

## ОТЗЫВ

**на автореферат диссертационной работы Кононенко Елизаветы Сергеевны  
«Развитие методов ядерного магнитного резонанса для исследований гетерогенных  
каталитических процессов гидрирования с использованием параводорода»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических  
наук по специальности 1.3.17 – «химическая физика, горение и взрыв, физика  
экстремальных состояний вещества»**

В диссертационной работе Кононенко Е. С. рассматриваются возможности ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) для исследования газофазных реакций гидрирования непосредственно в работающем каталитическом реакторе. Для изучения каталитических процессов существенный интерес представляет получение информации о составе реакционной смеси непосредственно внутри работающего реактора и о его изменении по длине каталитического слоя. Такие данные позволяют проследить распределение реагентов и продуктов, определить локальную конверсию и сопоставить протекание химической реакции с температурными неоднородностями. В связи с этим развитие экспериментальных подходов, позволяющих получать пространственно-разрешенную информацию непосредственно в ходе каталитической реакции, является актуальной задачей.

Существенная часть работы связана с преодолением ограничений, возникающих при исследовании традиционных гранулированных катализаторов методами магнитного резонанса. Наличие твердого катализатора в чувствительной области спектрометра приводит к нарушению однородности магнитного поля и существенному ухудшению спектрального разрешения. Для решения этой проблемы в работе использованы как методические, так и конструкционные подходы. Применение импульсной последовательности COSY с регистрацией двухквантовых когерентностей позволило получать спектры гиперполяризованных продуктов с высоким разрешением даже в присутствии гранулированного катализатора. Альтернативным подходом стало изменение геометрии каталитического слоя таким образом, чтобы минимизировать нарушение однородности магнитного поля по сравнению с традиционной гранулированной засыпкой.

Наиболее интересными с точки зрения катализа представляются результаты, полученные для проточного реактора с катализатором  $\text{Rh}/\text{Al}_2\text{O}_3$  на основе полых сфер. Для реакции гидрирования пропена пространственно-разрешенная спектроскопия ЯМР позволила определить изменение состава реакционной смеси и построить профиль конверсии по длине каталитического слоя. Было показано, что основное превращение реагента происходит в начальной части реактора. При этом область наиболее интенсивного протекания реакции совпадала с областью повышения температуры, зарегистрированной методом ИК-термографии. Такое сочетание пространственно-разрешенных данных о химическом составе и температуре представляет особый интерес для анализа взаимосвязи между каталитической реакцией и тепловыми процессами в неподвижном слое.

Отдельного внимания заслуживает использование параводорода не только для повышения чувствительности ЯМР, но и как источника дополнительной информации о протекании реакции. Сопоставление пространственных профилей, полученных с использованием параводорода и нормального водорода, выявило различия в распределении сигналов продукта вдоль каталитического слоя, которые могут быть связаны с процессами образования продукта и релаксации гиперполяризации.

Представленные в работе результаты обладают научной новизной и практической значимостью. Материал автореферата изложен последовательно и свидетельствует о высоком уровне проведенного исследования. Полученные результаты представляют интерес для дальнейшего развития *operando* подходов к исследованию гетерогенных каталитических процессов.

При ознакомлении с авторефератом возник следующий вопрос:

Насколько разработанные в работе подходы могут быть применены к другим каталитическим реакциям, помимо реакций гидрирования?

Представленный вопрос носит дискуссионный характер и не уменьшает ценности диссертационного исследования. На основании представленных в автореферате материалов можно заключить, что диссертационная работа Кононенко Елизаветы Сергеевны полностью соответствует критериям, установленным пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013. Автор диссертации, Кононенко Елизавета Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества».

Куренкова Анна Юрьевна,  
к.х.н., специальность 1.4.14 – «Кинетика и катализ»,  
научный сотрудник отдела синхротронных исследований функциональных материалов  
Центра коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов»  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный  
исследовательский центр „Институт катализа им. Г. К. Борескова Сибирского отделения  
Российской академии наук“»  
630559, Новосибирская область, р. п. Кольцово, Никольский проспект, д. 1  
E-mail: [kurenkova@catalysis.ru](mailto:kurenkova@catalysis.ru)  
Телефон: 32-69-734

 /Куренкова А. Ю./

02.09.2026<sub>2</sub>

Согласна на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись Куренковой А. Ю. заверяю  
Ученый секретарь ЦКП «СКИФ»  
к.ф.-м.н.



/Рубцов И. А./