Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физической химии и электрохимии
им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук
(ИФХЭ РАН)
ДИССОВЕТ ПО ЗАЩИТЕ ДОКТОРСКИХ И КАНДИДАСКИХ ДИССЕРТАЦИЙ 24.1.141.03
ПРИ ИНСТИТУТЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ЭЛЕКТРОХИМИИ
ИМЕНИ А.Н. ФРУМКИНА РАН

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора Института, член-корреспондент РАН
доктор химических наук

А. К. Буряк

Протокол заседания диссертационного совета 24.1.141.03
№ 17 от 22 октября 2026 года

Присутствовали:

Председатель диссовета, доктор химических наук, академик А.Ю.Цивадзе (1.4.1.),
ученый секретарь, кандидат химических наук Т.Р. Асламазова (1.4.4.),
доктор химических наук Н.Н. Андреев (2.6.9.),
доктор химических наук В.В. Арсланов (1.4.4.),
академик РАН, доктор химических наук Ю.Г. Горбунова (1.4.1.),
доктор химических наук М.С. Григорьев (1.4.1.).
доктор химических наук О.В. Дементьева (1.4.4.)
кандидат химических наук В. В. Душик (2.6.9.),
доктор химических наук М.А. Калинина (1.4.4.).
доктор химических наук Г.В. Лисичкин (1.4.4.),
доктор физико-математических наук В. А. Ломовской (1.4.4.),
доктор химических наук А.Г. Мартынов (1.4.1.).
доктор химических наук А.А. Некрасов (1.4.4.),
доктор химических наук В.А. Сафонов (2.6.9.),
доктор химических наук С.Л. Селектор (1.4.4.),
доктор физико-математических наук А. Р. Тамеев (1.4.4.),
доктор физико-математических наук Д.Л. Тытик (1.4.4.),
доктор физико-математических наук Л.И. Трахтенберг (1.4.4.),
доктор физико-математических наук А. А. Фомкин (1.4.4.),
доктор химических наук А.Я. Фридман (1.4.1.).
доктор физико-математических наук А.Н. Ходан (1.4.4.),
доктор химических наук А.А. Ширяев (1.4.1.).

ПОВЕСТКА: защита диссертации младшего научного сотрудника лаборатории новых физико-химических проблем **Ефимовой Инессы Андреевны** «Порфиринаты

фосфора (V) для медицинских применений», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.4. «Физическая химия» и 1.4.1. «Неорганическая химия» (химические науки) на диссертационном совете 24.1.141.03, действующем при ИФХЭ РАН.

Научные руководители: 1) академик РАН, доктор химических наук (1.4.1), главный научный сотрудник ФГБУН лаборатории новых физико-химических проблем ФГБУН Института физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина Российской академии наук **Горбунова Юлия Германовна**; 2) кандидат химических наук (1.4.4 и 1.4.1), старший научный сотрудник лаборатории новых физико-химических проблем ИФХЭ РАН **Сафонова Евгения Александровна**.

Председатель заседания Кворум имеется. Можем начинать.

Слушали: доклад Ефимовой И. А.

Вопросы задавали и участвовали в дискуссии: доктора химических наук Калинина М. А, Дементьева О. В., Сафонов В. А., Григорьев М. С., академик РАН А.Ю. Цивадзе.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

(1) доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой органической химии Ивановского государственного химико-технологического университета **Стужин Павел Анатольевич**,

(2) кандидат химических наук (02.00.03), доцент кафедры органической химии химического факультета Национального исследовательского Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского (Нижний Новгород) **Отвагин Василий Федорович дали положительное заключение по диссертации.**

Ученый секретарь оглашает **положительные отзывы** от ведущей организации (РТУ МИРЭА, Институт тонких химических технологий им. М. В. Ломоносова) и 6 отзывов на автореферат.

Диссертационный совет принял заключение по диссертационной работе

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ПО ДИССЕРТАЦИИ ЕФИМОВОЙ И.А. «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 (химические науки)

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны и оптимизированы подходы к синтезу комплексных соединений фосфора(V) с порфиринами, содержащими *мезо*-заместители различной электронной природы, а также различные аксиальные лиганды. **Установлены** закономерности изменения оптических, фотофизических и фотохимических свойств полученных соединений в зависимости от электронной природы *мезо*-заместителей, а также от природы аксиальных лигандов. Для комплексов с *мезо*-пиридильными, а также с аксиальными *п*-аминофенольными или гидроксильными группами **показана** возможность управления их оптическими и флуоресцентными свойствами путем варьирования pH среды

Продемонстрирована способность комплексов с аксиальными –OH группами к процессу дефосфорилирования в присутствии белков (эмбриональной бычьей сыворотки и клеточных белков). **Установлена** роль аксиальных лигандов в данном процессе.

Показано, что полученные катионные порфиринаты фосфора(V) с аксиальными –OEt группами проявляют высокую фотодинамическую активность против клеток аденокарциномы молочной железы человека MCF-7 и аденокарциномы легкого человека A-549 в наномолярных концентрациях при облучении не только синим, но и красным светом. **Обнаружено**, что гипоксические условия усиливают токсичность порфиринатов P(V) по отношению к клеткам MCF-7 и A-549 в темноте. **Установлены** несколько механизмов клеточной гибели, которые одновременно индуцируются при введении порфиринатов P(V).

Теоретическая значимость работы заключается в том, что в ходе ее выполнения **оптимизированы** подходы к получению комплексов порфиринов с фосфором(V), содержащих *мезо*-заместители различной электронной природы, а также **выявлены** закономерности изменения физико-химических и биологических свойств порфиринатов фосфора(V) в зависимости от их структуры, которые могут быть использованы для направленного синтеза производных порфиринов с заданными свойствами.

Применительно к проблематике диссертации результативно использованы комплексы методов синтеза органических и координационных соединений, а также

методов физико-химического анализа, включающих электронную спектроскопию поглощения, флуоресцентную спектроскопию, а также комплекс методов клеточной биологии, что в совокупности позволило получить достоверную и обладающую научной новизной информацию о структуре и свойствах полученных катионных порфиринатах P(V).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что оптимизированные подходы к получению порфиринатов фосфора(V) позволяют повысить эффективность синтеза и снизить затраты реагентов в процессе их синтеза и выделения. Наномолярная фотоцитотоксичность порфиринатов фосфора(V) с аксиальными −OEt группами в отношении клеток аденокарциномы легкого и аденокарциномы молочной железы позволяет разработать на основе данных комплексов новые эффективные фотосенсибилизаторы для противораковой фотодинамической терапии (ФДТ). Изученная в данной работе 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, который позволяет преодолевать низкую водорастворимость исходных макроциклов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что экспериментальные результаты получены с использованием современных физико-химических методов измерения на основе сертифицированного оборудования и измерительных приборов; **идея работы** построена на проверяемых данных и согласуется с опубликованными в литературе экспериментальными данными по теме диссертации; **использованы** сравнения результатов диссертационной работы и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике; **установлено** соответствие результатов диссертационной работы с результатами, представленными в научной отечественной и зарубежной литературе по данной тематике; **использованы** современные методики сбора и обработки данных.

Личный вклад соискателя состоит в анализе научной литературы по теме исследования и проведении основного объёма экспериментальных исследований, а также участии в обработке, обобщении и обсуждении их результатов и подготовке публикаций.

По материалам диссертации опубликовано 3 статьи в рецензируемых журналах, индексируемых WoS, Scopus и РИНЦ и входящих в перечень ВАК для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук, и 8 тезисов докладов.

Диссертационная работа Ефимовой И.А. соответствует п.п. 9–14 «Положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней» и критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальностям 1.4.4. Физическая химия и 1.4.1. Неорганическая химия, так как в ней решены актуальные задачи разработки подходов к синтезу водорастворимых порфиринатов фосфора(V), выявлены взаимосвязи между структурой и их фотофизическими и биологическими свойствами, в том числе показано усиление токсического эффекта комплексов по отношению к клеткам аденокарциномы молочной железы человека MCF-7 и аденокарциномы легкого человека A-549 в гипоксических условиях, а также установлены механизмы цитотоксического действия порфиринатов фосфора(V) на опухолевые клетки MCF-7 и A-549.

На заседании 22 октября 2026 года диссертационный совет принял **решение присудить Ефимовой Инессе Андреевне** ученую степень **кандидата химических наук по специальностям 1.4.4 – «Физическая химия» и 1.4.1 – «Неорганическая химия».** При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 12 членов по специальности «Физическая химия» и 6 членов – по специальности «Неорганическая химия», участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 22, против - нет, недействительных - нет.

Председатель диссовета,
академик РАН А.Ю. Цивадзе

Ученый секретарь диссовета,
кандидат химических наук Т.Р. Асламазова