

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.092.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
ИМ. Н.Д. ЗЕЛИНСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 22.10.2025 г. № 55

О присуждении Ушакову Павлу Юрьевичу (гражданину Российской Федерации) ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Новые подходы к получению изоксазолинов на основе реакций [4+1]-аннелирования и их применение в стереоселективном синтезе пирролидинов и альдолей» по специальности 1.4.3. (органическая химия) принята к защите 04 июня 2025 г., протокол № 22 диссертационным советом 24.1.092.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института органической химии им. Н. Д. Зелинского Российской академии наук (ИОХ РАН), утвержденного решением ВАК Минобрнауки РФ (приказ №105/нк от 11 апреля 2012 года). Деятельность совета возобновлена 24 сентября 2021 года в соответствии с приказом № 964/нк.

Соискатель Ушаков Павел Юрьевич 1997 года рождения, в 2021 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по направлению подготовки 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия», номер диплома ААТ 2800900, регистрационный номер 04v-0161-11w, дата выдачи 30 июня 2021 г.

В период подготовки диссертации обучался в очной аспирантуре ФГБУН ИОХ РАН им. Н.Д. Зелинского по направлению подготовки 1.4.3. «Органическая химия» с 20.09.2021 по 20.09.2025, справка об обучении №8 выдана 24 апреля 2025 г.

Кандидатские экзамены по истории и философии науки (хорошо), английскому языку (отлично) и органической химии (отлично) сданы. В настоящее время работает инженером-исследователем в Лаборатории органических и металл-органических азот-кислородных систем № 9 ИОХ РАН и преподавателем базовой кафедры ИОХ РАН имени Н.Д. Зелинского факультета химии НИУ ВШЭ.

Диссертация выполнена в Лаборатории органических и металл-органических азот-кислородных систем № 9 ИОХ РАН, **научный руководитель** — заведующий лабораторией органических и металл-органических азот-кислородных систем № 9 ИОХ РАН, профессор, доктор химических наук Сухоруков Алексей Юрьевич.

Официальные оппоненты:

Михайлов Андрей Андреевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник, руководитель группы химии природных соединений ИБХ РАН.

Аверина Елена Борисовна, доктор химических наук, профессор кафедры медицинской химии и тонкого органического синтеза химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» в своем **положительном заключении**, подписанном Воскресенским Леонидом Геннадиевичем (д.х.н., профессор РАН, заведующий кафедрой органической химии, декан факультета физико-математических и естественных наук РУДН) указала, что диссертационная работа Ушакова П.Ю. по актуальности, научной и практической значимости, достоверности полученных результатов и обоснованности выводов соответствует требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук в соответствии с

пунктами 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 (в действующей редакции), а ее автор, Ушаков Павел Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.3 — Органическая химия.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается близостью тематик научных работ: диссертационная работа относится к областям органического синтеза и химии гетероциклических соединений.

На автореферат поступило два положительных отзыва: от д.х.н., доцента Аксенова Николая Александровича (заведующий кафедрой органической и аналитической химии химико-фармацевтического факультета ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский университет») и от д.х.н., доцента Утеповой Ирины Александровны (профессор кафедры органической и биомолекулярной химии Химико-технологического института ФГАОУ ВО "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина" (УрФУ)).

Изложенные замечания по работе не носят принципиального характера, относятся к оформлению автореферата, также имеются вопросы по механизмам представленных превращений и выбору исходных субстратов для сборки гетероциклических каркасов. Все недостающие в автореферате сведения содержатся в тексте диссертации и публикациях по теме диссертации.

В дискуссии приняли участие: к.х.н. Смирнов Владимир Ольгердович (м.н.с. лаборатории функциональных элементоорганических соединений № 133 ИНЭОС РАН), д.х.н. Старосотников Алексей Михайлович (заместитель заведующего лабораторией ароматических азотсодержащих соединений № 18), д.х.н. Верещагин Анатолий Николаевич (заведующий лабораторией углеводов и биоцидов им. академика Н.К. Кочеткова № 21), д.х.н. Газиева

Галина Анатольевна (в.н.с. лаборатории азотсодержащих соединений № 19), к.х.н. Саликов Ринат Фаритович (с.н.с. лаборатории химии диазосоединений № 6), к.х.н. Воронин Алексей Александрович (с.н.с. лаборатории химии нитросоединений № 42).

Соискатель имеет **7 опубликованных статей**, в журналах, рекомендованных ВАК, **5 тезисов** на всероссийских и международных конференциях.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ushakov P. Yu. Recent advances in the application of the isoxazoline route to aldols in the synthesis of natural products / P. Yu. Ushakov, A. Yu. Sukhorukov // Nat. Prod. Rep. – 2025 – DOI: 10.1039/D4NP00069B.
2. Ushakov P. Yu. Umpolung Approach to Aldol Products via Isoxazoline N-Oxides as Intermediates / P. Yu. Ushakov, A. Yu. Sukhorukov // J. Org. Chem. – 2024 – T. 89, № 21 – C. 15590 – 1559.
3. Ushakov P. Yu. Regio- and diastereoselective access to densely functionalized ketones via the Boekelheide rearrangement of isoxazoline N-oxides / P. Yu. Ushakov, S. L. Ioffe, A. Yu. Sukhorukov // Org. Biomol. Chem. – 2022 – T. 20 – C. 5624 – 5637.
4. Ushakov P. Yu. Recent advances in the application of ylide-like species in [4+1]-annulation reactions: an updated review / P. Yu. Ushakov, S. L. Ioffe, A. Yu. Sukhorukov // Org. Chem. Front. – 2022 – T. 9 – C. 5358 – 5382.
5. Ushakov P. Yu. Sequential Formal [4+1]-Cycloaddition, C–H Functionalization and Suzuki–Miyaura Cross-Coupling for the Synthesis of Trisubstituted Isoxazolines / P. Yu. Ushakov, A. Yu. Sukhorukov, S. L. Ioffe, A. A. Tabolin // Eur. J. Org. Chem. – 2021 – T. 2021, № 18 – C. 2680 – 2693.
6. Ushakov P. Yu. Synthesis of Isoxazolines from Nitroalkanes via a [4+1]-Annulation Strategy / P. Yu. Ushakov, E. A. Khatuntseva, A. A. Tabolin, S. L. Ioffe, A. Yu. Sukhorukov // Adv. Synth. Catal. – 2019 – T. 2019, № 361 – C. 5322 – 5327.

7. Zhmurov P. A. A Novel Entry to 3,4,5-Trisubstituted 2-Pyrrolidones from Isoxazoline-N-oxides / Zhmurov P. A., P. Yu. Ushakov, R. A. Novikov, A. Yu. Sukhorukov, S. L. Ioffe // Synlett – 2018 – T. 29, № 14 – С. 1871 – 1874.

ПОСТАНОВИЛИ:

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Предложен метод сборки изоксазолинового цикла посредством реакции [4+1]-аннелирования нитрозоалкенов, генерируемых из непредельных нитрозоацеталей, с илидами серы.

Реализован синтез широкой серии изоксазолин N-оксидов путем взаимодействия N,O-содержащих гетеродиенов (нитроалкенов) и сульфониевых илидов.

Разработан метод селективного расщепления связи N-O в полизамещенных изоксазолинах и их N-оксидах, приводящий к образованию β -гидроксикетонов.

Установлено, что оптимальными условиями для восстановительного расщепления связи N-O в изоксазолиновом цикле является каталитическое гидрирование на никеле Ранея.

Предложен метод синтеза 3-бензил-замещенных изоксазолинов на основе реакций кросс-сочетания по Сузуки-Мияуре 3-бромметилизоксазолинов и арилбороновых кислот.

Показано, что полученные изоксазолины и гидроксикетоны могут быть эффективными синтетическими интермедиатами в полном синтезе природных и фармакологически ценных соединений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Развито сложное комплексное направление, охватывающее реакции [4+1]-аннелирования таких гетеродиенов, как нитро- и нитрозоалкены сульфониевыми илидами, а также восстановительные трансформации

полученных соединений, включая каталитическое гидрирование. Исследованы стереохимические особенности протекающих процессов, а также предложено их объяснение с использованием квантово-химических расчетов.

Реализованы подходы к синтезу полизамещенных изоксазолинов и их N-оксидов на основе реакций [4+1]-аннелирования. Показано, что получающиеся при этом полизамещенные изоксазолины могут быть легко конвертированы в такие ценные синтетические интермедиаты, как пирролидины и альдоли.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы:

- ЯМР-спектроскопия;
- масс-спектрометрия высокого разрешения;
- традиционные экспериментальные методики органической химии;
- работа в инертной атмосфере с использованием абсолютных растворителей;
- работа с водородом при атмосферном и избыточном давлении;
- квантово-химическое моделирование реакций.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

Разработаны методы синтеза гидроксипирролидинов и гидроксикетонов, которые имеют большое значение для дизайна биологически активных соединений.

Показано, что предложенная в диссертационной работе методология может быть использована для полного синтеза известного антагониста нейрокининовых NK1 рецепторов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Экспериментальные работы выполнены на высоком уровне, анализ полученных продуктов проводился на сертифицированном оборудовании.

Для подтверждения строения и чистоты полученных продуктов **использован** комплекс современных физико-химических методов анализа, таких как спектроскопия ЯМР на ядрах ^1H , ^{13}C , ^{19}F , 2D-корреляционная спектроскопия, масс-спектрометрия высокого разрешения. Используются современные системы сбора и обработки научно-технической информации: электронные базы данных Reaxys (Elsevier), SciFinder (Chemical Abstracts Service) и Web of Science (Thomson Reuters), а также полные тексты статей, монографий и книг.

Теоретическая интерпретация полученных экспериментальных данных не противоречит литературным данным в области химии гетероциклических соединений и базируется на квантово-химических расчетах.

Личный вклад соискателя состоял в поиске, анализе и обобщении научной информации по тематике исследования, планировании и выполнении описанных в диссертации химических экспериментов, выделении и очистке образующихся соединений. Диссертант принимал непосредственное участие в установлении строения полученных продуктов с помощью физико-химических и спектральных методов анализа, обрабатывал и интерпретировал полученные результаты. Соискатель осуществлял апробацию работ на конференциях и написание публикаций по выполненным исследованиям.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решена научная задача, имеющая принципиальное значение для органической химии, а именно развиты новые подходы к сборке изоксазолинового цикла путем реакций [4+1]-аннелирования - новой и активно развиваемой стратегией в современной органической химии. Кроме этого, трансформации полученных в ходе исследования соединений в ценные синтетические интермедиаты, такие как гидроксикетоны и пирролидины, дополнительно показывают значимость работы.

Таким образом, диссертационная работа соответствует критериям, установленным в п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней»,

утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), и диссертационный совет принял решение присудить Ушакову Павлу Юрьевичу учёную степень кандидата химических наук по специальности 1.4.3. — органическая химия.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 11 докторов наук по специальности 1.4.3 — органическая химия рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 16, против присуждения учёной степени нет, недействительных бюллетеней нет.

Заместитель председателя диссертационного совета
заведующий лабораторией № 21, д.х.н.

Верещагин А.Н. Верещагин

Ученый секретарь
диссертационного совета д.х.н.

Газиева Г.А. Газиева

Подписи А.Н. Верещагина и Г.А. Газиевой заверяю

Ученый секретарь ИОХ РАН

Коршевец И.К. Коршевец

22 октября 2025 г.

