

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Кучкаева Айдара Маратовича  
«ХИМИЧЕСКАЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ  
МАЛОСЛОЙНОГО ЧЕРНОГО ФОСФОРА»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук  
по специальности 1.4.4. Физическая химия

За последнее десятилетие наблюдается значительный интерес к использованию двумерных наноматериалов в электронике, сенсорах, различных химических и биомедицинских приложениях. И наряду с графеном, фосфорен, получаемый из черного фосфора (ЧФ), аналог графеноподобных наноструктур, является уникальным полупроводниковым материалом, который может найти применение в широком спектре приложений. В виду чувствительности данного материала к кислороду и влаги, что, как следствие, накладывает некоторые ограничения на его использование, разработка подходов к функционализации, модификации структуры ЧФ является весьма актуальной задачей.

Диссертационная работа Кучкаева Айдара Маратовича посвящена оптимизации процесса получения малослойного черного фосфора (МЧФ) и разработке подходов к его функционализации дихлоркарбенами, алкильными радикалами и органическими лигандами. В частности, Автор продемонстрировал, что функционализация предварительно расслоенного черного фосфора (ЧФ) дихлоркарбеном протекает только на поверхностных слоях и не затрагивает внутренние слои ЧФ. При одновременном расслоении ЧФ и функционализации (алкилирование), процесс алкилирования МЧФ осуществляется за счет образования восстановленной формы МЧФ, на атомах фосфора которого реализуется частичный отрицательный заряд. Функционализация МЧФ органическими лигандами осуществляется с применением подхода *in situ* генерирования соли диазония, а добавление  $\text{NiBr}_2$  способствует иммобилизации комплекса  $[\text{NiBr}_2\text{phen}]$  на поверхности функционализированного МЧФ.

С применением разработанных подходов были получены материалы на основе функционализированных МЧФ и комплексом физико-химических методов были подробно исследованы их состав и структура. Проведенное диссертантом исследование, несомненно, имеет большое научное и прикладное значение для решения актуальных задач современной химической науки.

К автореферату есть несколько замечаний и вопросов:

- 1) На странице 9 Автореферата указано, что была подобрана оптимальная методика получения ЧФ, при которой выход продукта составляет 84% (Таблица 1, эксп. 8). Не ясно, с точки зрения чего данная методика является оптимальной. Определялись ли выходы продукта в других экспериментах, условия которых перечислены в Таблице 1? Кроме того, на странице 9 также указано: «Элементный состав продукта был определен методом рентгенофлуоресцентного анализа, содержание фосфора в образце составило 99,6%». Можно ли это также считать выходом продукта?
- 2) На странице 16 Автореферата Автор приводит сведения о том, что комплексы никеля (II) с дииминными лигандами были выбраны по причине их высокой каталитической активности в реакции олигомеризации этилена, однако данные о таких каталитических исследованиях в Автореферате не представлены;

3) В Заключении в пунктах 2–4 следовало бы отразить взаимосвязь каждого конкретного подхода к функционализации МЧФ, состава и структуры получаемых материалов, не ограничиваясь только перечислением методов исследований.

Считаю, что высказанные замечания не носят принципиального характера и не затрагивают основных положений диссертационной работы.

Диссертационное исследование выполнено Кучкаевым А.М. на высоком экспериментальном и теоретическом уровне. Автореферат представлен грамотно и излагается хорошим научным языком, что свидетельствует о высокой квалификации диссертанта. Полученные в рамках диссертации результаты являются новыми. Они представлены в 4 работах, опубликованных в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук. Кроме того, результаты были представлены в виде докладов на 4 всероссийских и международных конференциях.

На основании вышеизложенного можно заключить, что диссертационная работа Кучкаева А.М. «Химическая и электрохимическая функционализация малослойного черного фосфора» является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей паспорту специальности 1.4.4. Физическая химия и отвечающей требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Кучкаев Айдар Маратович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Доцент кафедры «Химические технологии»  
ФГБОУ ВО «Южно-Российский  
государственный политехнический  
университет (НПИ) имени М.И. Платова»,  
доктор технических наук

Куриганова Александра Борисовна  
«27» сентября 2023 года

Я, Куриганова Александра Борисовна, выражаю свое согласие на обработку персональных данных.

Подпись Куригановой А.Б. заверяю  
Ученый секретарь Совета вуза

Н.Н. Холодкова

Контактная информация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (ЮРГПУ(НПИ))

346428 Новочеркасск, ул. Просвещения, д.132

тел.: 8(86352)55341

e-mail: kuriganova\_@mail.ru