. Какие вопросы, по

мнению автора, в первую очередь требуют дальнейшего разрешения, т.е. представляются мало изученными и поэтому наиболее спорными?

Замечания:

В целом текст автореферата написан логичным, грамотным языком, хотя встречаются ошибки и неудачные выражения.

1. Стр.10, 2-я строка сверху: «Была проведена обработка цеолита H-ZSM-5 (НКС) раствором гидроксида натрия в соответствии с *методической частью диссертации*». Вероятно, следовало бы написать «....с методикой, изложенной в тексте диссертации, стр....».
2. Стр. 17, вывод 3 - «В области объемной плотности заполнения каналов 5 – 15 % наблюдается снижение доли *этих* столкновений типа “молекула-стенка” и». Слово «этих» лишнее.
3. При написании названий спиртов следует придерживаться терминологии УРАС – «изопропанол» следовало бы записывать как 2-пропанол или пропанол-2, стр.17, вывод 4.
4. Отсутствует полная расшифровка аббревиатуры «БТКЭПБ».

При ознакомлении с текстом автореферата можно заключить, что по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, совокупности публикаций диссертация «Физико-химические характеристики трансформации спиртов в углеводороды на поверхности цеолита H-ZSM-5» отвечает критериям пп.9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции), а ее автор Бровко Роман Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – Физическая химия.

Лефедова Ольга Валентиновна, доктор химических наук по специальностям: 02.00.03 – органическая химия и 02.00.04 – физическая химия профессор, профессор кафедры физической и коллоидной химии Ивановского государственного химико-технологического университета
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет» (ФГБОУ ВО ИГХТУ)
153000 г. Иваново, пр. Шереметевский, д.7
Тел.+7(4932) 30-73-46
Эл. почта: physchem.606@yandex.ru

30.05.2025 г. _____

_____ Лефедова Ольга Валентиновна

Подпись руки д.х.н, проф. Лефедовой Ольги Валентиновны удостоверяю
Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.302.01 Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет» (ФГБОУ ВО ИГХТУ)

Квиткова Елена. Юрьевна