

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.108.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ  
ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «22» июня 2022 г. протокол № 7

О присуждении Мумятову Александру Валерьевичу, гражданство РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Синтез и физико-химические свойства производных фуллеренов с пониженной акцепторной способностью – перспективных материалов для органических и перовскитных солнечных батарей» по специальности 1.4.4. – Физическая химия принята к защите 19 апреля 2022 года (протокол заседания № 5) диссертационным советом 24.1.108.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем химической физики Российской академии наук (ИПХФ РАН), подведомственного Министерству науки и высшего образования: 142432, Московская область, г. Черноголовка, пр. академика Семенова, д. 1 (адрес сайта <http://www.icp.ac.ru>), диссертационный совет утверждён приказом Минобрнауки РФ о создании от 11.04.2012 г. № 105/нк.

**Соискатель** Мумятов Александр Валерьевич, 1988 года рождения, в 2010 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ивановский государственный университет (г. Иваново) по специальности химик. В 2013 году окончил аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем химической физики Российской академии наук по направлению подготовки 02.00.04 – Физическая химия. В настоящее время работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки

Институте проблем химической физики Российской академии наук.

**Диссертация выполнена** в лаборатории Функциональных материалов для электроники и медицины отдела Кинетики и Катализа в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем химической физики Российской академии наук.

Научный руководитель – Трошин Павел Анатольевич, кандидат химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химической физики Российской академии наук, отдел Кинетики и катализа, заведующий лабораторией Функциональных материалов для электроники и медицины

**Официальные оппоненты:**

1. Клюев Михаил Васильевич, доктор химических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановский государственный университет», кафедра фундаментальной и прикладной химии, профессор;

2. Луконина Наталья Сергеевна, кандидат химических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра физической химии, доцент;  
дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук (ИНЭОС РАН), Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Новиковым Валентином Владимировичем, доктором химических наук, руководителем отдела физических и физико-химических методов изучения строения веществ, и Алиевым Теймуром Мовлановичем, кандидатом химических наук, научным сотрудником лаборатории Центра исследования строения молекул, указала, что диссертационная работа Мумятова Александра Валерьевича «<.> Синтез и физико-химические свойства производных фуллеренов с пониженной

акцепторной способностью – перспективных материалов для органических и перовскитных солнечных батарей» по актуальности темы, научной новизне, практической значимости полученных результатов, обоснованности сделанных выводов и уровню исполнения является логически законченным исследованием, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и другим требованиям ВАК. Автор работы, Мумятов Александр Валерьевич, без сомнения заслуживает присуждения ему искомой учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – физическая химия».

Соискатель имеет 24 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 7 статей общим объемом 52 страницы, индексируемых в Web of Science и Scopus, 2 патента на изобретение, а также 7 тезисов докладов на международных конференциях. Все работы процитированы в тексте диссертации, недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют.

**Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. **Mumyatov A.V.**, Prudnov F.A., Inasaridze L.N., Mukhacheva O.A., Troshin P.A. High LUMO energy pyrrolidinofullerenes as promising electron-acceptor materials for organic solar cells // J. Mater. Chem. C. – 2015. – Vol. 3. – №. 44. – P. 11612-11617.
2. **Mumyatov A.V.**, Goryachev A.E., Prudnov F.A., Mukhacheva O.A., Sagdullina D.K., Chernyak A.V., Troyanov S.I., Troshin P.A. Monocyclopropanated fullerene derivatives with decreased electron affinity as promising electron acceptor materials for organic solar cells // Synthetic Metals. – 2020. – Vol. 270. – P. 116565.
3. **Mumyatov A.V.**, Prudnov F.A., Sagdullina D.K., Martynov I.V., Inasaridze L.N., Chernyak A.V., Maskaev A.V., Kuznetsov I.E., Akkuratov A.V., Troshin P.A. Bis(pyrrolidino)[60]fullerenes: promising photostable fullerene-based

acceptors suppressing light-induced absorber degradation pathways // *Synthetic Metals*. – 2021. – Vol. 271. – P. 116632.

4. **Mumyatov A.**, Chernyak A.V., Elnaggar M., Kuznetsov P., Shestakov A.F., Troshin P.A. Pyrrolidino[2,1-*a*]phthalazino[60]Fullerenes: A New Family of Fullerene Derivatives for Photovoltaic Applications // *Physica status solidi (RRL)* – Rapid Research Letters. – 2021. – Vol. 15. – №. 8. – P. 2100181.

В вышеперечисленных работах представлены результаты исследований синтезированных метанофуллеренов, пирролидинофуллеренов, биспирролидинофуллеренов и пирролидино[2,1-*a*]фталазино[60]фуллеренов с пониженной акцепторной способностью в качестве полупроводников *n*-типа для органических солнечных батарей, а также в качестве электрон-транспортных материалов для перовскитных фотовольтаических ячеек. В работах описан синтез производных фуллеренов с пониженной акцепторной способностью, их характеристика с помощью набора физико-химических и физических методов анализа; оценена подвижность электронов в тонких пленках производных фуллеренов; изучены электрохимические и фотовольтаические свойства разработанных материалов. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

На диссертацию и автореферат поступило 4 отзыва, все положительные.

Отзыв научного сотрудника лаборатории синтеза активных реагентов Института технической химии Уральского отделения Российской академии наук – филиала ФГБУН ПФИЦ УрО РАН, к.х.н. Слободинюк Д.Г. без замечаний.

В отзыве старшего научного сотрудника лаборатории полисераазотистых гетероциклов ФГБУН Института органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук, к.х.н. Князевой Е.А. приведено замечание о неоднозначности фразы автореферата «взаимодействии через пространство фуллерена с электронодонорными группами адденда».

В отзыве доцента, старшего научного сотрудника ФГАОУ ВО

Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, к.ф.-м.н. Жидкова И.С. имеется следующее замечание: «Из формулировки четвёртого защищаемого положения не ясно, что именно защищает автор. Само положение сформулировано как промежуточный вывод. Хотелось бы уточнить данный момент.»

В отзыве менеджера по разработкам и исследованиям ООО «Уралхим Инновация» к.х.н. Солодухина Александра Николаевича имеется замечание о наличии опечаток в тексте автореферата.

Диссертационный совет решил, что на все поступившие замечания Мумятов А.В. дал полные ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их квалификацией в области органического синтеза, исследования физико-химических свойств новых соединений, а также применения различных соединений в устройствах органической электроники. Оппонент д.х.н. профессор Клюев М.В. является высококвалифицированным специалистом в области органического синтеза. Оппонент к.х.н. доцент Луконина Н.С. является высококвалифицированным специалистом в области изучения физико-химических и электрохимических свойств производных фуллеренов. Выбор ИНЭОС РАН в качестве ведущей организации обоснован его значительными достижениями в области химии фуллеренов и исследования полученных соединений в устройствах органической электроники.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- получено и охарактеризовано более 50 новых производных фуллеренов, представляющих собой замещенные метанофуллерены и пирролидинофуллерены с электронодонорными алкоксифенильными заместителями;
- найдена принципиально новая реакция [2+3]циклоприсоединения азометинилидов к фуллерену C<sub>60</sub>, приводящая к образованию неизвестного

ранее класса пирролидино[2,1-а]фталазино[60]фуллеренов;

- установлено отсутствие агрегации производных фуллеренов в органических растворителях, таких как сероуглерод, дейтерированный хлороформ и дейтерированный толуол;

- установлено, что для снижения сродства к электрону в молекулах производных фуллеренов должны присутствовать 2-алкоксифенильные или 2,6-диалкоксифенильные заместители в циклопропановом или пирролидиновом фрагментах, аннелированных к фуллереновому каркасу;

- проведено систематическое исследование фотовольтаических свойств полученных производных фуллеренов в составе композитов с модельными сопряженными полимерами, содержащими фрагменты тиофена, а также карбазола и бензотиадиазола.

**Практическая и теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- использование разработанных производных фуллеренов с пониженной акцепторной способностью в фотовольтаических ячейках позволяет повысить напряжение холостого хода на 100-170 мВ в сравнении с референсными устройствами на основе [60]PCBM;

- впервые показана возможность увеличения эффективности органических солнечных батарей на основе электронодонорных сополимеров с малой шириной запрещенной зоны при использовании полученных аддуктов фуллерена в качестве электроноакцепторных материалов;

- разработанный биспирролидинофуллерен с 2-этилгексильными солубилизирующими алкильными фрагментами подавляет реакции фотоокисления сопряженных полимеров более эффективно, чем все описанные на сегодняшний день антиоксидантные добавки;

- установлено, что полученные производные фуллерена являются перспективными электрон-транспортными материалами для перовскитных солнечных батарей, обеспечивающими к.п.д. преобразования света до 19%.

- выявлены закономерности, связывающие электронные свойства

синтезированных производных фуллеренов с особенностями их молекулярного строения.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

- результаты получены с применением широкого спектра физико-химических и электрохимических методов исследования; данные о структуре материалов были подтверждены с помощью ряда комплементарных физико-химических методов анализа с использованием аналитического оборудования высокого уровня;
- воспроизводимость электрохимического поведения полученных производных фуллеренов в растворе и в составе тонких пленок композитов с сопряженными полимерами, а также характеристик солнечных батарей подтверждена путем многократного повторения экспериментов;
- выводы, сформулированные в диссертации, основаны на обобщении и тщательном анализе полученных данных.

**Личный вклад соискателя** в диссертационную работу заключается в участии в постановке задач исследования; в проведении анализа литературных данных; в планировании и проведении экспериментов по многостадийному синтезу и хроматографической очистке производных фуллеренов. Автор принимал активное участие в исследованиях физико-химических и фотовольтаических свойств полученных соединений, анализе, обсуждении и оформлении полученных данных, подготовке статей к публикации и апробации работы.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания о представлении и интерпретации полученных данных. На все замечания соискатель дал исчерпывающие аргументированные ответы.

На заседании 22 июня 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Мумятову Александру Валерьевичу ученую степень кандидата химических наук за вклад в разработку производных фуллеренов с пониженной акцепторной способностью как перспективных материалов органических и перовскитных солнечных батарей.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.4.4. – Физическая химия, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 19 , против присуждения ученой степени - нет, недействительных бюллетеней – нет.

22.06.2022

Председатель диссертационного совета

д.х.н.



/А.Ф. Шестаков/

Ученый секретарь диссертационного совета

д.х.н.



/Т. С.Джабиев/