

ОТЗЫВ

официального оппонента д.х.н. Лебедевой Ольги Евгеньевны на диссертационную работу Кузюбердиной Елены Олеговны «Получение смешанных оксидов и модифицированных цеолитов и их применение для восстановления оксидов азота в газах регенерации катализатора крекинга», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

Диссертационная работа Е.О. Кузюбердиной посвящена разработке новых добавок к катализаторам крекинга нефтяного сырья, снижающих выбросы оксидов азота при регенерации катализатора. Тема диссертации, безусловно, является **актуальной**, поскольку достижение поставленной цели ведет к существенному снижению выбросов токсичных соединений без снижения эффективности важного промышленного процесса, а выявленные закономерности могут быть транслированы на катализаторы других процессов нефтехимической промышленности.

Автором подготовлен содержательный обзор литературы по теме исследования на основе авторитетных литературных источников. Обзор способствует обоснованию выбора объектов исследования, типа добавок, методов синтеза, природы модификаторов.

Все заключения и выводы автора основаны на экспериментальном материале значительного объема и хорошего качества, полученном разнообразными современными методами. Выполнен крекинг сырья различных типов в присутствии нескольких азотистых соединений. Синтезированы два представительных ряда добавок к катализаторам крекинга, предназначенных для снижения концентрации оксидов азота при регенерации катализаторов. Наряду с оценкой каталитических свойств добавок охарактеризованы их состав, текстурные свойства, морфология, равномерность распределения компонентов, формы нахождения модификаторов. В работе широко используются современные физико-химические методы исследования: электронная микроскопия, элементное картирование, электронная спектроскопия

Получено ИХХТ СО РАН
08 мая 2026г
Вход № 2878-23-08/15

диффузного отражения, термопрограммированное восстановление и др. Все сказанное дает основания для вывода о **достоверности и надежности** результатов работы Е.О. Кузюбердиной и **обоснованности** сделанных ею заключений и выводов.

К наиболее значимым для теории и практики химической технологии топлива и высокоэнергетических веществ можно отнести следующие полученные в работе Е.О. Кузюбердиной результаты:

- установлены закономерности протекания крекинга различных типов нефтяного сырья, содержащего в своем составе азотистые соединения разных классов;

- выполнена разработка эффективной deNO_x добавки к катализаторам крекинга на основе смешанных оксидов магния и алюминия, модифицированных ионами меди, и ее оптимизация по методу синтеза и содержанию модификатора;

- выполнена разработка и оптимизация второй добавки, также предназначенной для снижения выброса оксидов азота, на основе железосодержащего цеолита и ее оптимизация по природе цеолита, его катионному составу, содержанию железа;

- сделаны обоснованные заключения о предпочтительной структуре активных центров восстановления оксидов азота на железосодержащих цеолитах и предложен предполагаемый механизм восстановления NO.

Все указанные результаты **новы**, опираются на собственные экспериментальные данные, анализ, интерпретацию автора диссертационной работы.

Значительный интерес представляют выполненные в работе описания железосодержащих цеолитов MFI, FER и FAU с помощью расчетных комбинаторных методов. Многообразная химия железа и особенности поведения катионов железа в цеолитах привлекают внимание в течение десятилетий. Расчеты и интерпретация Е.О. Кузюбердиной предлагают убедительную и непротиворечивую концепцию формирования активных центров, содержащих в структуре ионы железа.

Практическая значимость работы обусловлена найденным удачным техническим решением - созданием добавки к катализаторам крекинга, эффективно снижающей выбросы оксидов азота в процессе регенерации катализаторов. Разработка защищена патентом Российской Федерации, готова к масштабированию и внедрению и вносит заметный вклад в решение серьезной экологической проблемы загрязнения атмосферы.

По тексту диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

- Автор устанавливает корреляцию между концентрацией NO_x в отходящих при регенерации газах и молекулярной массой азотистых соединений, введенных в сырье при крекинге (рис. 24). Рассматривались ли альтернативные объяснения? Например, возможно ли, что наблюдаемый эффект является следствием большего количества коксовых отложений в случае сырьевых смесей, содержащих азотистые соединения с самой высокой молекулярной массой?

- В экспериментальной части следовало бы указать конкретные соли, послужившие исходными веществами при синтезе добавок на основе смешанных оксидов и на основе оксида алюминия.

- Поскольку элементы, использованные в составе алюмооксидных и смешаннооксидных добавок, образуют оксиды различной стехиометрии, было бы логично готовить добавки с одинаковым атомным процентом элементов-модификаторов, а не массовой долей их оксидов (глава 4).

- При обсуждении смешаннооксидных добавок автор для образца, содержащего церий, рассматривает в качестве возможной формы нахождения оксид церия (III). Это следует из рисунка 34. Можно предположить, что исходным реагентом служила соль церия (III) (в методике не отражено). Однако и в таком случае после прокаливании в составе катализатора останется только Ce(IV) , поскольку именно это окисленное состояние для церия наиболее устойчиво. Соответственно, и данные по теплоте образования на графике должны быть представлены для CeO_2 . Следует отметить, что в то же время для

добавки на основе оксида алюминия условный состав добавки в таблице 9 отражен корректно: $\text{CeO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$.

- Электронная микрофотография на рис. 35 скорее может быть охарактеризована как «морфология частиц», а не «морфология поверхности».

- В экспериментальной части приведены марки использованных в работе цеолитов, но не конкретизированы их катионные формы. Поскольку автор сравнивает эффективность аммонийных и протонных форм, вводимых в состав добавки, представляет интерес и исходный катионный состав, и способ получения H-форм. Если они получены из аммонийных образцов прокаливанием, не оно ли является причиной наблюдаемых различий в текстурных и каталитических свойствах добавок, различающихся катионным составом цеолитов (автором предложено иное объяснение)?

Тем не менее, приведенные выше вопросы и замечания не снижают общей высокой оценки работы Кузюбердиной Е.О.

Диссертационная работа логично построена, грамотно изложена, хорошо оформлена, опечатки редки и немногочисленны.

Результаты работы могут быть рекомендованы к использованию в следующих учреждениях высшего образования и учреждениях науки: Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Белгородский государственный национальный исследовательский университет.

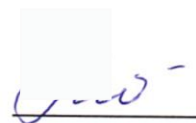
Автореферат и опубликованные работы соответствуют содержанию диссертации и достаточно полно отражают его.

Диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ (химические науки) в части п.3 «Катализаторы и каталитические процессы переработки углеводородного сырья» и п. 13 «Экологические аспекты переработки топлив. Разработка технических и технологических средств и способов защиты

окружающей среды от вредных выбросов производств по переработке топлив, товарных нефтепродуктов и высокоэнергетических веществ», поскольку основными объектами диссертационного исследования являются катализаторы крекинга и добавки к ним, улучшающие их экологические характеристики в ходе регенерации.

Диссертационная работа соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., с учетом изменений и дополнений, в действующей редакции), а ее автор – Кузюбердина Елена Олеговна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Официальный оппонент, доктор химических наук (02.00.15 – «Кинетика и катализ»), профессор, заведующий кафедрой общей химии института фармации, химии и биологии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»
e-mail: olebedeva@bsuedu.ru,
тел: +7 (4722) 30-11-66



Лебедева
Ольга Евгеньевна

«05» 05 2026

308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»). Тел: +7 (4722) 30-12-11, Факс: +7 (4722) 30-10-12, <https://bsuedu.ru/>, <https://БелГУ.рф>, Info@bsuedu.ru.

