

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

о соответствии диссертационной работы **Егорова Антона Егоровича** «Исследование спектрально-кинетических характеристик и закономерностей фотохимических процессов с участием комплексов цианиновых и порфириновых красителей и биомакромолекул» профилю диссертационного совета 24.1.038.01 и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

Комиссия в составе – д.х.н., проф. Кузьмина В. А., д.х.н., проф. Касаикиной О.Т., д.х.н. Некипеловой Т.Д., констатирует, что диссертационная работа «Исследование спектрально-кинетических характеристик и закономерностей фотохимических процессов с участием комплексов цианиновых и порфириновых красителей и биомакромолекул» по теме, постановке задач, методам исследования и полученным результатам соответствует специальности 1.4.4. Физическая химия (химические науки).

Комиссия отмечает следующие **основные научные результаты** диссертационной работы и ее **новизну**:

Впервые были получены спектрально-кинетические характеристики возбужденных состояний ряда новых карборанзамещенных тетрапиррольных красителей.

Показано, что введение карборанового заместителя в тетрапиррольные красители позволяет сохранить высокие значения квантового выхода синглетного кислорода и высокую фотосенсибилизирующую способность соединений.

Установлено, что новые карборанилтетрапирролы и бискарбоцианиновые красители образуют комплексы с молекулами человеческого сывороточного альбумина и липопротеинами низкой плотности. Процесс комплексообразования сопровождается усилением флуоресценции красителя.

Показано образование продукта фотопереноса электрона на триплетное состояние бискарбоцианинового красителя в результате фотопереноса электрона. Впервые получены спектрально-кинетические характеристики анион радикала красителя.

Показано фотодинамическое действие карборанилтетрапирролов на опухолевые клетки НСТ116, и произведена оценка фотоцитотоксичности новых фотосенсибилизаторов.

Установлено, что введение метакрилатных заместителей в кетоцианиновый краситель приводит к получению более эффективного фотоинициатора, за счет увеличения эффективности генерации синглетного кислорода.

Степень достоверности полученных результатов:

В работе широко использовались современные методы физико-химических исследований: спектрофотометрия, времяразрешенная флуориметрия в режиме счета единичных фотонов, флуоресцентная спектроскопия, лазерный и импульсный фотолиз. Повторность проведения экспериментов и статистическая оценка погрешности полученных результатов обеспечивала достоверность результатов. Научные положения и выводы диссертации Егоров А. Е. обоснованы, и логически вытекают из полученных экспериментальных данных.

Практическая и научная значимость результатов диссертационной работы.

В рамках представленной диссертационной работы Егорова А. Е. были охарактеризованы спектрально-кинетические характеристики ряда новых производных карборанилтетрапирролов, бискарбоцианиновых и кетоцианиновых красителей и их комплексов с биомакромолекулами. Такие исследования имеют важное значение для понимания механизмов действия фотосенсибилизаторов. Введение карборановых заместителей в молекулы тетрапирролов не только позволяет сохранить высокие фотосенсибилизирующие способности молекулы, но и позволяет рассматривать данные конъюгаты как потенциальные агенты для бор-нейтрон захватной терапии.

Для оценки возможности доставки молекул фотосенсибилизаторов в клетки, проводили исследование комплексообразования с такими молекулами-транспортёрами как альбумин и липопротеины низкой плотности.

Для нового метакрилатного производного кетоцианинового красителя установлено увеличение эффективности генерации синглетного кислорода и радикальных интермедиатов. Полученные результаты указывают на улучшенные характеристики нового фотоинициатора, показано его использование в процессе полимеризации методом фотолитографии

Для оценки возможности действия бискарбоцианинового красителя как фотосенсибилизатора по I-типу проводили исследования фотопереноса электрона в системе с донором электронов. Методами импульсного фотолиза был зарегистрирован анион-радикал красителя, как результат фотопереноса электрона на триплетное состояние красителя.

Таким образом, исследования были проведены на достаточно высоком уровне, Егоровым А.Е. опубликован ряд работ по спектрально-кинетическим свойствам возбужденных состояний тетрапиррольных и цианиновых красителей.

Основные результаты работы опубликованы в 10 печатных работах, из них в рецензируемых журналах 7 статей и 3 тезиса на российских конференциях.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

- [1] A. E. Egorov, A. A. Kostyukov, D. A. Shcherbakov, D. A. Kolymagin, D. A. Chubich, R. P. Matital, M. V. Arsenyev, I. D. Burtsev, M. G. Mestergazi, E. R. Zhiganshina, S. A. Chesnokov, A. G. Vitukhnovsky, and V. A. Kuzmin, "Benzylidene cyclopentanone derivative photoinitiator for two-photon photopolymerization-photochemistry and 3d structures fabrication for x-ray application," *Polymers*, vol. 15, no. 1, p. 71, 2023.
- [2] А. Е. Егоров, А. А. Костюков, В. М. Алпатова, В. А. Ольшевская, В. А. Кузьмин, "Взаимодействие триплетного состояния модифицированного порфиринового красителя с нитроксильным радикалом", *Химия высоких энергий*, т. 55, №1, с. 98-100, 2021.
- [3] A. E. Egorov, A. A. Kostyukov, I. E. Borissevitch, and V. A. Kuzmin, "Photoinduced electron transfer from electron donor to bis-carbocyanine dye in excited triplet state", *Mendeleev Communications*, vol. 31, no. 1, pp. 68–69, 2021.
- [4] V. A. Ol'shevskaya, A. V. Zaitsev, A. S. Petrova, A. Y. Arkhipova, M. M. Moisenovich, A. A. Kostyukov, A. E. Egorov, O. A. Koroleva, G. V. Golovina, Y. L. Volodina, E. V. Kalinina, V. A. Kuzmin, Y. Sakurai, H. Tanaka, N. Miyoshi, and A. A. Shtil, "The synthetic fluorinated tetracarboranylchlorin as a versatile antitumor photoradiosensitizer", *Dyes and Pigments*, vol. 186, p. 108993, 2021
- [5] А. Е. Егоров, А. А. Костюков, Т. Д. Некипелова, А. Ш. Радченко, А. В. Шибаева, М. А. Климович, Ю. Е. Борисевич, В. А. Кузьмин, "Фотовосстановление триплетного состояния бискарбощианинового красителя", *Химия высоких энергий*, т. 54, №2, с. 155-157, 2020.
- [6] V. A. Ol'shevskaya, A. V. Zaitsev, A. V. Makarenkov, E. G. Kononova, A. A. Markova, A. A. Kostyukov, A. E. Egorov, M. A. Klimovich, O. A. Koroleva, and V. A. Kuzmin, "Synthesis of boronated meso-arylporphyrins via copper-catalyzed 1,3-dipolar cycloaddition reaction and their binding ability towards albumin and low-density lipoproteins," *Journal of Organometallic Chemistry*, p. 121248, 2020.
- [7] V. A. Ol'shevskaya, V. M. Alpatova, A. S. Radchenko, A. A. Ramonova, A. S. Petrova, V. V. Tatarskiy, A. V. Zaitsev, E. G. Kononova, N. S. Ikonnikov, A. A. Kostyukov, A. E. Egorov, M. M. Moisenovich, V. A. Kuzmin, N. A. Bragina, A. A. Shtil "β-Maleimide substituted meso-arylporphyrins: Synthesis, transformations, physico-chemical and antitumor properties" *Dyes and Pigments*, vol. 171, p. 107760, 2019.

Диссертация не содержит заимствованных материалов и результатов без ссылок на авторов и источники заимствования. В диссертации даны ссылки на результаты работ, выполненных Егоровым А.Е. в соавторстве с Кузьминым В.А., Костюковым А.А., Штилем А.А., Ольшевой В.А., и др.

Диссертация Егорова Антона Егоровича «Исследование спектрально-кинетических характеристик и закономерностей фотохимических процессов с участием комплексов цианиновых и порфириновых красителей и биомакромолекул» удовлетворяет требованиям, установленным пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, с последующими изменениями), предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук.

На основании вышеизложенного комиссия рекомендует Диссертационному совету 24.1.038.01 принять к защите диссертационную работу Егорова Антона Егоровича «Исследование спектрально-кинетических характеристик и закономерностей фотохимических процессов с участием комплексов цианиновых и порфириновых красителей и биомакромолекул» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Комиссия рекомендует утвердить в качестве официальных оппонентов:

- доктора химических наук **Надточенко Виктора Андреевича**, директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук;
- доктора физико-математических наук **Лощенова Виктора Борисовича**, заведующего лабораторией лазерной биоспектроскопии гетерогенного катализа Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт общей физики им. А. М. Прохорова Российской академии наук»;

В качестве **ведущей организации** предлагается Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии» Российской академии наук.

Председатель комиссии:

д.х.н., проф.

Члены комиссии:

д.х.н.

д.х.н., проф.



Кузьмин В. А.



Некипелова Т.Д.



Касаикина О. Т.