

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.198.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ УФИМСКОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК, МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

Аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 21 октября 2020 г., № 38

О присуждении Бакиеву Артуру Наилевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Синтез новых сопряженных *push-pull* хромофоров D-π-A типа: фотофизические и электрохимические свойства» в виде рукописи по специальности 02.00.03 – Органическая химия принята к защите 29 июня 2020 г. (протокол заседания № 31) диссертационным советом Д 002.198.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (450054, г. Уфа, проспект Октября, 71; диссертационный совет создан в соответствии с приказом №370/нк от 20 декабря 2018 года).

Соискатель – Бакиев Артур Наилевич, 1991 года рождения, в 2012 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет». С 2014 по 2018 г. обучался в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, где освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 04.06.01 – Химические науки по научной специальности 02.00.03 – Органическая химия (справка об обучении № 117700/6546-13 от 05.11.2018 г.).

С 2019 г. по настоящее время работает младшим научным сотрудником в лаборатории синтеза активных реагентов «Института технической химии Уральского отделения Российской академии наук» – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Пермском федеральном исследовательском центре Уральского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, в лаборатории синтеза активных реагентов «Института технической химии Уральского отделения Российской академии наук» – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор химических наук, профессор Абашев Георгий Георгиевич, ведущий научный сотрудник лаборатории синтеза активных реагентов «Института технической химии Уральского отделения Российской академии наук» – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Вербицкий Егор Владимирович – доктор химических наук, старший научный сотрудник лаборатории гетероциклических соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института органического синтеза им. И.Я. Постовского Уральского отделения Российской академии наук;

Тухватшин Вадим Салаватович – кандидат химических наук, доцент кафедры органической и биорганической химии Федерального

государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Официальный оппонент д.х.н. Вербицкий Егор Владимирович в своем положительном отзыве приводит следующие вопросы и замечания:

1. К сожалению, некоторые разделы [например, разделы с 2.1.1 по 2.1.5 и 2.2.2,] в главе 2 (Обсуждение результатов) заканчиваются рисунком, схемой или таблицей и не содержат обобщающего вывода.
2. Также, в качестве незначительного недостатка, в оформлении работы можно отметить, полное отсутствие указания выходов на схемах в литературном обзоре. Тоже самое относится и к промежуточным соединениям в главе 2 (Обсуждение результатов).
3. Страница 78, Схема 2.19: Соединение **59** – это один из *E*-/*Z*-изомеров или их смесь? Если это индивидуальный изомер, то какой и почему?
4. При описании флуоресценции полученных соединений во всех таблицах приводится только значения максимумов испускания, в то время как такой важнейший количественный показатель как относительный квантовый выход отсутствует. С чем это связано?
5. Страница 110: на рисунке 2.23 перепутаны местами спектры поглощения для соединений **65** и **66**.

Вербицкий Егор Владимирович отметил, что замечания носят частный характер и не влияют на общее благоприятное впечатление о диссертационной работе.

Официальный оппонент к.х.н. Тухватшин Вадим Салаватович в своем положительном отзыве приводит следующие замечания:

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 реакции кросс-сочетания?

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

Тухватшин Вадим Салаватович отметил, что принципиальных вопросов и замечаний по содержанию и оформлению диссертационной работы нет, а имеющиеся, носят частный и рекомендательный характер и никак не снижают ценности выполненного исследования.

В отзывах официальных оппонентов дано заключение, что диссертационная работа Бакиева Артура Наилевича «Синтез новых сопряженных *push-pull* хромофоров D- π -A типа: фотофизические и электрохимические свойства», представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.03 – Органическая химия, представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой решены научные задачи, имеющие значение для органической химии, а именно, разработаны простые методы синтеза новых сопряженных *push-pull* хромофоров D- π -A типа на основе малых молекул, представляющих интерес в качестве материалов для органической электроники и фотовольтаики, изучены

их фотохимические и электрохимические свойства. В целом, по поставленным задачам, уровню их решения, научной новизне, объему и достоверности полученных результатов, их научной и практической значимости диссертационная работа Бакиева Артура Наилевича полностью отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор Бакиев Артур Наилевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 02.00.03 – Органическая химия.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (г. Воронеж) в своем положительном отзыве, подписанном Шихалиевым Хидметом Сафаровичем, доктором химических наук, профессором, заведующим кафедрой органической химии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежского государственного университета», и утвержденном проректором по науке и инновациям Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежского государственного университета», доктором химических наук, доцентом Козадеровым Олегом Александровичем, указала, что представленная диссертация выполнена на высоком экспериментальном и теоретическом уровне и представляет собой комплексное и законченное научное исследование, в котором синтезированы и охарактеризованы три серии хромофоров, содержащих, соответственно, донорные карбазольный, тиено[2,3-*b*]индольный и *N,N*-диметиламинофенильный фрагменты. Рассматриваемая диссертация является научной квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований в области химии гетероциклических соединений решена актуальная задача органической химии по разработке методов синтеза серии сопряженных полициклических соединений, содержащих электронодонорные

(карбазольный, тиофеновый, тиено[2,3-*b*]индольный, *N,N*-диметиламинофенильный) фрагменты, различные электроноакцепторные группы и изучению взаимосвязи структуры полученных соединений и их фото- и электрофизических свойств.

В отзыве ведущей организации подробно проанализированы все аспекты работы и приведены следующие вопросы и замечания:

1. Основная концепция представленной работы заключается в получении новых хромофоров, обладающих оптическими и электрохимическими характеристиками, которые можно «настраивать», варьируя некоторыми структурными компонентами (типом донорного и акцепторного фрагментов, природой π -линкера). Однако, автором не приведено достаточно четкое обоснование выбора синтезированных и исследованных структур. И как логическое продолжение этого не видно, какие рекомендации можно сделать по итогам работы, демонстрирующие связь того или иного структурного фрагмента с конкретными фото- и электрохимическими параметрами? Возможно, соискатель намерен сделать это в ходе своего доклада.
2. Чтение синтетической части диссертации вызывает некоторое уныние, т.к. методы во многих случаях буквально перечислены через запятую (например, с.69 соедин. **18-23**; с.74 соедин. **40**, с.75 соедин. **45** и др.) без должного для таких случаев обсуждения выбора синтетических подходов, реагентов, растворителей и пр.
3. Автором исследованы хромофоры **31** и **36** на основе *N*-алкилкарбазола и хромофоры **57-59** на основе *N*-алкилтиено[2,3-*b*]индола, почему в первом случае в качестве алкилирующегося средства использовался гексилбромид, а во втором 2-этилгексилбромид. Может ли длина и структура алкильной группы влиять на фото- и электрофизические свойства синтезируемого хромофора?
4. В диссертации приводится большое количество спектральных данных, однако примеров самих спектров нет, хотелось бы в качестве рисунков или в приложении видеть хотя бы один спектр на группу близких по структуре веществ.

5. Для некоторых соединений не представлены сведения о температуре кипения (3, 26) или температуре плавления (14, 19-21 и др.). При описании свойств пленок (например, стр. 118, 122) отмечено, что они «не растворимы в обычных органических растворителях», какие растворители автор работы относит к «обычным»?
6. Как любая большая работа, диссертация Бакиева Артура Наилевича не лишена некоторых опечаток и стилистических погрешностей в тексте (например, на стр. 18, 20, 35 и др.).

В заключении отмечается, что сделанные замечания носят, в основном, технический или дискуссионный характер и не умаляют имеющиеся достоинства и научную значимость выполненного исследования. Рассматриваемая диссертационная работа соответствует специальности 02.00.03 – Органическая химия, отвечает требованиям, установленным п. 9-10, 13-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, Бакиев Артур Наилевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.03 – Органическая химия

Отзыв составлен заведующим кафедрой органической химии Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Воронежского государственного университета», д.х.н., проф. Шихалиевым Х.С. Отзыв обсужден и единогласно утвержден на заседании кафедры органической химии химического факультета Воронежского государственного университета 01 сентября 2020 г. года, протокол №1003-9.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, 4 из которых входят в международные базы научного цитирования Web of Science и Scopus. Результаты работы представлены на 10 Международных и Всероссийских конференциях.

В публикациях полностью освещены все основные аспекты диссертационного исследования: представлены результаты анализа данных, полученных при проведении экспериментальных исследований. Все результаты, представленные на защиту, опубликованы в виде статей в рецензируемых научных журналах и тезисов докладов в сборниках научных конференций. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Bakiev, A. N.** Synthesis, optical and electrochemical properties of new thieno[2,3-b]indole-based dyes / **A. N. Bakiev**, R. A. Irgashev, E. V. Shklyayeva, A. N. Vasyanin, G. G. Abashev, G. L. Rusinov, V. N. Charushin // *Arkivoc.* – 2018. – Part. V. – P. 11-19.
2. **Бакиев, А. Н.** Новые тиофенсодержащие push-pull хромофоры, включающие карбазольный и трифениламинный фрагменты: исследование оптических и электрохимических свойств / **А. Н. Бакиев**, Д. Г. Селиванова, И. В. Лунегов, А.Н. Васянин, О.А. Майорова, А. А. Горбунов, Е. В. Шкляева, Г. Г. Абашев / *Химия Гетероциклических Соединений.* – 2016. – Т. 52. – Вып. 6. – С. 379-387.
3. **Бакиев, А. Н.** Получение 5-[4-(карбазол-9-ил)фенил]тиофен-2-карбальдегида и его конденсация с производным малоновой кислоты. Оптические и электрохимические свойства / **А. Н. Бакиев**, А. А. Горбунов, И. В. Лунегов, Е. В. Шкляева, Г. Г. Абашев // *Бутлеровские сообщения.* – 2015. – Т. 42. – Вып. 4. – С. 66-70.
4. **Бакиев, А. Н.** Получение и исследование поли[9-гексадецил-3-фенил-6-(4-финилфенил)-9Н-карбазола] / **А. Н. Бакиев**, Е. В. Шкляева, И. В. Лунегов, И. Г. Мокрушин, Г. Г. Абашев // *Журнал Общей Химии.* – 2014. – Т. 84. – Вып. 7. – С. 1117-1123.

На автореферат диссертации поступили отзывы:

1. **Кравченко Ангелины Николаевны**, доктора химических наук, профессора, ведущего научного сотрудника лаборатории азотсодержащих

соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук. Отзыв не содержит замечаний. Отмечается, что принципиальных недостатков в представленном автореферате не обнаружено. Работа аккуратно оформлена и хорошо структурирована. К сожалению, имеются некоторые обидные «сбои» при форматировании.

2. **Лупоносова Юрия Николаевича**, кандидата химических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории функциональных материалов органической электроники и фотоники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук. Отзыв не содержит замечаний.

3. **Хотиной Ирины Анатольевны**, доктора химических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории стереохимии сорбционных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук. Отзыв не содержит замечаний.

4. **Учускина Максима Григорьевича**, кандидата химических наук, ведущего научного сотрудника научно-исследовательской лаборатории органического синтеза Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Положительный отзыв с замечаниями:

1. В большинстве схем отсутствуют выходы промежуточных продуктов, что не позволяет оценить эффективность предлагаемых последовательностей реакций и легкодоступность целевых продуктов.

2. Чем обусловлена разница в выборе метилтрифенилфосфоний галогенида – реагента для осуществления реакции Виттига ($\text{CH}_3\text{PPh}_3\text{I}$ или $\text{CH}_3\text{PPh}_3\text{Br}$, схема б)?

5. **Шурова Сергея Николаевича**, доктора химических наук, профессора, профессора кафедры органической химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Положительный отзыв, в котором приведены следующие недостатки работы:

- недостаточная информативность названия – не знакомому с проблемой трудно понять, какие push-pull хромофоры являлись старыми, а какие новыми;
- в авторферате указывается, что структура синтезированных соединений подтверждена данными ЯМР ^1H , ^{13}C спектроскопии и масс-спектропии, но спектральные характеристики вновь синтезированных соединений не приводятся.

В отзывах отмечается актуальность, научная новизна, достоверность полученных результатов, теоретическая и практическая значимость, высокий теоретический и экспериментальный уровень, цельность и законченность выполненной диссертационной работы, а также соответствие требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Бакиев Артур Наилевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.03 – Органическая химия.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что доктор химических наук по специальности 02.00.03 – Органическая химия, Вербицкий Егор Владимирович, старший научный сотрудник лаборатории гетероциклических соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института органического синтеза им. И.Я. Пастера Уральского отделения Российской академии наук является высококвалифицированным специалистом в области органической химии, в том числе и автором научных статей по схожей тематике.

Кандидат химических наук по специальности 02.00.03 – Органическая химия, Тухватшин Вадим Салаватович, доцент кафедры органической и биоорганической химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет» является специалистом в области органического синтеза, а также в области молекулярного дизайна органических молекул. Является автором 40 научных работ, среди которых важное место занимают работы, связанные с синтезом гетероциклических соединений.

Выбор ведущей организации обусловлен тем, что в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежском государственном университете» ведутся научные исследования по следующим основным научным направлениям, соответствующим теме диссертационного исследования: разработка новых азот-, серу- и кислородсодержащих гетероциклических соединений, а также разработка функциональных реагентов для тонкого органического синтеза, которые могут быть использованы в препаративных целях при разработке методов синтеза новых органических веществ как карбоциклического, так и гетероциклического рядов. Результаты работ данного коллектива широко известны как в российских, так и международных научных кругах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

впервые синтезирована с помощью реакции Сузуки серия D-π-A хромофоров, содержащих в своем составе карбазольные, тиофеновые и 3,4-этилендиокситиофеновые фрагменты в качестве электронодонорных блоков, сопряженных с электроноакцепторными фрагментами; кроме того реакциями кросс-сочетания Хека и Соногаширы синтезирована серия карбазолсодержащих D-π-A хромофоров, в которых электроноакцепторные заместители входят в состав заместителей, находящихся либо в 3-ем, либо в 9-ом положения карбазольного цикла и связанных с карбазольным циклом либо через этиленовые, либо ацетиленовые π-спейсеры;

разработан двухстадийный метод синтеза, использованный для получения замещенных тиено[2,3-*b*]индолов, включающий, как первый шаг, циклизацию по Паалю-Кнорру с использованием реактива Лавессона и предварительно полученного неопределенного β-дикетона, и, как второй шаг - конденсацию формилированного тиено[2,3-*b*]индола с различными метиленовыми компонентами; в результате была получена серия *push-pull* хромофоров D-π-A типа, содержащих тиено[2,3-*b*]индолильный фрагмент, а также электроноакцепторные дициановиниленовый, 1,3-индандионовый и дицианоиндан-2-оновый фрагменты;

разработан простой синтетический подход, базирующийся на реакции диазотирования, как ключевой стадии, для получения азо-хромофоров, содержащих в качестве донора электронов *N,N*-диметиланилиновый фрагмент, связанный с различными электроноакцепторными фрагментами через азо-линкер;

синтезирована серия 2,5-дитиенилпирролов, содержащих при атоме азота пиррольного цикла в качестве заместителей тиофеновый, карбазольный или 2,3,5,6-тетрафторфенильный фрагмент; на основе фторсодержащего 2,5-дитиенилпиррола этой серии получен D-π-A хромофор, обладающий низким значением оптической ширины запрещенной зоны;

установлено, что карбазолсодержащие D-π-A хромофоры, содержащие тиофеновый и 3,4-этилендиокситиофеновый фрагменты, соединенные с карбазольным циклом с использованием линкеров разной степени ненасыщенности (этиновый или этеновый), характеризуются низким значением ширины запрещенной зоны (2.50-2.05 эВ), интенсивным поглощением в видимой области спектра с коэффициентами молярного поглощения в диапазоне от 25000 до 39000 л·моль⁻¹·см⁻¹ и достаточно глубокими уровнями энергии НОМО (-5.3 – -5.5 эВ), значения которых значительно ниже порога окисления на воздухе (около -5.2 эВ), что способствует хорошей стабильности на воздухе и повышению потенциала разомкнутой цепи (V_{oc}) солнечной батареи;

установлено, что полученные тиено[2,3-*b*]индолы обладают узкой шириной запрещенной зоны (2.03-1.69 эВ), интенсивным поглощением в видимой области спектра с высокими значениями коэффициентов молярного поглощения ($21000-37000 \text{ л}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$), что делает данные структуры перспективными с точки зрения их потенциального использования в качестве материалов для светопоглощающих устройств;

установлено, что полученные азо-хромофоры обладают достаточно сильным поглощением ($25000-37000 \text{ л}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{см}^{-1}$) и низким значением ширины запрещенной зоны в диапазоне от 2.26 эВ до 1.93 эВ, что делает их перспективными с точки зрения использования для создания материалов нелинейной оптики;

обнаружено, что для D- π -A хромофора на основе 2,5-дитиенилпиррола, содержащего 2,3,5,6-тетрафторфенильный заместитель, характерно низкое значение ширины запрещенной зоны (2.43 эВ) и глубокий уровень НОМО (-5.46 эВ), при этом, полученные 2,5-дитиенилпирролы склонны к электрохимической полимеризации с образованием электрохимически устойчивых окрашенных полимерных пленок.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке синтетических подходов для получения новых D- π -A хромофоров, содержащих в своем составе карбазольный, тиофеновый, 3,4-этилендиокситиофеновый, тиено[2,3-*b*]индольный, 4-(*N,N*-диметиламино)фенильный и 2,5-дитиенилпиррольный фрагменты, как электронодонорные блоки π -сопряженной системы, связанные с различными электроноакцепторными фрагментами.

Изучено влияние электронодонорных (карбазольного, тиено[2,3-*b*]индольного, *N,N*-диметиламинофенильного и 2,5-дитиенилпиррольного) и электроноакцепторных (малонитрильного, индандионового, 3-оксо-2,3-дигидро-1*H*-инден-1-илиденового, малонитрильного, проп-2-енонового) фрагментов, а также типа и природы соединяющих их π -спейсеров на оптические и электрохимические свойства синтезированных хромофоров;

Показано, что увеличение цепи сопряжения, введение дополнительных электронодонорных заместителей, а также введение более сильного электроноакцепторного фрагмента приводит к расширению области поглощения в УФ-спектре, к увеличению коэффициентов молярного поглощения, а также к уменьшению ширины запрещенной зоны; при этом **показано**, что введение электроноакцепторного заместителя в 3-е положение карбазольного цикла, связанного с карбазольным циклом через этиленовый π -спейсер, приводит к более хорошим физико-химическим характеристикам, таким как низкая ширина запрещенной зоны, более глубокие HOMO/LUMO уровни, высокие значения коэффициентов молярного поглощения;

обнаружено на основе данных, полученных в процессе выполнения цикловольтамперометрических измерений, что синтезированные D- π -A хромофоры обладают глубоким уровнем энергии высшей занятой молекулярной орбитали (HOMO), значение которых ниже -5.2 эВ (значение порога окисления на воздухе), что обеспечивает устойчивость этих соединений на воздухе.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что с помощью различных синтетических подходов с высокими выходами получены новые разнообразные *push-pull* хромофоры D- π -A типа, содержащие такие электроноизбыточные гетероциклы как карбазол, тиено[2,3-*b*]индол, *N,N*-диметиланилин, 2,5-дितिенилпиррол. Установлена перспективность таких соединений как материалов для органической электроники.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

экспериментальная работа выполнена на высоком методическом уровне с применением разнообразных синтетических методов и современных физико-химических методов исследования структур. Строение всех впервые полученных веществ доказано методами ^1H -, ^{13}C - ЯМР-спектроскопии, ИК-спектроскопии, масс-спектрометрии, элементного и рентгеноструктурного анализа. Физико-химические характеристики были исследованы с помощью

адсорбционной и флуоресцентной спектроскопии. Морфология пленок изучена с использованием атомно-силового и сканирующего туннельного микроскопов. Выделение и очистка соединений осуществлялись методами экстракции, осаждения, хроматографии и кристаллизации;

теоретическое обоснование работы построено на известных данных и фактах, согласующихся с ранее опубликованными в литературе материалами, связанными с темой диссертации и **базируется** на анализе современной отечественной и зарубежной литературы, посвященной синтезу и исследованию D-π-A хромофоров включающие различные электроноизбыточные карбо- и гетероциклы;

использованы современные данные научных исследований по теме диссертации, опубликованные в рецензируемых научных изданиях;

использованы современные системы сбора и обработки информации: электронные базы данных Scopus (Elsevier), Web of Science (Thomson Reuters), SciFinder (Chemical Abstracts Service), а также полные тексты статей в журналах и книг.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в проведении синтетических экспериментов, в обработке экспериментальных данных, в анализе и интерпретации полученных результатов, приведенных в диссертационной работе, в подготовке научных статей, тезисов к публикации, в апробации работы и написании диссертации. В совместных публикациях автору Бакиеву А.Н. принадлежат все результаты и выводы, изложенные в диссертации.

На заседании 21 октября 2020 г. диссертационный совет пришел к выводу, что совокупность защищаемых положений позволяет сделать заключение, что диссертация Бакиева Артура Наилевича «Синтез новых сопряженных *push-pull* хромофоров D-π-A типа: фотофизические и электрохимические свойства» имеет важное научное и практическое значение, посвящена решению актуальных задач органической химии – синтезу D-π-A хромофорных систем, содержащих различные гетероциклические фрагменты с

целью изучения их фотофизических и электрохимических свойств. Рассматриваемая диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решена задача разработки синтетических подходов для получения перспективных для органической электроники D-π-A хромофорных систем, содержащих различные электронодонорные и электроноакцепторные группы. Изучены оптические и электрохимические свойства полученных соединений, позволившие определить их физико-химические характеристики. Диссертационная работа полностью соответствует критериям, содержащимся в пунктах 9-11, 13-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, и отсутствует заимствованный материал без ссылок на авторов или источники заимствования.

На заседании 21 октября 2020 г. (протокол № 38) диссертационный совет принял решение присудить Бакиеву Артуру Наилевичу ученую степень кандидата химических наук по научной специальности 02.00.03 – Органическая химия (химические науки).

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 9 докторов наук по специальности 02.00.03 – Органическая химия, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 21, против – нет, воздержавшихся – нет.

Заместитель председателя диссертационного совета

Д 002.198.02, д.х.н., проф.



/ Хурсан Сергей Леонидович

Исполняющий обязанности ученого секретаря диссертационного совета

Д 002.198.02, д.х.н., доц.

/ Парфенова Людмила Вячеславовна

21 октября 2020 г.