

Заключение диссертационного совета МГУ.014.3  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Решение диссертационного совета от «17» мая 2024 г. № 175  
о присуждении Иванову Игорю Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени  
кандидата химических наук.

Диссертация «Металл-модифицированные цеолиты в полном и селективном окислении монооксида углерода» по специальности 1.4.14 – Кинетика и катализ принята к защите диссертационным советом 12.04.2024, протокол № 173.

Соискатель Иванов Игорь Андреевич 1995 года рождения в 2022 году окончил очную аспирантуру химического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Соискатель работает в должности младшего научного сотрудника на кафедре химической кинетики Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Диссертация выполнена в лаборатории молекулярно-организованных каталитических систем на кафедре химической кинетики химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова.

Научный руководитель – кандидат химических наук, доцент Шилина Марина Ильинична, ведущий научный сотрудник кафедры химической кинетики химического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова.

Официальные оппоненты:

**Кустов Леонид Модестович**, доктор химических наук, профессор, ФГБУН Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, лаборатория №14 разработки и исследования полифункциональных катализаторов, заведующий лабораторией;

**Ведягин Алексей Анатольевич**, доктор химических наук, доцент, ЗАО «Нижегородские сорбенты», администрация, директор по развитию;

**Смирнов Андрей Валентинович**, кандидат химических наук, доцент, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Химический факультет, кафедра физической химии, ведущий научный сотрудник  
дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 4 работы, из них 4 статьи, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science, Scopus, RSCI и рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.4.14 – Кинетика и катализ (химические науки):

1. Shilina M.I., Udalova O.V., Krotova I.N., **Ivanin I.A.**, Boichenko A.N. Oxidation of carbon monoxide on Co-Ce-modified ZSM-5 zeolites: impact of mixed oxo-species // ChemCatChem. 2020. – Vol. 12– №9 – P. 2556 – 2568. 1.5 п.л. DOI: 10.1002/cctc.201902063 Вклад автора 50%. (JIF WoS 4.5)
2. **Иванин И.А.**, Кротова И.Н., Удалова О.В., Занавескин К.Л., Шилина М.И. Синергизм каталитического действия кобальта и церия в селективном окислении СО на модифицированных цеолитах Co/Ce/ZSM-5 // Кинетика и катализ. 2021. – т. 62, №6. – С. 757 – 772. 1.1 п.л. Вклад автора 60%. (ИФ РИНЦ 0.909)  
**Ivanin I.A.**, Krotova I.N., Udalova O.V., Zanaveskin K.L., Shilina M.I. Synergistic Catalytic Effect of Cobalt and Cerium in the Preferential Oxidation of Carbon Monoxide on Modified Co/Ce/ZSM-5 Zeolites // Kinetics and Catalysis. 2021. – V. 62, №6. – P. 799 – 812. DOI: 10.1134/S0023158421060082 (JIF WoS 1.1)
3. **Иванин И.А.**, Кручинин Т.В., Удалова О.В., Тедеева М.А., Шилина М.И. Синергизм каталитического действия меди и церия в окислении СО на модифицированных цеолитах Cu/Ce/ZSM-5 // Кинетика и катализ. 2023. – т. 64, №5. – С. 631 – 647. 1.5 п.л. Вклад автора 80%. (ИФ РИНЦ 0.909)  
**Ivanin I.A.**, Kruchinin T.V., Udalova O.V., Tedeeva M.A., Shilina M.I. Synergistic Effect of the Catalytic Action of Copper and Cerium in the Oxidation of Carbon Monoxide on Modified Cu/Ce/ZSM-5 Zeolites // Kinetics and Catalysis. 2023. – V. 64, №5. – P. 655 – 670. DOI: 10.1134/S002315842305004X (JIF WoS 1.1)
4. **Ivanin I.A.**, Udalova O.V., Kaplin I.Yu., Shilina M.I. New insights on the Cu–Ce interaction in Cu/Ce catalysts based on ZSM-5 and Beta for the preferential oxidation of carbon monoxide in excess hydrogen // Applied Surface Science. 2024. – Vol. 655 – 159577-1 – 159577-16. DOI: 10.1016/j.apsusc.2024.159577 1.9 п.л. Вклад автора 75%. (JIF WoS 6.7)

На диссертацию и автореферат поступило 7 дополнительных отзывов, все положительные.

Выбор официальных оппонентов обосновывался их компетентностью в области гетерогенного катализа и наличием большого количества публикаций в соответствующей сфере исследования.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований установлена природа каталитических центров на поверхности цеолитов, модифицированных кобальтом и церием или медью и церием, в реакциях полного и селективного (в присутствии водорода) окисления

монооксида углерода. Разработаны активные катализаторы данных процессов, важную роль в которых играют оксокатионы металлов, формирующиеся в каналах цеолита.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. Цеолиты ZSM-5, модифицированные катионами церия и кобальта либо церия и меди, являются активными катализаторами полного и селективного в присутствии водорода окисления CO кислородом при 100 – 200°C. Наиболее высокую активность демонстрируют катализаторы с атомными отношениями металлов, близкими к 3 для Co:Ce и 0.5 для Cu:Ce.
2. Изменения в количественных отношениях введенных металлов друг к другу и к атомам алюминия в каркасе цеолита различным образом влияют на каталитические характеристики кобальтсодержащих и медьсодержащих композитов, что обусловлено разным составом активных центров, формирующихся на поверхности катализаторов.
3. Эффект синергизма металлов в окислении CO на катализаторах, содержащих кобальт и церий, связан с формированием в каналах цеолита смешанных структур оксокатионной природы, содержащих оба металла в степенях окисления +3.
4. Эффект синергизма металлов в окислении CO на катализаторах, содержащих медь и церий, обусловлен участием двух типов активных центров, вклад которых определяется соотношением металлов и содержанием алюминия в каркасе цеолита: ионов  $Cu^+$ , связанных с частицами  $SeO_2$  на поверхности, и смешанных медь-цериевых оксокатионов в каналах цеолита.

На заседании 17 мая 2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Иванову Игорю Андреевичу ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.4.14 – Кинетика и катализ, участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 18, против - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель

диссертационного совета

Горюнков А.А.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Шилина М.И.

17.05.2024