

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Кузюбердиной Елены Олеговны**  
«Получение смешанных оксидов и модифицированных цеолитов и их применение  
для восстановления оксидов азота в газах регенерации катализатора крекинга»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по  
специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических  
веществ

Рецензируемая работа посвящена решению важной прикладной задачи нефтеперерабатывающей промышленности – снижению выбросов токсичных оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ), образующихся в процессе регенерации катализаторов каталитического крекинга. Актуальность работы Е.О. Кузюбердиной подтверждается как ужесточающимися экологическими нормативами, так и необходимостью разработки эффективных и экономичных технологий очистки газовых выбросов. В настоящее время направление исследований по созданию добавок на основе смешанных оксидов и цеолитов является практически востребованным и активно развивается как в России, так и в мире, что отражено в многочисленных патентах и научных публикациях.

Представленный в автореферате материал свидетельствует о высоком экспериментальном уровне выполненного исследования. Автором успешно реализован комплексный подход, сочетающий синтез каталитических систем, их детальную физико-химическую характеристику современными методами физико-химического анализа (ААС, АЭС-ИСП, РФА, ПЭМ, СЭМ, ЭСДО и др.). Кроме того, необходимо отметить, что каталитическое тестирование синтезированных образцов катализаторов проводилось в условиях, моделирующих промышленный процесс регенерации катализатора крекинга. Отдельно хотелось бы отметить практическую ориентированность исследования. Полученные результаты имеют непосредственное практическое значение для нефтеперерабатывающей отрасли, а их внедрение позволит снизить экологическую нагрузку установок каталитического крекинга.

К наиболее значимым результатам работы можно отнести:

1. Установление количественной зависимости между молекулярной массой азотистых соединений сырья и концентрацией  $\text{NO}_x$  в газах регенерации;
2. Разработку добавок на основе  $\text{Cu, Mg, Al}$ -смешанных оксидов и  $\text{Fe/MFI}$ , обеспечивающих снижение выбросов оксидов азота более чем на 50%;

3. Идентификацию активных форм железа  $[\text{FeO}]^+$ ,  $[\text{Fe}_2\text{O}_2]^{2+}$ ,  $[\text{Fe}_2\text{O}]^{2+}$  в структуре цеолита MFI с помощью физико-химических и расчетных методов.

В качестве замечаний и комментариев можно отметить следующие:

1. Из текста работы не совсем понятно изучалось ли изменение концентрации CO в газах регенерации при введении добавок?

2. В тексте автореферата приведены данные о сравнении эффективности полученных систем с известными патентными источниками, однако не в полной мере отражено сравнительное сопоставление эффективности разработанных материалов с известными коммерческими или лабораторными аналогами, упоминаемыми в литературе. Такое сопоставление сильно бы украсило работу.

3. В работе представлены интересные результаты о стабильности добавки 2,5Fe/MFI в течение 5 циклов «крекинг-регенерация». Возникает вопрос исследовались ли возможные изменения физико-химических свойств этой добавки после циклических испытаний?

4. Известно, что в реальных газах регенерации присутствуют оксиды серы (SOx) и пары воды, которые могут отравлять активные центры катализаторов. Из текста работы не совсем ясно изучался ли вопрос стабильности разработанных добавок в присутствии этих компонентов.

Высказанные замечания носят частный характер и не снижают общей чрезвычайно высокой научной и практической значимости работы. Все полученные результаты и выводы, сформулированные на их основе, обладают высокой степенью достоверности и научной новизны. Работа Кузюбердиной Е.О. представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, выполненное на современном экспериментальном уровне. Достоверность полученных результатов обеспечивается применением сертифицированных методик, а также и хорошей воспроизводимостью экспериментальных данных. Научные положения работы апробированы на профильных научных конференциях и с достаточной полнотой отражены в публикациях, включающих 5 статей в рецензируемых журналах ВАК, а также 1 патент.

Диссертационная работа Кузюбердиной Елены Олеговны «Получение смешанных оксидов и модифицированных цеолитов и их применение для восстановления оксидов азота в газах регенерации катализатора крекинга» является законченным научно-квалификационным исследованием, которое по актуальности проблемы, научной новизне, объёму, практической и теоретической значимости полученных результатов полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (пп. 9–14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого

постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), а ее автор несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Машковский Игорь Сергеевич

кандидат химических наук, 02.00.15 – Катализ,

старший научный сотрудник, заместитель заведующего лабораторией катализа нанесенными металлами и их оксидами (№35) Института органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН

контактный телефон: +7. [redacted] 37; E-mail: im@ioc.ac.ru

Я, Машковский Игорь Сергеевич, даю согласие на обработку своих персональных данных.

«15» мая 2026 г.

[redacted] 

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук (ИОХ РАН)

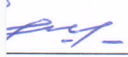
Адрес: 119991, г. Москва, Ленинский проспект 47; Тел. +7(499) 137-29-44

Подпись к.х.н., с.н.с. Машковского И.С. удостоверяю.

Ученый секретарь ИОХ РАН, к.х.н.



[redacted]



Коршевец Ирина Константиновна

Тел.: +7 (499) 137-71-80

E-mail: [ikk@ioc.ac.ru](mailto:ikk@ioc.ac.ru)