

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

Чёрный фосфор (ЧФ) и его производные, за счет своих уникальных физических и химических свойств, представляют огромный интерес в развитии современной микроэлектроники. Кроме того, ЧФ и его модифицированные аналоги становятся перспективными материалами для использования в таких важнейших и прорывных областях как электрокатализ, литий-ионные и солнечные батареи, производство транзисторов и лазеров, и биомедицина. При этом нужно отметить, что развитие и исследование ЧФ является достаточно молодым направлением. В связи с этим разработка новых, одновременно простых и достаточно надежных методов как получения ЧФ, так и синтеза его модифицированных производных с перспективой практического применения в различных областях является одной из приоритетных задач для ученых. В свою очередь, последующая оценка физических и химических свойств полученных новых соединений на основе ЧФ конечно же вызывает огромный интерес у физиков, химиков и технологов. Поэтому, диссертационная работа Кучкаева А. М., посвященная разработке нового метода получения ЧФ, выделения малослойного ЧФ (МЧФ) и последующей его функционализации, безусловно, является **актуальной и полезной**.

В ходе работы была оптимизирована методика получения ЧФ, исследованы реакции функционализации МЧФ дихлоркарбеном, метил йодидом и 1,10-фенантролином. На основе последнего был получен иммобилизованный каталитически активный комплекс никеля. Все полученные соединения полностью охарактеризованы комплексом физико-химических методов анализа. Показано, что функционализация МЧФ дихлоркарбеном приводит к повышению каталитической активности материала в реакции электрохимического выделения водорода.

Таким образом, представленные в автореферате результаты подчеркивают **научную новизну и практическую значимость** диссертационной работы.

После прочтения автореферата имеется *ряд небольших вопросов*:

1. С чем связана столь низкая функционализация МЧФ дихлоркарбеном (всего 2%, стр. 11)? Есть ли у Вас предположения, как можно повысить процент его функционализации?
2. На рисунке 13 стоило привести выходы продуктов.

3. Возможно, стоит сначала получить чистое диазопроизводное 1,10-фенантролина, а потом уже с его помощью функционализировать поверхность МЧФ. Данный подход может помочь повысить процент функционализации.

Отмечу, что сделанные замечания никоим образом не снижают качество выполненной работы, основные результаты которой опубликованы в 4 статьях в отечественных и международных научных журналах, рекомендованных ВАК.

Диссертационная работа Кучкаева А. М. «Химическая и электрохимическая функционализация малослойного черного фосфора» соответствует паспорту специальности 1.4.4. Физическая химия. Считаю, что диссертационная работа представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком экспериментальном уровне, а представленные в автореферате материалы позволяют сделать вывод о том, что по своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости полученных результатов соответствует требованиям, изложенным в п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г (в редакции от 20.03.2021 г.), а ее автор **Кучкаев Айдар Маратович** несомненно заслуживает присвоения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

кандидат химических наук
(специальность 02.00.03 – Органическая химия)

Ларионов Владимир Анатольевич

старший научный сотрудник

лаборатории асимметрического катализа Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова Российской академии наук (ИНЭОС РАН)

e-mail: larionov@ineos.ac.ru

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова Российской академии наук (ИНЭОС РАН), 119334, г. Москва, ул. Вавилова, д. 28, стр. 1, тел.: 8 (499) 135-92-02.

11 октября 2023 г.