

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Либерман Елены Юрьевны «Синтез, структура и каталитические свойства нанодисперсных церийсодержащих композиций», представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности: 05.17.01 Технология неорганических веществ

Направленный дизайн каталитических систем является одной из ключевых проблем катализа. Установление взаимосвязей между структурой и каталитическими свойствами материалов является важнейшим направлением современных фундаментальных и прикладных исследований в области катализа. Без таких знаний невозможно прогнозирование и создание новых высокоэффективных катализаторов. Высокодисперсные многокомпонентные каталитические системы заслуживают повышенного внимания с точки зрения усиления каталитической способности за счет синергических эффектов действия отдельных компонентов. Кроме того использование таких систем позволяет избежать использования благородных металлов или значительно сократить их расход в катализаторах. Понятно, что размер и структура наноразмерных компонентов сложной каталитической системы и способ их организации в единый активный центр определяют каталитическую способность многокомпонентной системы. Предложенный в диссертации подход к направленному синтезу катализаторов с однородной структурой активных центров имеет значение как для развития фундаментальной науки о катализе, так и для решения проблемы повышения эффективности гетерогенных катализаторов для процессов обезвреживания промышленных и автомобильных выбросов от CO, CH<sub>4</sub>, CO+NO и дожига сажи. Поэтому **актуальность, новизна, научная и практическая значимость** работы Либерман Е.Ю. не вызывают сомнений.

Установление взаимосвязи «состав – структура - каталитическая активность» для широкого круга церийсодержащих систем разной природы позволило автору разработать физико-химические основы направленного синтеза многокомпонентных композиций, эффективных в практически значимых окислительно-восстановительных процессах. Успешность этого подхода наглядно демонстрируют предложенные автором новые катализаторы, обладающие одновременно повышенной активностью и стабильностью в реакционных условиях при повышенных температурах. Это является весьма сложной задачей и представляется важнейшим достижением работы. Значение этого подхода выходит за рамки данного исследования, а результаты представленной работы существенно расширяют фундаментальные знания о механизме формирования и функционирования гетерогенных церийсодержащих катализаторов. К наиболее важным результатам работы следует отнести найденные автором эффекты, связанные с влиянием на каталитическую активность таких факторов, как морфология частиц оксида церия, природа предшественника активного компонента, условия проведения синтезов и среды термической обработки, увеличение доли слабосвязанного кислорода в оксиде церия при воздействии  $\gamma$ -излучения, а также способы синтеза катализаторов на основе твердых растворов и высокопроницаемых блочных катализаторов с нанесенным каталитически активным покрытием. Учитывая широкую область применения церийсодержащих катализаторов и носителей, можно заключить, что эти результаты могут быть использованы для создания новых каталитических систем широкого круга технологически важных процессов синтеза и переработки органических соединений.



**Достоверность** полученных данных обоснована использованием набора современных физико-химических методов структурных исследований в сочетании с необходимыми каталитическими тестами. Результаты достаточно полно обсуждены, а выводы - корректно сформулированы. Автореферат и публикации полностью отражает суть проведенного исследования. Работа включает весьма логичную последовательность задач, которые успешно решены для достижения поставленной цели. Автор постепенно переходит от анализа простых систем к более сложным, убедительно обосновывая роль всех вводимых компонентов в механизме их каталитических действия. Преимущества новых катализаторов наглядно демонстрирует тот факт, что полная конверсия реагентов в тестовых реакциях достигается при чрезвычайно низких для этих процессов температурах, что позволяет их рекомендовать для дальнейшего использования в системах каталитической газоочистки.

Однако следует отметить некоторые недостатки работы и изложения материала:

1. Прежде всего, было бы весьма полезно каждый раздел реферата с обсуждением результатов по данному типу каталитических систем завершить кратким перечислением их основных достоинств и недостатков и, таким образом, убедительнее обосновать необходимость перехода к более сложным многокомпонентным композициям.
2. Сравнение каталитических характеристик разных систем несколько затрудняют разные условия проведения тестовых испытаний, например, данные табл.3 и рис. 3, табл. 5 и 9 получены при разных составах реакционной смеси. Также характеристики золотосодержащих катализаторов (табл. 5 и 9) трудно сравнить, поскольку содержание золота и метод его нанесения на смешанный оксид  $MnO_x-CeO_2$  в автореферате не указаны.
3. Из материала автореферата не всегда оказывается ясным, чем обусловлено соотношение компонентов в сложных каталитических композициях.
4. В главе 5 изложены результаты анализа физико-химических и каталитических свойств катализаторов на основе Ru, Pt, Pd, с содержанием металла 0,5; 1 и 2 мас.%. Изменение содержания металла должно приводить к разной дисперсности активного компонента и, соответственно, разной силе металл-оксидного взаимодействия, что, вероятно, должно отражаться на электронном состоянии металла. Однако эти вопросы в автореферате не обсуждены. Здесь же отмечен весьма интересный факт появления в составе катализатора высокоокисленных форм Ru и Pt, в отличие от Pd, их роль в катализе также следовало бы обсудить.
5. Автор неоднократно, например, на стр. 18, 19, 24 и 26, отмечает «достаточно высокую активность» разработанных им катализаторов, основываясь на температурах достижения определенной конверсии. Однако на основании данных табл. 4, например, не представляется возможным заключить, с чем связано снижение температуры реакции при увеличении содержания металла: просто с увеличением числа активных центров или с изменением их состава, как отмечено в предыдущем замечании. Выводы о каталитической активности выглядели бы убедительнее при отнесении к содержанию металла в катализаторе (Табл. 5) и в сравнении с результатами, достигаемыми на известных катализаторах. Кроме того, следовало бы отразить возможность многократного использования предлагаемых каталитических систем или пути их регенерации.

Вышесказанные замечания не ставят под сомнение основные научные и практические результаты диссертационной работы. По своей актуальности, научной новизне, объему и

практической значимости представленная диссертация соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», утвержденным приказом ректора № 1523ст от 17.09.2021 г., предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор – Либерман Елена Юрьевна – заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности: 05.17.01 Технология неорганических веществ.

Даю согласие на обработку моих персональных данных, связанных с защитой диссертации и оформлением диссертационного дела Либерман Е.Ю.

Ведущий научный сотрудник кафедры  
химической кинетики химического факультета  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Московский государственный  
университет имени М.В. Ломоносова»,  
доктор химических наук,  
доцент

Адрес: 119991, г. Москва,  
ГСП-1, Ленинские горы, д. 1,  
стр. 3, химический факультет  
Тел.: +7 (495) 939-34-98,  
E-mail: [rtn@kinet.chem.msu.ru](mailto:rtn@kinet.chem.msu.ru)  
[www.chem.msu.ru](http://www.chem.msu.ru)

  
Ростовщикова Татьяна  
Николаевна

12.01.2022

