МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РОБОТОТЕХНИКИ
пр.Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь
Тел./факс (017) 292-71-53
E-mail: fitr@ bntu.by

MINISTRY OF EDUCATION OF THE REPUBLIC BELARUS
BELARUSIAN NATIONAL
TECHNICAL UNIVERSITY
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND ROBOTICS
65 Nezavisimosty Ave. Minsk 220013 Belarus
Phone / fax (375-17) 292-71-53
http://www.bntu.by

ОТЗЫВ

На автореферат Ефимовой Инессы Андреевны «Порфиринаты фосфора(V) для биомедицинских применений», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.4 – Физическая химия и 1.4.1 – Неорганическая химия

Как известно, тетрапиррольные соединения играют принципиальную роль в протекании важных биологических и физиологических процессов (хлорофилл – в фотосинтезе, гематопорфирин – в усвоении и переносе кислорода в тканях организма), а также широко используются в биомедицине (фотодинамическая терапия, тераностика) и современных нанотехнологиях (фото- и биокатализ, молекулярные переключатели, элементы оптических систем обработки и хранения информации, солнечные батареи и т.д.). При этом в разработке ряда принципиальных практических применений тетрапирольных соединений важным моментом являются исследование и прогнозируемость водорастворимости этих соединений и их комплексов с органическими и неорганическими компонентами, поскольку именно эти ключевые физико-химические параметры определяют способность таких молекул функционировать в живых организмах, а также позволяют направленно их применять в медицине и современных нанотехнологиях.

Диссертационная работа Ефимовой И.А. выполнена в этом актуальном направлении и связана с разработкой подходов к получению серии водорастворимых порфиринатов фосфора(V), выявление зависимости их фотофизических, фотохимических и цитотоксических свойств от особенностей их строения и свойств среды.

Судя по автореферату, диссертация представляет собой законченное на определенном этапе научное исследование, содержащее новые подходы по синтезу комплексных соединений фосфора(V) с порфиринами, содержащими *мезо*-заместители различной электронной природы (фенильные и пиридильные в соотношении от 4:0 до 0:4, *п*-метилфенильные, *п*-метоксифенильные, *п-трет*-бутилфенильные, *п*-(карбоксиметил)фенильные, *п*-цианофенильные); детальному исследованию их спектральных и фотохимических параметров, а также выявлению ряда специфических свойств этих соединений (наномолярная и пикомолярная фототоксичность, индуцирование двух механизмов клеточной смерти, дефосфорилирование комплексов до свободных оснований в присутствии белков и др.).

Ряд результатов, полученных в ходе выполнения работы, имеет несомненную научную новизну и значимость: 1) впервые показано, что введение –O-Ph-NH_2 лигандов в аксиальные положения P(V) в порфириновом макроцикле вызывает существенное снижение эффективности генерации синглетного кислорода и флуоресценции при pH>6-7, а при снижении pH до 2-3 эти процессы полностью восстанавливаются; 2) показано, что в присутствии клеточных белков комплексы с аксиальными –OH группами дефосфорилируются до свободных оснований порфиринов, что может быть использовано для доставки в клетки нерастворимых в водных средах порфириновых лигандов через их производные P(V); 3) впервые выполнены систематичесие исследования влияния природы *мезо*-заместителей и аксиальных лигандов на цитотоксичность порфиринатов P(V) и установлено, что комплексы с аксиальными –OEt группами демонстрируют наномолярную и пикомолярную фотоцитотоксичность в отношении клеток A-549 и MCF-7 при облучении светом синим светом с $\lambda_{возб}$=450 нм, а диэтоксипорфиринаты P(V) с донорными *мезо*-заместителями способны проявлять наномолярную фотоцитотоксичность при облучении красным светом $\lambda_{возб}$=660 нм.

Результаты диссертационной работы имеют и определенную практическую значимость: 1) разработка на основе порфиринатов фосфора(V) с аксиальными −OEt группами эффективных фотосенсибилизаторов для противораковой ФДТ аденокарциномы легкого и аденокарциномы молочной железы; 2) способность к дефосфорилированию комплексов фосфора(V) с аксиальными −OH группами в присутствии белков может быть использована как метод доставки в клетки свободных оснований различных порфиринов, позволяющий преодолевать низкую водорастворимость исходных макроциклов.

Основные результаты работы и их интерпретация достаточно полно обсуждены и аргументированы. Достоверность и обоснованность этих результатов не вызывают сомнений. По теме диссертации опубликованы 3 научных статьи в рецензируемых научных журналах и 8 тезисов докладов на научных конференциях.

Можно полагать, что автор данной диссертационной работы, Ефимова И.А., является высококвалифицированным специалистом в области синтеза комплексов фосфора(V) с порфиринами, в исследовании их фотофизических, фотохимических и цитотоксических свойств, а также фотостабильности в зависимости от кислотности среды и других внешних факторов.

Замечания по автореферату диссертации:

1) В автореферате часто используется аббревиатура «спектры эмиссии», хотя речь идёт об обычных спектрах флуоресценции. Эмиссия – это более широкое понятие, включающее свечения любого типа (в том числе фосфоресценцию, катодолюминесценцию, вторичные свечения и т.д.).

2) Следовало бы также привести данные по погрешностям измерений квантовых выходов флуоресценции и генерации синглетного кислорода, а также сведения об используемом стандарте при определении и расчете квантовых выходов флуоресценции.

Сделанные замечания не снижают общей положительной и высокой оценки диссертационной работы в целом.

Считаю, что диссертационная работа Ефимовой И.А. «Порфиринаты фосфора(V) для биомедицинских применений», соответствует основным критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук в соответствии с пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842). Соискатель Ефимова Инесса Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности по специальностям 1.4.4 – Физическая химия и 1.4.1 – Неорганическая химия.

Доктор физико-математических наук (01.04.05 – Оптика),
профессор кафедры технической физики
факультета информационных технологий и робототехники
Белорусского национального технического университета

Зенькевич Эдуард Иосифович

Белорусский национальный технический университет
220013, Республика Беларусь,
г. Минск, Пр. Независимости, 65, корпус 11а
тел. +375 017 293 9123
Адрес электр. почты: eduardzenkevich45@gmail.com

Я, Зенькевич Эдуард Иосифович, даю согласие на публикацию данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук и в сети Интернет.

05.10.2026 Э.И. Зенькевич

Подпись профессора Э.И. Зенькевича удостоверяю