

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИНЭОС РАН,
чл.-корр. РАН, д.х.н. А.А. Трифонов



2026 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова
Российской академии наук (ИНЭОС РАН)

Диссертационная работа «Разработка оптических хемосенсоров на основе моно- и бисхромофорных систем на катионы ртути и серебра в водных растворах и клеточных средах» **выполнена** Поляковой Анной Сергеевной в лаборатории фотоактивных супрамолекулярных систем №107 ИНЭОС РАН. В период подготовки и выполнения работы Полякова А.С. обучалась в очной аспирантуре (2019-2023 гг.) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, в настоящее время работает в лаборатории фотоактивных супрамолекулярных систем в должности научного сотрудника. Полякова А.С. окончила в 2019 г. Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология», получив квалификацию «магистр».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов были выданы в 2023 г. Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева и в 2026 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук.

Научные руководители:

Панченко Павел Александрович, доктор химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории Фотоактивных супрамолекулярных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук (ИНЭОС РАН).

Федорова Ольга Анатольевна, доктор химических наук, профессор, заведующая лабораторией фотоактивных супрамолекулярных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук (ИНЭОС РАН).

Диссертационная работа была представлена на расширенном заседании совместного коллоквиума лаборатории фотоактивных супрамолекулярных систем, лаборатории по разработке хелаторов и их конъюгатов с молекулами-векторами для получения радиофармпрепаратов, лаборатории π -комплексов переходных металлов, лаборатории гидридов металлов, лаборатории стереонаправленного синтеза биоактивных соединений и лаборатории ядерного магнитного резонанса с участием пяти членов диссертационного совета ИНЭОС РАН.

В ходе обсуждения были заданы следующие вопросы:

- *д.х.н. Ларионов В.А.:*

Вопрос: Чем обусловлен выбор триазольного фрагмента в качестве спейсера между двумя компонентами бисхромофорных систем в Вашей работе?

Ответ: Нами была выбрана сшивка двух молекулярных фрагментов через медь(I)-катализируемую клик-реакцию азид-алкинного 1,3-диполярного циклоприсоединения, в результате которой образуется триазольный спейсер. Триазольный фрагмент удовлетворяет критериям, предъявляемым к спейсерам бисхромофорных хемосенсоров. Триазольное кольцо очень стабильный гетероцикл, он устойчив к окислению и восстановлению, не разрушается ферментами внутри клеточных сред, осуществляет контроль расстояния между компонентами бисхромофора и его геометрии.

- к.х.н. Токарев С.Д.:

Вопрос: В бисхромовых системах сигнал зависит от расстояния между донором и акцептором. Проводился ли экспериментальный или расчетный анализ расстояния, и соответствует ли оно диапазону эффективного резонансного переноса энергии?

Ответ: В нашей работе мы проводили расчёты геометрии молекул, которые показали, что расстояние между хромофорами в полученных нами соединениях варьируется от 9 до 15 Å, поэтому мы считаем, что в наших системах реализуется эффективный перенос энергии.

- д.х.н. Титов А.А.

Вопрос: В случае ИСТ-сенсора на основе 1,8-нафталимида наблюдалось тушение эмиссии при комплексообразовании со ртутью, в то время как для стирилпиридиниевого сенсора присутствовало разгорание флуоресценции в комплексе. С чем связаны данные различия?

Ответ: Тушение флуоресценции в комплексе со ртутью в нафталимидном хромофоре связано с внутренним эффектом тяжелого атома. Для стирилового красителя данный эффект перестает реализовываться в комплексе в возбужденном состоянии, так как происходит рекоординация катиона с атомом азота рецепторного фрагмента.

- к.х.н. Устимова М.А.:

Вопрос: Какие существуют альтернативные методы определения общей концентрации катиона ртути в клетке?

Ответ: Определение общего содержания катиона ртути в клетке возможно с использованием метода масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой ICP-MS.

- к.х.н. Устимова М.А.: Если сравнивать флуориметрическое детектирование катионов металлов с ICP-MS, в чем его преимущество?

Ответ: Флуориметрическое детектирование является неинвазивным методом, который позволяет визуализировать локализацию катиона в определенных клеточных органеллах. Также данный метод позволяет наблюдать динамику

накопления катионов ртути в режиме реального времени без разрушения клеток, что принципиально невозможно для ICP-MS.

По итогам заседания коллоквиума принято следующее заключение:

Диссертационная работа Поляковой А.С. посвящена актуальным фундаментальным и прикладным проблемам в области органической и физической химии и направлена на разработку новых, неописанных ранее краунсодержащих моно- и бисхромоморфных оптических хемосенсоров и исследование сенсорных свойств полученных флуоресцентных хемосенсоров в водных растворах и клеточных средах. Работа выполнена на высоком профессиональном уровне, интерпретация полученных результатов не вызывает возражений, автором работы четко и обосновано сформулированы выводы, их достоверность не подлежит сомнениям.

Научная новизна и практическая ценность работы заключается в следующем:

В работе впервые было продемонстрировано использование медь(I)-катализируемой клик-реакции 1,3-диполярного азид-алкинового циклоприсоединения для синтеза конъюгатов производных 1,8-нафталимида и стироловых красителей.

Впервые было показано, что монохромоморфные хемосенсоры на основе 1,8-нафталимида и стирилпиридина, содержащие азадитиа-15-краун-5-эфирный рецептор, способны селективно связывать катионы ртути (II) и серебра в водных буферных растворах при pH 4.5–7.5 с образованием комплексов металл – лиганд состава 1:1, демонстрируя оптический отклик по механизму фотоиндуцированного переноса электрона PET (*англ.* Photoinduced Electron Transfer) или по механизму внутримолекулярного переноса заряда ICT (*англ.* Intramolecular Charge Transfer).

Обнаружено, что в полученных бисхромоморфных хемосенсорах на основе пары красителей «нафталимид – стирилпиридин» с высокой эффективностью реализуется процесс резонансного переноса энергии между фотоактивными фрагментами. При этом в бисхромоморе, в котором рецептор присутствует в

составе *N*-арильного заместителя при имидном атоме азота нафталимидного ядра, остаточная эмиссия хромофора-донора может быть использована для регистрации ратиометрического отклика как в водных растворах, так и в живых клетках. Кроме того, обнаружено, что подсоединение нафталимидного фрагмента к стирилпиридиниевому красителю существенно изменяет характер внутриклеточного распределения последнего, что положительно сказывается на сенсорных свойствах.

Предложены протоколы определения концентрации содержащегося в клетке катиона Hg^{2+} на основе изменений флуоресцентных характеристик сенсора, регистрируемых с использованием конфокального флуоресцентного микроскопа.

Личный вклад автора. Автор диссертации участвовал в анализе литературных данных, обсуждении задач, решаемых в диссертационной работе, подготовке и проведении экспериментов, разработке методик синтеза новых соединений, интерпретации полученных результатов и их обобщении, формулировке основных научных выводов, а также в написании научных публикаций и представлении докладов по теме диссертации на конференциях различного уровня.

Основное содержание работы отражено в 9 публикациях (9 - в научных журналах, рекомендованных ВАК, 9 – в журналах, включенных в РИНЦ) и в 8 тезисах докладов научных конференций.

Диссертация «Разработка оптических хемосенсоров на основе моно- и бисхромофорных систем на катионы ртути и серебра в водных растворах и клеточных средах» Поляковой Анны Сергеевны полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки России, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 и приказом Минобрнауки России от 10 ноября 2017 года №1093, предъявляемых к диссертационным работам и **рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата**

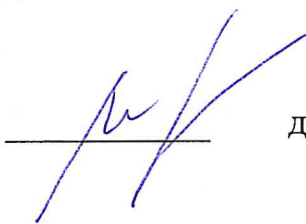
**химических наук по специальностям 1.4.3 – Органическая химия, 1.4.4 –
Физическая химия.**

Заключение принято на расширенном заседании совместного коллоквиума лаборатории фотоактивных супрамолекулярных систем, лаборатории по разработке хелаторов и их конъюгатов с молекулами-векторами для получения радиофармпрепаратов, лаборатории π -комплексов переходных металлов, лаборатории гидридов металлов, лаборатории стереонаправленного синтеза биоактивных соединений и лаборатории ядерного магнитного резонанса с участием пяти членов диссертационного совета ИНЭОС РАН от 02 марта 2026 года.

На заседании присутствовали 17 человек: д.х.н. Федорова О.А. (член совета), д.х.н. Федоров Ю.В. (член совета), к.х.н. Гулакова Е.Н., д.х.н. Панченко П.А., к.х.н. Черникова Е.Ю., к.х.н. Зубенко А.Д., к.х.н. Павлова М.А., к.х.н. Токарев С.Д., к.х.н. Устимова М.А., м.н.с. Ефимова А.С., м.н.с. Перевозчикова П.С., м.н.с. Ботезату А., м.н.с. Пашанова А.В., д.х.н. Логинов Д.А. (член совета), д.х.н. Титов А.А., д.х.н. Ларионов В.А. (член совета), д.х.н. Годовиков И.А. (член совета).

Результаты голосования: «За» - 17 чел., «Против» - 0 чел., «Воздержались» - 0 чел.

Председатель коллоквиума



д.х.н., г.н.с. Логинов Д.А.

Секретарь коллоквиума



к.х.н., с.н.с. Токарев С.Д.

Подписи д.х.н. Логинова Д.А., к.х.н. Токарева С.Д. заверяю.

Ученый секретарь ИНЭОС РАН,

к.х.н.



Гулакова Е.Н.

03.03.2026 г.