

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.192.01 НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ НОВОСИБИРСКОГО ИНСТИТУТА
ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.Н. ВОРОЖЦОВА СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 13 октября 2023 № 18

О присуждении Панфилову Михаилу Андреевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата химических наук. Диссертация «Синтез флуоресцентных индикаторов и фотоактивируемых доноров оксида азота (II)», по специальности 1.4.3 – органическая химия принята к защите 30 июня 2023 года (протокол заседания № 11) диссертационным советом 24.1.192.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук (НИОХ СО РАН), 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 9, Приказ № 714/нк от 02 ноября 2012 года.

Соискатель Панфилов Михаил Андреевич в 2019 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет», Факультет естественных наук по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (кафедра органической химии). В 2019 г. поступил в очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской

академии наук по направлению 04.06.01 «Химические науки», которую успешно закончил.

Соискатель Панфилов М.А. работает в НИОХ СО РАН в Лаборатории фотоактивируемых процессов в должности младшего научного сотрудника с сентября 2019 г. по настоящее время.

Экзамен по специальности (органическая химия) сдан 21 февраля 2023 г. с оценкой «хорошо», по истории и философии науки – 09 июня 2020 г. с оценкой «отлично», по иностранному языку (английский) – 16 июня 2020 г. с оценкой «отлично».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук».

Научный руководитель: Воробьев Алексей Юрьевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией фотоактивируемых процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Новосибирского института органической химии им. Н.Н. Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. Газизов Альмир Сабирович – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории элементоорганического синтеза им. А.Н. Пудовика, ИОФХ им. А.Е. Арбузова- обособленное структурное подразделение ФГБУН ФИЦ «Казанский научный центр Российской академии наук», г. Казань
 2. Петунии Павел Васильевич – кандидат химических наук, доцент исследовательской школы химических и биомедицинских технологий Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» г. Томск
- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук (ИрИХ СО РАН), г. Иркутск [заключение составлено заведующим Лабораторией фотоактивных соединений Федерального государственного бюджетного учреждения науки Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук, д.х.н. (специальность 1.4.3. – Органическая химия) Львовым Андреем Геннадьевичем] в своем положительном заключении указала, что диссертационная работа является актуальным исследованием, выполненным на высоком научном уровне.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации основывается на следующем. Официальные оппоненты – специалисты в области химии гетероциклических соединений и синтетической органической химии. В ведущей организации проводятся исследования в области фотохимических реакций и процессов.

Соискатель имеет 5 опубликованных работ по теме диссертации общим объемом 1.8 печатных листа, в том числе 3 статьи в научных журналах, которые включены в перечень международных рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций; 2 работы опубликовано в материалах всероссийских и международных конференций. Авторский вклад соискателя в работы заключается в непосредственном участии на всех этапах получения научного знания: анализе известных данных, планировании исследования, проведении синтезов, интерпретации полученных результатов и подготовке материала к публикации.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Design and Synthesis of New Acridone-Based Nitric Oxide Fluorescent Probe / **M. Panfilov**, D. Chernova, I. Khalfina [et al.] // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26. – № 14. – P. 4340.
2. Photophysical properties of BODIPYs with sterically-hindered nitrophenyls in

meso-position / **M. A. Panfilov**, T. Yu. Karogodina, Y. Songyin [et al.] // Journal of Luminescence. – 2022. – Vol. 246. – P. 118837.

3. Photocontrolled release of nitric oxide for precise management of NO concentration in a solution / E. O. Zhermolenko, T. Yu. Karogodina, A. Yu. Vorobev [et al.] // Materials Today Chemistry. – 2023. – Vol. 29. – P. 101445.

На автореферат диссертации поступили 2 положительных отзыва: от заведующего лабораторией функциональных органических соединений ИОХ РАН, д.х.н. член-корр. РАН Дильмана Александра Давидовича и от старшего научного сотрудника лаборатории неперелых гетероатомных соединений Иркутского Института Химии им. Фаворского СО РАН к.х.н. Томилина Дениса Николаевича.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований были синтезированы 2-диамино-10-(карбоксиметил)-9(10*H*)-акридон и 7,8-диамино-4-карбокси-10-метил-9(10*H*)акридон – производные 9-акридона, содержащие NO-чувствительные фрагменты и исследованы их фотофизические свойства. Было показано, что 7,8-диамино-4-карбокси-10-метил-9(10*H*)акридон способен успешно взаимодействовать с оксидом азота (II) *in vitro* в клеточной культуре Jurkat с образованием флуоресцирующего продукта.

Были впервые получены производные BODIPY, в остовах которых напрямую через мезо-положение были введены арильные заместители, содержащие стерически напряженную нитрогруппу. Для полученных соединений BODIPY был показан эффект агрегационно-индуцируемой эмиссии при различных соотношениях растворителей (вода:этанол).

В ходе работы диссертантом были разработаны методы получения N-нитрозосоединений на основе остова BODIPY, позволяющие получать различные производные всего лишь в несколько стадий из общего стартового вещества. Наиболее эффективным фотоактивируемым донором NO оказался N-((5,5-дифтор-1,3,7,9-тетраметил-5*H*-4λ4,5λ4-дипирроло[1,2-с:2',1'*f*][1,3,2]диазаборинин-10-ил)метил)-N-фениламид азота, для которого квантовый выход

высвобождения составляет $\Phi_{\text{NO}} = 5.5 \times 10^{-4}$, что сопоставимо с Φ_{NO} для ранее описанных в литературе доноров. Было показано, что данное соединение способно эффективно ингибировать активацию тромбоцитов *in vitro* при облучении светом. Также было установлено влияние заместителей, вводимых в осто́в хромофора, на эффективность фотовыделения NO и генерации синглетного кислорода.

Был осуществлен ряд превращений, которые позволили получить фотоактивируемый донор на основе аза-BODIPY, содержащий в своем остове два N-нитрозо фрагмента, способный выделять NO под воздействием ближнего инфракрасного света в зависимости от интенсивности используемого излучения. Также на основе полученного вещества была реализована система с обратной связью, позволяющая активно поддерживать заданную концентрацию оксида.

Разработанные подходы к модификациям осто́ва 9-акридона позволили получить новый пример NO-чувствительного флуоресцентного зонда, работающего в диапазоне современных флуоресцентных микроскопов. Также полученные производные 9-акридона могут представлять интерес в качестве стартовых соединений для получения различных новых гетероциклов.

Установленные закономерности влияния заместителей в красителях BODIPY, содержащих N-нитрозо фрагменты, позволят более точно настраивать свойства желаемых фотоактивируемых доноров как с точки зрения эффективности выделения NO, так и с точки зрения комбинационного действия NO и синглетного кислорода.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученный фотоактивируемый донор на основе аза-BODIPY эффективно выделял NO при облучении ближним инфракрасным светом. Особенностью полученного донора является возможность обратного захвата оксида азота (II), что открывает возможности использования такого донора в качестве буферной системы при проведении биологических исследований. Также на основе полученного донора была

разработана установка с системой обратной связи, позволяющая поддерживать постоянную заданную концентрацию NO в растворе *in vitro*.

Для экспериментальной работы диссертантом использованы современное сертифицированное оборудование и физико-химические методы исследования, приведены полные спектральные и аналитические характеристики новых соединений, а полученные результаты находятся в согласии с существующими теоретическими представлениями.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, что подтверждается независимой экспертизой опубликованных материалов в научных журналах, а также апробацией на российских и международных конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в проведении анализа и обобщения литературных данных по тематике исследования, в участии в постановке задачи. Автором работы осуществлялись планирование и проведение химических экспериментов, интерпретация полученных экспериментальных данных, установление строения соединений на основе комплекса физико-химических данных. Также внесен существенный вклад в подготовку научных публикаций по теме исследования.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается последовательным изложением материала и взаимосвязью выводов с поставленными задачами.

На заседании 13.10.2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Панфилову Михаилу Андреевичу ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, участвовавших в заседании, из них 14 докторов наук по специальности «1.4.3 – Органическая химия», из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 15 человек,

против присуждения учёной степени 0, недействительных бюллетеней
0.

Председатель диссертационного совета
д.х.н., профессор РАН



Волчо К.П.

Ученый секретарь диссертационного совета
д.х.н.

Лузина О.А.

13.10.2023