

В диссертационный совет 24.1.092.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата химических наук, доктора химических наук при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук

СОГЛАСИЕ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Я, Юдин Николай Владимирович, кандидат химических наук, доцент кафедры химии и технологии органических соединений азота, Инженерного химико-технологического факультета Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева даю свое согласие выступить в качестве официального оппонента по диссертации Леонова Н.Е. на тему: «Новые высокоэнергетические и биологически активные (нитро-*NNO*-азокси)-, (циано-*NNO*-азокси)- и (1*H*-тетразол-5-ил-*NNO*-азокси)соединения: синтез и свойства» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.3 – органическая химия и предоставить отзыв в диссертационный совет в установленном порядке.

В соответствии с Федеральным законом от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» настоящим даю согласие на обработку моих персональных данных в целях включения в аттестационное дело для защиты диссертации соискателя. Согласие распространяется на следующие персональные данные: фамилия, имя, отчество; ученая степень; ученое звание; шифр специальности, по которой защищена диссертация; место основной работы; должность; контактный телефон, e-mail; научные публикации.

Также подтверждаю, что даю согласие на размещение полного текста отзыва на диссертацию и сведений об официальном оппоненте на сайте (портале) Института органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской Академии Наук в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://zioc.ru/events/novosti-dissertacionnyix-sovetov> с момента подписания настоящего согласия.

Приложение: сведения об официальном оппоненте

к.х.н., доцент кафедры ХТОСА
РХТУ им. Д. И. Менделеева

Н.В. Юдин

Подпись Н.В. Юдина заверяю:
ученый секретарь
РХТУ им. Д. И. Менделеева, д.т.н.

Н.А. Макаров



Сведения об официальном оппоненте
по диссертации **Леонова Никиты Евгеньевича**
«Новые высокоэнергетические и биологически активные (нитро-*NNO*-азокси)-, (циано-*NNO*-азокси)- и (1*H*-тетразол-5-ил-*NNO*-азокси)соединения: синтез и свойства» по специальности 1.4.3 – органическая химия на соискание ученой степени кандидата химических наук

Фамилия, имя, отчество	Юдин Николай Владимирович
Гражданство	Россия
Ученая степень, наименование отрасли науки, научных специальностей, по которым защищена диссертация	к.х.н., 2.6.12. «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ»
Ученое звание	-
Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	РХТУ им. Д.И. Менделеева
Занимаемая должность	доцент
Почтовый индекс, адрес организации	125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9, стр. 1
Веб-сайт	https://muctr.ru
Телефон	+7 (495) 496-60-27
Адрес электронной почты	yudin.n.v@muctr.ru

Список основных публикаций в рецензируемых изданиях, монографии, учебники за последние пять лет по теме диссертации	1. Sinditskii Valery P., Melnikova Ludmila Ya, Smirnova Anastasia D., Yudin Nikolay V., Konnov Alexei A., Dalinger Igor L., Klenov Michael S. Thermal Decomposition Kinetics and Decomposition Mechanism of (Dinitropyrazolyl)Azoxyfurazanes. // International Journal of Chemical Kinetics, 2025, том 57, № 10, с. 571-588 DOI: 10.1002/kin.70003 2. Sinditskii Valery P., Smirnov Sergey P., Smirnova Anastasia D., Nikolay V. Yudin, Ye Kyaw O., Hoang Trung H., Dalinger Igor L. Trinitropyrazole derivatives: the features of thermal decomposition, combustion behaviors and mechanism. // FirePhysChem, 2025, том 5, № 5, с. 478-490, DOI: 10.1016/j.fpc.2025.03.003 3. Sinditskii Valery P., Nikolay V. Yudin, Serushkin Valery V., Gubina Anna O., Smirnova Anastasia D., Parakhin Vladimir V., Smirnov Gennadii A., Suponitsky Kyrill Yu, Sheremetev Aleksei B. CL-20 analogues: Structure - Thermal stability/decomposition mechanism relationships. // Energetic Materials Frontiers, 2024, том 5, № 1, с. 27-40 DOI: 10.1016/j.enmf.2024.02.008 4. Sinditskii Valery P., Kushtaev Alexander A., Nikolay V. Yudin, Levshenkov Anton I., Kondakova Natalia N., Alekseeva Marina A. 1,1-Diamino-2,2-dinitroethylene: The riddles of thermal decomposition and combustion. // Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2023, том 177, с. 1-17, DOI: 10.1016/j.jpcs.2023.111275 5. Sinditskii Valery P., Serushkin Valery V., Nikolay V. Yudin, Melnikova Ludmila Ya, Serushkina Olga V., Lipilin Dmitry L., Shkineva Tatyana K., Dalinger Igor L. Unique zwitterionic explosophore azasydnimine: thermal stability, decomposition and combustion mechanism of aromatic derivatives. // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2022, том 147, № 22, с. 12871-12881, DOI: 10.1007/s10973-022-11503-4
--	--

Список основных публикаций в рецензируемых изданиях, монографии, учебники за последние пять лет по теме диссертации	6. Kushtaev Alexander A., N.V. Yudin, Kondakova Natalia N., Ilicheva Natalia N., Vu Tuan Q., Zbarskiy Vitold L. Investigation of FOX-7 Polymorphs: new polymorphs – ϵ and ζ. // ChemistrySelect, 2021, DOI:10.1002/slct.20210281 7. Sinditskii V.P., Smirnova A. D., Serushkin V. V., N.V. Yudin, Vatsadze I. A., Dalinger I. L., Kiselev V.G., Sheremetev A. B. Nitroderivatives of N-Pyrazolyltetrazoles: Thermal Decomposition and Combustion. // Thermochimica Acta, 2021, том 698. DOI: 10.1016/j.tca.2021.178876 8. Vu Tuan Q., Nikolai V. Yudin, Kushtaev A. A., Nguyen Thanh X., Maltsev S. A. Spectroscopic Study of the Basicity of 4,6-Dihydroxypyrimidine Derivatives. // ACS Omega, 2021, том 24, № 6(22), с. 14154-14163. DOI: 10.1021/acsomega.1c00671
--	---

Являетесь ли Вы работником Института органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской Академии Наук (в том числе по совместительству)?	Не являюсь
Являетесь ли Вы работником (в том числе по совместительству) организации, где работает соискатель ученой степени, его научный руководитель?	Не являюсь
Являетесь ли Вы работником (в том числе по совместительству) организаций, где ведутся научно-исследовательские работы, по которым соискатель ученой степени является руководителем или работником организации-заказчика или исполнителем (соисполнителем)?	Не являюсь
Являетесь ли Вы членом Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования науки Российской Федерации?	Не являюсь

Являетесь ли Вы членом экспертных советов Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования науки Российской Федерации?	Не являюсь
Являетесь ли Вы членом диссертационного совета, принявшего диссертацию к защите?	Не являюсь
Являетесь ли Вы соавтором соискателя степени по опубликованным работам по теме диссертационного исследования?	Не являюсь

Официальный оппонент, к.х.н.,
доцент кафедры ХТОСА
РХТУ им. Д. И. Менделеева



Н.В. Юдин

Подпись Н.В. Юдина заверяю:
ученый секретарь
РХТУ им. Д. И. Менделеева, д.т.н.




Н.А. Макаров

Отзыв официального оппонента

Кандидата химических наук Юдина Николая Владимировича
на диссертационную работу Леонова Никиты Евгеньевича на тему
«Новые высокоэнергетические и биологически активные
(нитро-NNO-азокси)-, (циано-NNO-азокси)- и
(1H-тетразол-5-ил-NNO-азокси) соединения: синтез и свойства»,
представленную на соискание учёной степени
кандидата химических наук
по специальности 1.4.3 — Органическая химия

Актуальность темы исследования. Диссертация Н. Е. Леонова посвящена синтезу и комплексному изучению свойств новых полиазот-кислородных соединений, содержащих малоизученные функциональные фрагменты — (нитро-NNO-азокси)-, (циано-NNO-азокси)- и (1H-тетразол-5-ил-NNO-азокси)группы. Актуальность темы обусловлена двойственным потенциалом таких соединений: с одной стороны, они могут выступать как высокоэнергетические материалы (благодаря высокой положительной энтальпии образования, хорошему кислородному балансу), с другой — проявлять биологическую активность (фунгицидную, антибактериальную, NO-донорную). До начала работы круг энергоёмких (нитро-NNO-азокси)-соединений был ограничен единичными примерами с невысокой термостабильностью, а энергоёмкие (циано-NNO-азокси)фуразаны оставались малоизученными. Таким образом, разработка методов синтеза новых представителей этих классов, изучение их физико-химических, энергетических и биологических свойств представляет несомненный научный и практический интерес.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Диссертация имеет классическую структуру повествующую о решении поставленных задач. Первая глава посвящена синтезу (нитро-NNO-азокси)соединений — алифатических, гетероциклических (фуразаны, би(1,2,4-триазолы), триазолотриазины, тетразин-1,3-диоксиды) и ароматических представителей. Вторая глава рассматривает синтез энергоёмких (циано-NNO-азокси)фуразанов и (1H-тетразол-5-ил-NNO-азокси)фуразанов и их солей. Третья глава обобщает физико-химические, энергетические, эксплуатационные характеристики и биологическую активность полученных соединений.

Объём экспериментального материала выглядит достойно: работа изложена на 284 страницах, содержит 118 схем, 66 таблиц, 75 рисунков и 159

библиографических ссылок. Выводы логично вытекают из представленных экспериментальных данных, каждый вывод подтверждён конкретными результатами синтеза и анализа.

Достоверность результатов. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием современного оборудования и комплекса взаимодополняющих методов. Строение, структура и состав всех синтезированных соединений подтверждены данными спектроскопии ЯМР на ядрах ^1H , ^{13}C , ^{14}N , ^{15}N , ИК-спектроскопии, масс-спектрометрии высокого разрешения, рентгеноструктурного и элементного анализа. Термическая стабильность определена методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Энтальпии образования ряда соединений определены экспериментально методом калориметрии сгорания (ФИЦ ХФ РАН, д.х.н. Т. С. Конькова). Детонационные характеристики рассчитаны с использованием программы PILEM. Биологическая активность изучена *in vitro* с использованием эталонных препаратов сравнения.

Новизна научных результатов. Научная новизна работы несомненна и существенна и включает ряд оригинальных результатов из которых хотелось бы выделить синтез ряда простейших алифатических (нитро-NNO-азокси)соединения (соединения 1–4) на примере которых оказано, что их химическая и термическая стабильность зависит от наличия подвижных атомов водорода при α -углеродном атоме. Также безусловно интересен электрохимический метод синтеза алифатических, ароматических и гетероциклических (нитро-NNO-азокси)соединений взаимодействием нитрозосоединений с солями динитрамида в условиях анодного окисления.

Научная и практическая значимость. Научная значимость работы заключается в расширении круга известных (нитро-NNO-азокси)-, (циано-NNO-азокси)- и (1H-тетразол-5-ил-NNO-азокси)соединений, установлении некоторых закономерностей «структура — термостабильность» для (нитро-NNO-азокси)соединений, а также в создании достаточно универсального электрохимического метода синтеза, опробованного на широком круге субстратов.

Практическая значимость определяется следующими результатами. Во-первых, ряд синтезированных соединений (триазолотриазин 33, азотриазол 40, би(триазол) 39, 41, соли 11b, 12a) обладает комплексом характеристик (энтальпия образования, плотность, детонационные характеристики), сопоставимым или превосходящим гексоген (RDX) и октоген (HMX), и может быть рекомендован для дальнейшего исследования в качестве потенциальных компонентов энергетических систем. Во-вторых, (циано-NNO-азокси)фуразаны 90–92 сочетают высокие

энтальпии образования (до 1073 ккал·кг⁻¹) с высокой термостабильностью (до 222 °С) и могут представлять интерес для литевых взрывчатых составов. В-третьих, среди (нитро-NNO-азокси)соединений алифатического, ароматического и гетероциклического рядов найдены вещества-лидеры по фунгицидной, антибактериальной и NO-донорной активности, сопоставимые или превосходящие коммерческие препараты. Подтверждением практической значимости является получение 7 патентов.

Личный вклад соискателя. Согласно данным работы, личный вклад автора заключается в синтезе всех обсуждаемых соединений (за исключением соединений раздела 3, синтез которых осуществлён совместно с Лабораторией исследования гомолитических реакций № 13 ИОХ РАН), участии в установлении строения полученных соединений с помощью комплекса современных физико-химических и спектральных методов, обработке и интерпретации результатов, поиске и анализе литературных данных, постановке задач, обсуждении результатов и написании статей.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации. Автореферат полностью отражает суть работы и содержит ключевые достижения и выводы соискателя.

Публикации основных результатов. По результатам исследований опубликовано 10 статей в ведущих международных и российских журналах (включая Eur. J. Org. Chem., Mendeleev Commun., Изв. АН. Сер. хим. и др.), 10 тезисов докладов на российских и международных конференциях, получено 7 патентов. Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых изданиях, соответствующих требованиям п. 11 и 13 Положения о присуждении учёных степеней.

Замечания вопросы. Отмечая высокий уровень выполнения работы, оппонент все же считает необходимым отметить следующие замечания и вопросы:

Имеются незначительные погрешности оформления: В оглавлении диссертации (стр. 2) допущена ошибка в сквозной нумерации подразделов Главы 2.1.2: дважды повторяется номер 2.1.2.7 (для тетразолов и для циклотримеризации). На стр. 154 в подписи к Рисунку 59 допущена явная ошибка copy-paste: указано, что диаграмма посвящена (циано-NNO-азокси)фуразанам 267–269, хотя из сопутствующей Таблицы 49 однозначно следует, что там приведены спектральные характеристики (1H-тетразол-5-ил-NNO-азокси)фуразанов, в печатной версии диссертации последнии два листа списка литературных источников вшиты кверху ногами.

Отсутствуют важные параметры электросинтеза: В Разделе 3 («Электрохимический синтез...») и в Экспериментальной части при описании условий препаративного электролиза автор указывает силу тока (мА) и количество затраченного электричества (Фарадей на моль). Однако в тексте отсутствуют данные о рабочем напряжении на электродах или падении напряжения на электрохимической ячейке в процессе синтеза, а также плотности тока. Поскольку электролиз проводился в неразделенной ячейке (Разделы 3.1–3.3) и в разделенной Н-ячейке (Схема 103), фиксация величины напряжения или диапазона его изменения важна для оценки воспроизводимости методик и исключения побочных процессов деструкции растворителя. Из каких соображений автор не привел данные параметры?

Неполнота биологических исследований при оценке потенциальной применимости: В Главе 7 автором проведено импонирующее по объему *in vitro* исследование фунгицидной, антибактериальной и NO-донорной активности полученных соединений. В выводах и тексте работы (стр. 171–172) заявляется о высокой перспективности биомедицинского применения ряда гетероциклических доноров NO и антисептиков (например, пиразола 251). Однако в работе полностью отсутствуют данные по цитотоксичности синтезированных веществ на нормальных эукариотических клеточных линиях. Без оценки терапевтического индекса (соотношения цитотоксической концентрации к минимальной ингибирующей концентрации) утверждения о возможности медицинского применения потенциально взрывоопасных соединений выглядят слегка преждевременными. Планируются ли подобные исследования в дальнейшем?

Из материалов Главы 6.1.1 следует, что для большинства термостабильных систем энтальпия образования была определена экспериментальным путем (калориметрия сгорания). Однако для весьма интересного бис(нитро-*NNO*-азокси)азотриазола 182 приведены лишь расчетные данные энтальпии образования полученные аддитивным методом (Таблица 53, стр. 167). Чем обусловлена невозможность проведения прямого калориметрического эксперимента для данного соединения, ведь его чистота и стабильность, судя по тексту, были достаточными?

Перечисленные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы и могут быть учтены при дальнейших исследованиях или обсуждены в ходе защиты.

Заключение. Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки работы и никак не касаются новизны и достоверности полученных результатов.

Автореферат диссертации и опубликованные работы отражают основное содержание работы. Публикации автора подтверждают его высокий профессиональный уровень. Результаты могут быть использованы в ФГБУН Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, ФГБУН Институте элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН, ФГБУН Институте органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, ФГБУН Международном Томографическом центре СО РАН, ФГБУН Институте катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, ФГБУН Институте неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, а также в учебных курсах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова и других ВУЗов. Диссертационная работа по новизне, практической значимости, достоверности результатов и обоснованности выводов удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (утверждено Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями Постановлений Правительства РФ от: 21.04.2016 г. № 335; 02.08.2016 г. № 748; 29.05.2017 г. № 650; 20.03.2021 г. № 426, 26.10.2023 г. № 1786 в действующей редакции), а её автор Леонов Никита Евгеньевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 1.4.3 – Органическая химия.

Официальный оппонент

доцент кафедры химии и технологии
органических соединений азота,

Инженерного химико-технологического
факультета Российского химико-технологического
университета имени Д.И. Менделеева,
к.х.н.


Н.В. Юдин

02 октября 2026 г.

125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9, стр. 1

Тел.: +7 (495) 496-60-27; e-mail: yudin.n.v@muctr.ru и

Я согласен на обработку моих персональных данных.

Подпись Н.В. Юдина заверяю:

ученый секретарь

РХТУ им. Д. И. Менделеева, Д.И.




Н.А. Макаров