ОТЗЫВ

официального оппонента

по диссертации **Фараонова Максима Алексеевича** на тему

«Комплексы металлов с анионами аннелированных порфиразинов: строение и физико-химические свойства», представленной к защите на соискание учёной степени доктора химических наук по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия.

Актуальность темы исследования. Повышенный интерес к химии координационных соединений металлов с аннелированными порфиразинами – фталоцианином (Pc), нафталоцианином (Nc) и тетрапиразинопорфиразином (TPyzPz) – обусловлен уникальным комплексом их физико-химических свойств. К ключевым характеристикам относятся: высокая термическая и химическая стабильность; интенсивное поглощение в видимой области спектра; повышенная электропроводность; проявление эффектов фотопроводимости и гигантского магнетосопротивления. Существенным преимуществом данных соединений является возможность целенаправленной модификации их свойств путём функционализации периферии порфиразиновых лигандов. Это открывает широкие перспективы для дизайна материалов с заданными параметрами.

В последние годы наблюдается устойчивый рост числа наукоёмких приложений координационных соединений с порфиразинами. Среди приоритетных областей применения выделяются: разработка магнитно-активных проводников электрического тока; создание молекулярных магнетиков; проектирование магнитных переключателей; элементы спинтроники; оптоэлектронные устройства; материалы для биомедицинских приложений. Многообразие практических задач стимулирует дальнейшее развитие химии порфиразиновых комплексов и синтез новых семейств полифункциональных производных. Особое внимание уделяется продуктам окислительно-восстановительных превращений, обладающим перспективными функциональными характеристиками.

Окисленные фталоцианины достаточно хорошо изучены. Получены высокопроводящие кристаллические соединения, а также комплексы, обладающие гигантским магнетосопротивлением. Анионы металломакрогетероциклов исследованы существенно слабее. В виде кристаллов получены и охарактеризованы комплексы на основе фталоцианинов железа и кобальта, восстановление которых проходит по атому металла, а макроцикл сохраняет свой заряд и остается диамагнитным. Получены единичные комплексы на основе восстановленных по макроциклу металлофталоцианинов. Однако системного и комплексного исследования анионов аннелированных порфиразинов не было

проведено. В этой связи, очевидно, что основным мотивирующим фактором в этой области исследований является разработка научно обоснованных принципов структурного дизайна и последующий направленный синтез анионов аннелированных порфиразинов, которые могли бы послужить основой для создания принципиально новых магнитноактивных устройств. Поэтому разработка подходов к получению анионов порфиразинов, а также гетеробиметаллических и полиметаллических аксиальных и периферийных комплексов металлопорфиразинов как компонентов магнитно-активных материалов, поглощающих в видимой и ближней ИК-области, является **актуальной научной задачей**. Важным при этом является выделение кристаллических форм исследуемых соединений, а также выявление взаимосвязи между строением соединений, зарядовым и спиновым состояниями лиганда и физико-химическими свойствами соединений.

В ходе диссертационного исследования Фараонов Максим Алексеевич поставил перед собой цель разработать подходы к получению нового класса комплексов металлов с анионами аннелированных порфиразинов как компонентов магнитно-активных материалов с расширенным диапазоном поглощения света.

Достижение поставленной цели предполагало решение ряда взаимосвязанных задач, в числе которых:

– разработка методов получения комплексов с анионами порфиразинов с аннелированными бензольными и пиразиновыми группами и различными заместителями на периферии;

– разработка методов получения гетеробиметаллических и полиметаллических аксиальных комплексов с аннелированными порфиразинами с переходными металлами;

– поиск путей получения полиметаллических комплексов с аннелированными порфиразинами за счет координации мезоатома азота лиганда на металл;

– получение комплексов в виде кристаллов, установление их молекулярной и кристаллической структуры, систематическое исследование присущих им физико-химических свойств;

– выявление фундаментальной взаимосвязи между строением соединений, зарядовым и спиновым состояниями макроциклического лиганда и физико-химическими свойствами комплексов с целью дальнейшего получения соединений с заданным набором характеристик.

Все поставленные в работе **задачи решены**, в результате чего создано новое научное направление, предполагающее синтез, исследование и поиск областей применения функциональных соединений металлов с анионами аннелированных порфиразинов. При этом, работа выполнена на высочайшем экспериментальном и теоретическом уровне, полученные в ней результаты носят пионерский характер в области химии анионных форм

аннелированных порфиразинов, выявленные закономерности важны для дизайна инновационных магнитных материалов. В свою очередь, это является **решением ряда важных научных проблем** современной неорганической и координационной химии.

Рецензируемая диссертация состоит из пяти разделов: введения, обзора литературы (глава 1), который посвящен рассмотрению методов получения и свойств аннелированных порфиразинов, экспериментальной части (глава 2), обсуждения результатов изучения анион-радикальных солей бензоаннелированных порфиразинов (глава 3), анионных соединений замещенных фталоцианинов и гетероаннелированных порфиразинов (глава 4) и координационных гетерометаллических соединений металломакрогетероциклов (глава 5), выводов и списка цитируемой литературы. Работа изложена на 308 страницах текста и включает 139 рисунков, 12 схем, 30 таблиц и список цитируемой литературы из 372 наименований.

В литературном обзоре описаны структурные особенности и физико-химические свойства соединений окисленных макрогетероциклов, полученных в виде кристаллов. Рассмотрены свойства соединений восстановленных макрогетероциклов, полученных в растворах, порошках и пленках. Приведены литературные данные для анионных соединений металлофталоцианинов, а также гомо- и гетерометаллических комплексов макрогетероциклов, полученных в виде кристаллов. Обзор литературы показал, что анионы металломакрогетероциклов малоисследованы; в виде кристаллов получены и охарактеризованы только комплексы на основе фталоцианинов железа и кобальта, восстановление которых проходит по атому металла, а макроцикл сохраняет свой заряд и остается диамагнитным; системного и комплексного исследования анионов аннелированных порфиразинов проведено не было.

Научная новизна диссертационного исследования Фараонова М.А. Основная часть диссертационной работы Максима Алексеевича посвящена изложению и обсуждению результатов, полученных при решении сформулированных задач. Автором работы проведено крупное исследование, в результате которого впервые проведено систематическое изучение широкого ряда структурно охарактеризованных анионных форм аннелированных порфиразинов. Разработаны методы получения комплексов с восстановленным порфиразиновым лигандом, а также гетероби- и полиметаллических аксиальных комплексов аннелированных металлопорфиразинов со связью металл-металл и комплексов с координацией мезоатома азота порфиразина на металл. Важный аспект работы заключается в том, что все исследованные соединения выделены в виде кристаллов, установлены их молекулярные и кристаллические структуры, что позволило вывить присущие им корреляции структура – свойство.

Автором разработаны подходы к синтезу комплексов, содержащих одно- $[M(Pz)^{3\bullet-}]^{\bullet-}$ и двукратно восстановленный $[M(Pz)^{4-}]^{2-}$ макроциклический лиганд. Продемонстрирована взаимосвязь между строением исходного макрогетероцикла и составом, строением и свойствами соединений с анионами порфиразинов. Показана возможность управления супрамолекулярной организацией анионов порфиразинов методами кристаллохимического дизайна.

В работе изучено влияние природы металла-комплексообразователя на структуру и свойства соединений. Впервые проведено системное исследование влияния заселения дополнительными электронами НСМО порфиразина на физико-химические свойства комплексов металлов с анионами порфиразинов. В анионных соединениях выявлена значительная структурная деформация порфиразинового лиганда.

Показано, что одноэлектронное восстановление лиганда приводит к образованию парамагнитных анион-радикалов. При восстановлении комплексов порфиразинов с парамагнитным металлом могут быть получены анионы $[M(Pz)^{\bullet 3-}]^{\bullet-}$ с двумя парамагнитными центрами – лигандом и металлом – с разным характером магнитного обмена: антиферро- (медь (II)) и ферромагнитным (ванадий (IV)).

Впервые продемонстрирована возможность образования полиметаллических координационных соединений с координацией мезоатома азота порфиразина на переходный металл. Показано, что в би- и полиметаллических аксиальных и периферийных комплексах металлопорфиразинов лиганд может иметь разные зарядовые и спиновые состояния: $(Pz)^{2-}$ и $(Pz)^{4-}$ с $S = 0$ и $(Pz)^{3\bullet-}$ с $S = 1/2$. Выявлена взаимосвязь между зарядом лиганда, его молекулярной структурой и спектральными характеристиками комплексов. Показана возможность управления оптическими свойствами комплексов, в том числе смещения поглощения в низкоэнергетическую область.

Крупный фундаментальный вклад вносит работа в физическую химию комплексов металлов с анионными формами аннелированных порфиразинов. Так в работе впервые показано, что магнитными свойствами комплексов можно управлять за счет варьирования состава соединения, изменения природы металла-комплексообразователя, лиганда и катиона, а также за счет супрамолекулярного взаимодействия лиганд-лиганд.

Впервые показана возможность расширения диапазона поглощения света соединения вплоть до 1700 нм. Выявлено, что профилем оптического поглощения соединения можно управлять за счет варьирования природы лиганда и катиона, супрамолекулярной организации макроциклов в соединении, а также за счет варьирования зарядового состояния лиганда.

Обоснованность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, и их достоверность не вызывает сомнений, поскольку они базируются результатах широкого круга взаимодополняющих физико-химических методов анализа. Все они достаточно подобно изложены в экспериментальной части, которая, изложена с упоминанием множества экспериментальных деталей, что имеет значение для воспроизведения результатов работы. Экспериментальная часть работы вопросов не вызывает за исключением одного. Почему в работе для характеризации комплексов не использовался рентгенофазовый анализ?

Работа Максима Алексеевича вносит заметный вклад в развитие химии комплексов металлов с анионами аннелированных порфиразинов, она на основе выполненных в ней фундаментальных разработок открывает возможность дизайна магнитно-активных материалов, поглощающих в БИК области. Автором проделано крупное систематическое исследование, продемонстрировавшее высокую квалификацию автора, мастерское и целенаправленное использование автором современных физико-химических методов анализа: рентгеноструктурного анализа, ИК-спектроскопии, электронной спектроскопии, магнетометрии, стационарной спектроскопии ЭПР в X-диапазоне, квантово-химических расчетов. Высокий уровень исследования обусловлен традициями химической школы, в которой была выполнена данная работа.

Основные результаты работы в полной степени отражены в научной печати. По теме диссертации опубликовано 25 статей в профильных рецензируемых научных журналах, включенных в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки Российской Федерации. Результаты работы были представлены в виде 40 докладов на российских и международных конференциях. Основные теоретические положения и выводы, сформулированные в диссертации, содержатся в вышедших публикациях; на момент выхода из печати все представленные результаты являлись новыми. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа подготовлена недостаточно тщательно; количество опечаток в ней, к сожалению, велико.

По работе имеются **замечания и вопросы**, на которые соискателю следовало ответить в процессе обсуждения материала работы:

1. Автором показано, что обменное взаимодействие в соединениях на основе фталоцианина меди имеет антиферромагнитный характер, тогда как в соединениях на основе $[V^{IV}O(Pc)^{3\bullet-}]^{-}$ реализуется ферромагнитный обмен. С чем связано различие знака обменного взаимодействия в медном и ванадильном комплексе?

2. Значения эффективного магнитного момента соединений **5**, **6**, и **8** при 300 K лежат в диапазоне 1.63–1.66 μ_B, что несколько меньше теоретического, равным 1.73 μ_B, для системы с одним невзаимодействующим спином S = 1/2. Значения эффективного момента соединения **14** при 300 K составляет 2.19 μ_B, что заметно меньше теоретического значения для системы с двумя невзаимодействующими спинами S = 1/2 (2.45 μ_B). С чем связаны отличия экспериментальных значений μ_B при 300 K от расчетных в упомянутых комплексах, в которых реализуются слабые обменные взаимодействия?

Для соединения **31** значение μ_{eff} в широком температурном диапазоне 50–300 равно 1.60 μ_B, при этом единственным носителем неспаренного электрона является ион меди с g-фактором > 2. В этом случае чистота образца не может превышать 85%. Воспроизводились ли эксперименты по синтезу и магнитным измерениям комплекса **31**?

Аналогичный вопрос возникает к соединению **42**, воспроизводимости экспериментов, поскольку для него значение эффективного магнитного момента при 300 K равно 1.64 μ_B, что соответствует 90% чистоте.

3. Для соединения **12** с Et_4N^+ катионом автор приводит параметр обменного взаимодействия J, равный = –255 K. При этом значение μ_B при 300 K равно 1.72 μ_B, а при T < 160 K происходит полное упорядочение спинов. Данные противоречивые. В рамках какой модели было получено значение J, как выглядит кривая аппроксимации, какова природа остаточного значения μ_{eff} при T < 160 K, равного 0.4 μ_B и указывающего на наличие неспаренных электронов. Почему, при этом, по данным спектроскопии ЭПР при T < 160 K соединение **12** является диамагнитным?

4. Молекулярная и кристаллическая структура всех целевых соединений установлена методом монокристального рентгеноструктурного анализа. Вместе с тем в работе не использовался рентгенофазовый анализ. Являются ли отобранные кристаллы представительными для всех фаз образцов комплексов металлов с анионными формами аннелированных порфиразинов?

5. Для соединения **32** значение μ_{eff} при 300 K равно 3.25 μ_B, что близко к рассчитанному теоретически значению 3.46 μ_B для системы из четырех невзаимодействующих спинов S = 1/2. Вместе с тем, спектр ЭПР соединения **32** при комнатной температуре не наблюдается. Предположение автора о том, что это связано с «существенным магнитным взаимодействием неспаренных электронов» противоречит сделанным несколько ранее оценкам параметров J/k_B межмолекулярного и внутримолекулярного обменного взаимодействия, имеющих значения –23.5 и –8.1 K, соответственно.

6. Замечания общего характера:

– в работе повсеместно используется термин «константа обменного взаимодействия *J*» вместо общепринятого термина «параметр обменного взаимодействия *J*»;

– вместо встречающихся терминов «закоординированными» и «закоординированного атома металла» следовало бы применить другие, принятые в координационной химии;

– в обзоре в Таблицах 1 и 2 необходимо было указать выходы продуктов;

– рассчитанные интегралы перекрывания граничных орбиталей – ОЗМО–1 и ОЗМО соединений, например комплексов **11**–**13**, необходимо было сравнить с данными для других подобных комплексов, в которых эти значения больше, в том числе максимальны;

– в соединениях **12** и **19** при охлаждении реализуется «переход между триплетным и синглетным состояниями». Какова природа этого перехода, чем он вызван?

7. В работе присутствует огромное количество опечаток. В целях иллюстрации можно привести следующие: «Фталоцинанин представляет», «На спектр поглощения оказывают влияние центральный металлакомплексообразователь, аксиальные лиганды при это металле», «макрогтероциклов», «Процессы окисления и восставновления в свободных макрогетероциклов», «усилению акпепторных свойств», «Стабилизация граничных молекулярных в тетрапиразинопорфиразине», «анины AsF_6– разупорядочены», «для диамагнино-разбавленного образца», «тетрафернил фосфония», «на молекулярную структуру радикла», «межрлоскостное расстояние», «в катион-радикальной соле», «Это связано с образуем примеси», «карбонильноциклопенданиенильного соединения», «ряда тетрапиразинопрфиразинов», «сдвинута к меньшим волновым силам», «Обнаружено практически вдвое более сильный сдвиг (до 102 нм) полосы наблюдается в спектрах», «Таким обрезом», «гапсохромному сдвигу полосы», «При том Q-полоса в соответвуствующих спектрах», «макрацикла», «*гетероаннелирование порифразина*», «*появлнию поглощени в БИК*», «расстояние между макроциками», «в видимом диапазионе», «гарфит калия», «ключевую роль на магнитное взаимодействие» и др.

Вышеупомянутые замечания несколько снижают оценку диссертационной работы М.А. Фараонова, вместе с тем они **не повлияли** на приведенный ниже вывод о целесообразности присвоения ему искомой степени.

Соответствие диссертации паспорту специальности 1.4.1 – Неорганическая химия. Диссертация Фараонова М.А. соответствует паспорту специальности 1.4.1 – Неорганическая химия в пунктах 1, 2, 3, 5, 6 и 7.

Заключение. Учитывая вышеизложенное, считаю, что диссертация **Фараонова Максима Алексеевича** на тему **«Комплексы металлов с анионами аннелированных порфиразинов: строение и физико-химические свойства»** является законченной научно-квалификационной работой, которая по своей актуальности, новизне, достоверности, теоретической и практической значимости, а также ценности полученных результатов полностью соответствует требованиям пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении учёных степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук (ИОНХ РАН) от 29 марта 2024 г., а её автор, Фараонов Максим Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.1 - Неорганическая химия.

Третьяков Евгений Викторович

06 ноября 2025 г.

Доктор химических наук (02.00.03 – органическая химия), заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией гетероциклических соединений им. академика А.Е. Чичибабина Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук (ИОХ РАН), член-корреспондент РАН,
Российская Федерация, **119991**, г. Москва, Ленинский проспект, д. 47.
Тел.: +74991372944, +79139510394, e-mail: tretyakov@ioc.ac.ru

Подпись сотрудника Е.В. Третьякова удостоверяю
Ученый секретарь ИОХ РАН, к.х.н. И. К. Коршевец
06 ноября 2025 г.

СВЕДЕНИЯ

об официальном оппоненте
по диссертации **Фараонова Максима Алексеевича** на тему
«Комплексы металлов с анионами аннелированных порфиразинов: строение и физико-химические свойства», представленной к защите на соискание учёной степени доктора хмических наук по специальности 1.4.1 – Неорганическая химия.

Фамилия, имя, отчество	Третьяков Евгений Викторович
Гражданство	РФ
Ученая степень, отрасль наук, научная специальность, по которой защищена диссертация	доктор химических наук, 02.00.03 — органическая химия
Ученое звание	член-корреспондент РАН
Занимаемая должность, структурное подразделение	заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией гетероциклических соединений им. академика А.Е. Чичибабина
Полное наименование организации- места работы в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ИОХ РАН
Ведомственная принадлежность организации	Министерство науки и высшего образования РФ
Почтовый индекс, адрес организации	119991, г. Москва, Ленинский просп., 47
Веб-сайт	https://zioc.ru/
Телефон оппонента	+74991372944, +79139510394
Адрес электронной почты оппонента	tretyakov@ioc.ac.ru
Список основных публикаций в рецензируемых изданиях, монографии, учебники за последние пять лет по тематике диссертации (не более 15 публикаций)	1. E. V. Tretyakov, K. A. Lomanovich, E. G. Bagryanskaya, G. V. Romanenko, A. S. Bogomyakov, E. M. Zueva, M. M. Petrova, A. A. Dmitriev, N. P. Gritsan. "2-(8-Iodonaphthalen-1-yl)-substituted Nitronyl Nitroxide: Suppressed Reactivity of Iodine Atom and Unusual Temperature Dynamics of the EPR Spectrum". *Eur. J. Org. Chem.*, **2021**, № 17, P. 2355–2361. DOI: 10.1002/ejoc.202100138 2. E.V. Tretyakov, P.V. Petunin, S. Zhivetyeva, D.E. Gorbunov, N.P. Gritsan, M.V. Fedin, D.V. Stass, R.I. Samoilova, I.Yu. Bagryanskaya, I.K. Shundrina, A.S. Bogomyakov, M.S. Kazantsev, P.S. Postnikov M. E. Trusova, V.I. Ovcharenko. "Platform for High-Spin Molecules: A Verdazyl-Nitronyl Nitroxide Triradical with Quartet Ground State". *J. Am. Chem. Soc.*, **2021**, V. 143, № 21, P. 8164–8176. DOI: 10.1021/jacs.1c02938 3. L. Yu. Gurskaya, Yu. F. Polienko, T. V. Rybalova, N. P. Gritsan, A. A. Dmitriev, M. S. Kazantsev, E. V. Zaytseva, D. A. Parkhomenko, I. V. Beregovaya, G. A. Zakabluk, E. V. Tretyakov. "Multispin Systems with a Rigid Ferrocene-1,1′-diyl-Substituted 1,3-Diazetidine-2,4-diimine Coupler: A General Approach". *Eur. J. Org.*

	Chem., **2022**, Art. ID: e202101234. DOI: 10.1002/ejoc.202101234 4. Е. В. Третьяков, В. И. Овчаренко, А. О. Терентьев, И. Б. Крылов, Т. В. Магдесиева, Д. Г. Мажукин, Н. П. Грицан. "Сопряженные нитроксильные радикалы". *Russ. Chem. Rev.*, **2022**, V. 91, № 2, Art. ID: RCR5025. DOI: 10.1070/RCR5025 5. E. Tretyakov, P. Fedyushin, N. Bakuleva, A. Korlyukov, P. Dorovatovskii, N. Gritsan, A. Dmitriev, A. Akyeva, M. Syroeshkin, D. Stass, M. Zykin, N. Efimov, D. Luneau. "Series of Fluorinated Benzimidazole-Substituted Nitronyl Nitroxides: Synthesis, Structure, Acidity, Redox Properties, and Magnetostructural Correlations". *J. Org. Chem.*, **2023**, V. 88, P. 10355–10370. DOI: 10.1021/acs.joc.2c01793 6. I. Zayakin, E. Tretyakov, A. Akyeva, M. Syroeshkin, J. Burykina, A. Dmitrenok, A. Korlyukov, D. Nasyrova, I. Bagryanskaya, D. Stass, V. P. Ananikov. "Overclocking Nitronyl Nitroxide Gold Derivatives in Cross-Coupling Reactions". *Chem. Eur. J.*, **2023**, V. 29, Art. ID: e202203118. DOI: 10.1002/chem.202203118 7. E. Tretyakov, D. Gorbunov, N. Gritsan, A. Keerthi, M. Baumgarten, D. Schollmeyer, M. Ivanov, A. Sergeeva, M. Fedin. "Synthesis and photoinduced behavior of DPP-anchored nitronyl nitroxides: a multifaceted approach". *RSC Adv.*, **2024**, V. 14, P. 6178-6189. DOI: 10.1039/D4RA00916A 8. I. Zayakin, P. V. Petunin, P. S. Postnikov, A. A. Dmitriev, N. P. Gritsan, P. Dorovatovskii, A. Korlyukov, M. V. Fedin, A. S. Bogomyakov, A. Ya. Akyeva, R. A. Novikov, P. G. Shangin, M. A. Syroeshkin, J. V. Burykina, E. V. Tretyakov. "Toward New Horizons in Verdazyl-Nitroxide High-Spin Systems: Thermally Robust Tetraradical with Quintet Ground State". *J. Am. Chem. Soc.*, **2024**, V. 146, P. 13666–13675. DOI: 10.1021/jacs.4c04391 9. E. N. Kudryavtseva, E. V. Tretyakov, R. M. Gomila, A. Frontera, A. A. Dmitriev, N. P. Gritsan, D. Xia, N. N. Efimov, P. V. Petunin, P. S. Postnikov, G. V. Romanenko, V. Yu. Kukushkin. "Halogen bonding promotes ferromagnetic exchange in nitronyl nitroxide radicals: A quantitative analysis". *Materials Chemistry and Physics*, **2025**, V. 332, Art. ID: 130252. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2024.130252. 10. E. N. Kudryavtseva, B. V. Lichitsky, E. V. Tretyakov. "A Multi-Component Reaction of Hexafluoro-1,4-naphthoquinone with N-Heterocycles and Active Methylene Compounds: A Straightforward Approach to Polyfluorinated Zwitterions". *Asian J. Org. Chem.*, **2025**, Art. ID: e202400751. DOI: 10.1002/ajoc.202400751 11. I. Zayakin, G. V. Romanenko, A. A. Korlyukov, E. V. Tretyakov. "Silver Instead of Gold in Nitronyl Nitroxide

	Chemistry". *Organometallics*, **2025**, V. 44, P. 892–898. DOI: 10.1021/acs.organomet.5c00042 12. N. A. Bakuleva, B. V. Lichitskii, A. N. Komogortsev, E. V. Tretyakov. "The study of the photochemical behavior of 5-aryl-2,3-dihydropyrazine 1,4-dioxides". *Org. Biomol. Chem.*, **2025**, V. 23, P. 369-376. DOI: 10.1039/d4ob01570c 13. D. Gulyaev, A. Serykh, E. Tretyakov, A. Akyeva, M. Syroeshkin, D. Gorbunov, S. Maltseva, N. Gritsan, G. Romanenko, A. Bogomyakov. "Effects of difluorophenyl substituents on structural, redox, and magnetic properties of blatter radicals". *Catalysts*, **2023**, V. 13, № 8, P. 1206: 1–16. DOI: 10.3390/catal13081206 14. A. E. Kudryavtseva, Serykh, B. Ugrak, T. Dutova, D. Nasyrova, D. Aleshin, N. Efimov, P. Dorovatovski, A. Bogomyakov, S. Fokin, G. Romanenko, A. Sergeeva, E. Tretyakov. "5-fluoro-1-methyl-pyrazol-4-ylsubstituted nitronyl nitroxide radical and its 3d metal complexes: synthesis, structure, and magnetic properties". *Crystals*, **2023**, V. 13, № 12, P. 1655: 1-18. DOI: 10.3390/cryst13121655

«Верно»

Подпись /Третьяков Е.В./

Подпись сотрудника Е.В. Третьякова удостоверяю

Ученый секретарь ИОХ РАН, к.х.н. / Коршевец И.К./

06 ноября 2025 г.