

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Бакиева Артура Наилевича «Синтез новых сопряженных *push-pull* хромофоров D-π-A типа: фотохимические и электрохимические свойства», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.03 – «Органическая химия».

Push-pull хромофоры могут выступать в качестве основы для материалов органической электроники: при создании солнечных батарей, органических светодиодов и т.д. Исследования, относящиеся к разработке способов получения новых *push-pull* хромофоров D-π-A типа, являются важной задачей органического синтеза. В связи с этим, диссертационная работа Бакиева Артура Наилевича, направленная на получение новых *push-pull* хромофоров D-π-A типа, содержащих карбазольные, 3,4-этилендиокситиофеновые, тиено[2,3-*b*]индольные 2,5-дитиенилпиррольные и *N,N*-диметиламинофенильные фрагменты, является актуальной.

Диссертационная работа Бакиева А.Н. является классической по построению и изложению материала. Она включает в себя введение, литературный обзор на тему «Синтез и исследования *push-pull* хромофоров, содержащих различные электроноакцепторные фрагменты, и их применение для создания материалов в устройствах органической электроники», обсуждение результатов, экспериментальную часть, заключение, выводы и список цитируемой литературы. Текст диссертационной работы изложен на 180 страницах машинописного текста. Список цитируемой литературы содержит ссылки на 236 работ.

Во введении обоснована актуальность работы, цель и поставленные задачи диссертационной работы, научная новизна и практическая значимость, личный вклад автора, а также апробация результатов работы.

Литературный обзор (глава 1), посвящен обобщению сведений о возможностях синтеза *push-pull* хромофоров и их применении в качестве материалов в органической электронике. Рассмотрены синтез и использование *push-pull* хромофоров, содержащих в качестве электроноакцепторного фрагмента цианоуксусную, роданинуксусную, барбитуровую и тиобарбитуровую кислоты. Литературный обзор является достаточно полным и создает предпосылки к дальнейшим задачам по синтезу новых *push-pull* хромофоров диссертационной работы, написан логично, аккуратно, легко и с интересом читается. Список цитируемой литературы содержит 137 источников и содержит ссылки как на отечественные, так и зарубежные рецензируемые журналы, касающиеся тематики диссертационной работы, в том числе опубликованные за последние пять лет. Представленный обзор литературы изложен на 55 страницах машинописного текста и занимает около трети диссертационной работы.

Вторая глава посвящена обсуждению полученных результатов и является логическим продолжением литературного обзора. Она полностью отражает весь ход проделанной работы и выводы по диссертационной работе. В результате проведенного исследования Артуром Наилевичем разработаны подходы к синтезу новых карбазол-содержащих хромофоров D- π -A типа содержащих карбазольные, 3,4-этилендиокситиофеновые, тиено[2,3-*b*]индольные 2,5-дитиенилпиррольные и *N,N*-диметиламинофенильные фрагменты на основе реакций кросс-сочетания. Диссертантом показано, что полученные тиено[2,3-*b*]индолы, сопряженные с различными электроноакцепторными группами, могут быть потенциально пригодными в качестве материалов для солнечных батарей. Установлено, что хромофоры, содержащие *N,N*-диметиламино-группу в качестве донора и азо-группу как π -спейсер благодаря своим фотофизическим свойствам, могут быть использованы в материалах, применяемых в устройствах нелинейной оптики.

В экспериментальной части (глава 3) отражены современные физико-химические методы, использованные для достижения поставленной цели исследования. Физико-химические и спектральные характеристики синтезированных соединений представлены аккуратно, грамотно и в удобной для восприятия форме. Постановка эксперимента и интерпретация полученных результатов, свидетельствуют о высокой научной квалификации диссертанта.

В целом, диссертационная работа соответствует поставленным целям и является завершенным научным исследованием, оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, сформулированные в диссертационной работе Бакиева А.Н., обоснованы и согласуются с современными представлениями в области органической химии. Диссертационная работа включает научный материал, охватывающий период с 1971 по 2019 год, включая собственные результаты автора диссертации. Выводы полностью отражают суть работы.

В результате проведенного исследования Артуром Наилевичем разработаны подходы к синтезу новых карбазол-содержащих хромофоров D- π -A типа содержащих карбазольные, 3,4-этилендиокситиофеновые, тиено[2,3-*b*]индольные 2,5-дитиенилпиррольные и *N,N*-диметиламинофенильные фрагменты на основе реакций Хека, Сузуки, Соногаширы и т.д. Показано, что новые полученные соединения могут быть потенциально пригодными в качестве материалов, применяемых в устройствах нелинейной оптики.

Теоретическая значимость диссертационной работы автора

Оценивая научную значимость диссертационного исследования, необходимо отметить наиболее ключевые моменты:

- Впервые получены хромофоры D-π-A типа конденсацией продуктов взаимодействия 4-(9H-карбазол-9-ил)фенилборной кислоты с тиофен- и 3,4-этилендиокситиофен-содержащими карбальдегидами в условиях реакции Сузуки с малонитрилом;

- Впервые с помощью реакции Хека и Соногаширы синтезирована серия *push-pull* хромофоров D-π-A типа, содержащих электронодонорные EDOT и карбазольные фрагменты, соединенные между собой через этиленовый и ацетиленовый π-спейсеры;

- Впервые синтезирован ряд *push-pull* хромофоров D-π-A типа, содержащих тиено[2,3-*b*]индольный фрагмент;

- Впервые синтезирована серия азо-хромофоров, содержащих в качестве донора электронов *N,N*-диметиланлин;

- Впервые получены новые 2,5-дителилпирролы, включающие либо карбазольные, либо 2,3,5,6-тетрафторфенильный фрагмент.

Практическая значимость диссертационной работы автора

Синтезированные в диссертационной работе новые *push-pull* хромофоры D-π-A-типа, могут быть использованы в материалах, применяемых в устройствах нелинейной оптики.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертационной работы

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают основные положения и выводы диссертационной работы. По материалам диссертации опубликовано 7 статей из перечня ВАК и 10 тезисов докладов на конференциях различного уровня.

Соответствие диссертационной работы заявляемой специальности

Диссертационная работа соответствует заявленной специальности, а именно пункту 1 «Выделение и очистка новых соединений» паспорта специальности «02.00.03 – Органическая химия».

Замечания и пожелания по диссертационной работе и ее автореферату

Принципиальных замечаний по содержанию и оформлению диссертационной работы нет, а имеющиеся, носят частный и рекомендательный характер и никак не снижают ценности выполненного исследования.

1. Имеется ряд неудачных выражений и опечаток:
 - на стр. 4 диссертации (во введении) «...значительное внимание...», «...несложного введения...»; «...богатые электронами гетероциклы»
 - на стр. 9 диссертации (в разделе «Основное содержание работы») «...23 таблицы....»;
 - на стр. 12 диссертации (рисунок 1.2) нумерация соединений отличается от остальной нумерации.
2. На стр. 6 диссертации (в разделе «Практическая значимость») имеется фраза «...высокий выход дает возможность исследовать оптические и электрохимические свойства...». В связи с этим возникает вопрос, а если бы выход целевых соединений был не высоким, то указанные выше свойства не могли бы быть исследованы?
3. На стр. 8 диссертации (в разделе «Степень достоверности результатов») имеется фраза «...Строение и чистота полученных соединений подтверждена ^1H и ^{13}C ЯМР спектроскопией, ИК-спектроскопией...». Известно, что указанные методы позволяют установить лишь структуру синтезированных соединений, а не их чистоту.
4. Имеется ли необходимость подробного описания в обсуждении результатов механизмов реакций кросс-сочетания?

5. Почему условия проведения реакций, способа очистки продуктов реакций приводятся в обсуждении результатов и экспериментальной части?

Достоверность полученных результатов, подтвержденных данными современных физико-химических методов исследования (ЯМР ^1H и ^{13}C -спектроскопия, ИК-спектроскопия, масс-спектрометрия и т.д.) не вызывают сомнений.

Заключение

По научной новизне, практической значимости и объему полученных данных, диссертационная работа Бакиева А.Н. отвечает требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач по синтезу новых сопряженных *push-pull* хромофоров D-π-A типа и изучению их фотохимических и электрохимических свойств, а соискатель Бакиев Артур Наилевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.03 – Органическая химия.

Официальный оппонент



Тухватшин Вадим
Салаватович

Кандидат химических наук (02.00.03 – Органическая химия), доцент кафедры органической и биоорганической химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет»

vadimtukhvatshin@yandex.ru

+7(347) 229-97-29

Наименование
организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный университет» (ФГБОУ ВО «БашГУ»)

Почтовый адрес: 450076, Уфа, ул. Заки Валиди, д. 32

Телефон: +7(347) 229-97-29

Адрес электронной почты: rector@bsunet.ru

Сайт: <https://bashedu.ru>

21 сентября 2020 года

Подпись к.х.н., доцента Тухватшина В.С.
заверяю Ученый Секретарь БашГУ



Баимова С.Р.

2222