

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бакиева Артура Наилевича  
«СИНТЕЗ НОВЫХ СОПРЯЖЕННЫХ *push-pull* ХРОМОФОРОВ D-π-A ТИПА:  
ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА»

представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук  
по специальности 02.00.03 – органическая химия

Органическая электроника одно из быстро развивающихся направлений органической химии. Получение и многочисленные исследования электрических свойств различных органических материалов имеет важное значение для органической электроники и расширение круга таких веществ является перспективным и актуальным.

Профессором Абашевым Г. Г. создана одна из ведущих школ по синтезу новых материалов для органической электроники. Диссертационная работа Бакиева А. Н., выполненная в этой школе, посвящена получению новых сопряженных *push-pull* хромофоров D-π-A типа и изучению фотофизических и электрохимических свойств. Выбор диссертантом темы убедительно аргументирован во введении, **актуальность и новизна не вызывает сомнений**, а объекты исследований представляют **практический интерес**.

**Цель работы** Бакиева А. Н. заключалась в синтезе D-π-A хромофоров, содержащих в своем составе электронодонорные и электроноакцепторные фрагменты различной природы как составляющие единой π-сопряженной системы, а также в исследовании оптических и электрохимических свойств полученных соединений и тонких пленок на их основе для достижения требуемых физико-химических характеристик, определяющих возможность и область применения синтезируемых сопряженных соединений в устройствах органической электроники.

Судя по приведенным в автореферате результатам, **цель успешно достигнута**.

Бакиев А. Н. логично построил цепочку исследований и получил *ценные результаты*:

1. На основе разработанных препаративных методов получен широкий круг новых хромофоров D-π-A типа, содержащих карбазольные и тиено[2,3-*b*]индольные фрагменты, сопряженные с электроноакцепторными фрагментами (малонитрильного, индандионового, 3-оксо-2,3-дигидро-1*H*-инден-1-илиден, малонитрильного, проп-2-енонового) через π-спейсеры различного типа. Эти соединения синтезированы с хорошими выходами из доступных реагентов с использованием классических методик. Для синтезированных соединений

исследованы оптические и электрохимические свойства, позволившие рассчитать энергетические характеристики молекул (ВЗМО и НСМО, коэффициент молярного поглощения).

2. Установлено, что соединения, имеющие дициановиниленовый фрагмент, имеют глубокий уровень энергии ВЗМО (-5.3 – -5.5 эВ), что соответствует низкому порогу окисления (около -5.2 эВ) и стабильности молекул на воздухе. Эти данные говорят о способности повышения потенциала разомкнутой цепи ( $V_{oc}$ ) солнечной батареи.

3. Показано, что характеристики (узкая ширина запрещенной зоны (2.03-1.69 эВ), эффективное поглощение в видимой области спектра, высокие значения коэффициентов молярного поглощения и глубокий уровень ВЗМО), зарегистрированные для синтезированных А.Н. Бакиевым *push-pull* хромофоров D-π-A-типа, содержащих тиено[2,3-*b*]индольный электронодонорный блок, свидетельствуют о перспективности их применения в качестве активных материалов в солнечных батареях с объемным гетеропереходом.

4. Учитывая оптические и электрохимические данные, полученные для хромофоров D-π-A типа, содержащих электронодонорный *N,N*-диметиламинофенильный фрагмент, сопряженный с различными акцепторами через диазо-группу, Бакиевым А.Н. сделан вывод о возможном их использовании в устройствах нелинейной оптики.

5. Выявлено, что 2,5-дитиенилпирролы, включающие карбазольные или 2,3,5,6-тетрафторфенильные фрагменты, и *push-pull* D-π-A хромофор с 2,3,5,6-тетрафторфенильным заместителем в условиях электрохимического окисления подвергаются полимеризации (для последнего), а полученные с их использованием полимерные пленки обладают дырочной проводимостью.

Строение новых веществ не вызывает сомнений, так как оно доказано с использованием современных физико-химических методов анализа (элементный анализ.  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  ЯМР и ИК-спектроскопии, масс-спектрометрии), включая РСА. Изучение фотофизических свойств соединений выполнено методами UV-vis и флуоресцентной спектроскопии. Циклическая вольтамперометрия использована для исследования электрохимических свойств соединений. Тонкие пленки получены методом *spin-coating*, морфология их поверхности и проводимость исследована с помощью атомно-силового/сканирующего зондового микроскопа NT-MDT Ntegra-Prima.

Представленные в автореферате результаты говорят о высокой степени новизны диссертационной работы, как с теоретической, так и с практической точек зрения, и имеют перспективы дальнейшего развития целенаправленного синтеза новых материалов с заданными свойствами для использования в органической электронике.

Принципиальных недостатков в представленном автореферате не обнаружено. Работа аккуратно оформлена и хорошо структурирована. К сожалению, имеются некоторые обидные «сбои» при форматировании.

В целом, судя по автореферату, диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой и по поставленным задачам, уровню их решения, актуальности, научной новизне и практической значимости, а также по числу и качеству выпущенных диссертантом публикаций полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует критериям, изложенным в пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции), а её автор Бакиев Артур Наилевич заслуживает присвоения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.03 – органическая химия.

Кравченко Ангелина Николаевна,  
доктор химических наук (специальность 02.00.03 – органическая химия)  
профессор (специальность «Органическая химия»)  
ведущий научный сотрудник лаборатории азотсодержащих соединений.  
E-mail: [kani@server.ioc.ac.ru](mailto:kani@server.ioc.ac.ru); тел.: 8-499-135-88-17

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук (ИОХ РАН)

119991 г. Москва, Ленинский проспект, д. 47

+7 499 1372944

E-mail: [SECRETARY@ioc.ac.ru](mailto:SECRETARY@ioc.ac.ru)

zioc.ru

Я, Кравченко Ангелина Николаевна, согласна на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета Д 002.198.02, и их дальнейшую обработку.

Зам. зав. лабораторией азотсодержащих соединений

ИОХ РАН, профессор

Ангелина Николаевна Кравченко

01.10.2020 г.

Подпись руки в. н. с., профессора, д. х. н. А.Н. Кравченко удостоверяю:

Ученый секретарь ИОХ РАН, к. х. н.

Ирина Константиновна Коршевец

02.10.2020г.

