

## ОТЗЫВ официального оппонента

на диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук

**Шакирова Искандера Ильгизовича**

на тему: «**Деактивация тяжелых металлов на катализаторах крекинга**»

по специальности 1.4.12. Нефтехимия

Диссертационная работа Шакирова И.И. посвящена, исследованию маслорастворимых борсодержащих пассиваторов тяжелых металлов с целью повышения эффективности каталитического крекинга углеводородного сырья, а также изучение их влияния на свойства микросферических цеолитсодержащих катализаторов.

**Актуальность тематики** обусловлена современными направлениями к увеличению глубины переработки нефти за счет переработки остаточного нефтяного сырья (мазут, гудрон, вакуумный газойль). В настоящее время нефтеперерабатывающая отрасль столкнулась со снижением добычи и экспорта легкой нефти, что приводит к необходимости вовлечения в переработку тяжелых остатков, в которых содержание металлов — в основном ванадия (V) и никеля (Ni) — в десятки раз выше по сравнению с остальными фракциями. Несмотря на привлекательность процесса, сложности возникают вследствие отложения в реакционной системе металлов, содержащихся в тяжелом нефтяном сырье, и их негативного влияния на процесс. Никель катализирует побочные процессы дегидрирования, что ведет к резкому росту выхода кокса и водорода, снижая выход целевого бензина. В присутствии ванадия, образующийся  $V_2O_5$ , вызывает разрушение структуры цеолитного катализатора. В связи с этим, модернизация процесса является актуальной задачей современной нефтеперерабатывающей промышленности. Деметаллизация в процессах крекинга – это критически важный этап предварительной подготовки тяжелого нефтяного сырья. Одним из **актуальных** и **перспективных** подходом к деметаллизации является введение в систему «ловушек» для металлов с целью их перевода в каталитически неактивное состояние.

Новизна работы обусловлена примененным комплексным подходом, включающим синтез маслорастворимого борсодержащего пассиватора. В работе оценены характеристики процесса пассивации при использовании полученных добавок при испытании промышленных катализаторов. Полученные в работе результаты, несомненно, представляют практическую значимость, которая обусловлена проведенными испытаниями на пилотной установке каталитического крекинга с лифт-реактором и циркулирующей катализатора.

Структура диссертационной работы традиционная и состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, обсуждения результатов, заключения, списка сокращений и списка цитируемой литературы. Работа изложена на 140 страницах машинописного текста, содержит 46 рисунков и 20 таблиц. Список литературы включает 180 наименований.

Во Введении обоснована актуальность темы диссертации, изложены цели и поставлены задачи, сформулирована научная новизна, а также практическая значимость результатов исследования. Положения, выносимые автором на защиту, полно и адекватно отражают содержание диссертации. Значительный объем экспериментальных данных, на котором эти положения основаны, а также корректная интерпретация полученных результатов позволяют сделать вывод об их достоверности.

В разделе «Обзор литературы» приведен подробный анализ литературных данных по всем необходимым направлениям, что позволяет сформировать целостную картину современного состояния научных исследований. Материал литературного обзора дает полное представление о проблематике. Хотелось особо отметить, что автор уделил отдельное внимание рассмотрению вопросов оценки активности катализаторов крекинга. Хорошо известно, что сравнение активности гетерогенно-каталитических систем является многопараметрической задачей, к которой требуется внимательное отношение. Раздел литературного обзора завершается обобщением, которое дает полное представление об обоснованности положений, выносимых на защиту.

Глава «Экспериментальная часть» содержит описание методик синтеза, а также методики физико-химических исследований и каталитических испытаний.

Представленный в этом разделе материал дает полное представление о ходе выполнения работы, а достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

Глава «Обсуждение результатов» содержит результаты проведенных автором экспериментальных исследований, а также обсуждение полученных данных.

Из наиболее важных результатов работы можно выделить следующие:

- Предложенный способ пассивации тяжелых металлов борсодержащими соединениями позволяет повысить эффективность КК углеводородного сырья по выходам бензиновой фракции, газов C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>, кокса и водорода: увеличивает выходы бензиновой фракции на 2.6 мас.% и снижает выходы кокса и водорода на 6 и 10 отн.%;
- Пассивация катализатора борсодержащими соединениями стабилизирует эффективность катализатора в многократных циклах крекинг-регенерация;
- Показана возможность частичной реактивации промышленного катализатора крекинга, отравленного никелем, при использовании маслорастворимого борсодержащего пассиватора.

Полученные результаты на установках лабораторного и пилотного типа, несомненно, имеют фундаментальное значение для дальнейших работ по разработке, внедрению и тиражированию процесса пассивации на установках крекинга.

Результаты работы и выводы, перечисленные в главе «Выводы» в достаточной степени обоснованы. Основные результаты прошли обсуждение на российских и международных научных конференциях. По материалам работы опубликовано 4 работы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности и отрасли наук, в том числе 1 патент РФ на изобретение.

Текст автореферата в полной мере отражает содержание работы.

В качестве замечаний можно выделить следующие:

1. В тексте встречаются термины «деактивация» и «пассивация», которые автор часто использует как синонимы. Вероятно, использование одновременно двух

терминов обусловлено необходимостью избегать частые повторы одинаковых слов, однако при чтении работы это создает некоторую запутанность.

2. Происходит ли унос борсодержащего пассиватора в реакционную смесь?
3. Если в ходе реакции снижение негативного действия никеля происходит за счет образования трудно восстанавливаемых форм  $Ni_xAl_2O_{3+x}$  и силиката никеля, возможен ли процесс регенерации катализатора? Или никель будет накапливаться в образце и не сможет быть удален в дальнейшем?
4. На основании сравнения способности к восстановлению при одновременном введении Ni и V (стр.90) установлено, что происходит образование более стабильной и трудно восстанавливаемой связи B – O – V в сравнении со связью V – O – V. Как этот процесс сказывается на связывании никеля в шпинельные формы, если часть бора переводится в другое состояние?

Сделанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общее хорошее впечатление о работе. Работа выполнена на высоком экспериментальном уровне, свидетельствует о понимании автором целей работы и полученных результатов, их применения и характеризует его как квалифицированного специалиста.

Диссертация Шакирова Искандера Ильгизовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой решены задачи повышения эффективности процессов каталитического крекинга углеводородного сырья при использовании маслорастворимых борсодержащих пассиваторов тяжелых металлов, имеющие важное значение для нефтехимии.

Диссертация «Дезактивация тяжелых металлов на катализаторах крекинга» Шакирова Искандера Ильгизовича отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.12. Нефтехимия (по химическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено

согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Шакиров Искандер Ильгизович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.12. Нефтехимия.

Официальный оппонент:

доктор химических наук, доцент,

профессор кафедры физической химии Химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»

Голубина Елена Владимировна

*подпись*

17.02.2026

Контактные данные:

Тел.: golubina@kge.msu.ru; +7(495)939-33-37

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

1.4.14. Кинетика и катализ

Адрес места работы:

119991, г. Москва, Ленинские Горы, д.1, стр. 3; ГСП-1; ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Химический факультет;

Тел.: golubina@kge.msu.ru; +7(495)939-33-37

Личную подпись Голубина Е.В.

ЗАВЕРЯЮ: *подпись, печать*

Зам. Нач. отдела делопроизводства  
химического факультета МГУ

Паланская В. В.