



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

Пушкина ул., д.1, г. Ставрополь, 355017. Тел.: 7(8652) 95-68-08. E-mail: info@ncfu.ru; http:// www.ncfu.ru.
ОКПО 02067965; ОГРН 1022601961580; ИНН/КПП 2635014955/263401001

23.10.2025 № 5333-02/16
На № _____ от _____

Председателю диссертационного
совета 24.1.092.01 при Федеральном
государственном бюджетном
учреждении науки Институте
органической химии им. Н.Д.
Зелинского Российской академии
наук Академику РАН

М.П. Егорову

Уважаемый Михаил Петрович!

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» выражает свое согласие выступить ведущей организации по диссертации Федоренко Алексея Константиновича на тему «Деароматизация высокоэлектрофильных пиридинов с использованием реакций (3+2)-, (4+2)-циклоприсоединения и нуклеофильного присоединения», представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.3. Органическая химия.

В соответствии с Федеральным законом от 27.07.2006 г. № 152 - ФЗ «О персональных данных» настоящим даем согласие на обработку данных об организации в целях включения в аттестационное дело соискателя для защиты диссертации.

Также даем согласие на размещение полного текста отзыва на диссертацию и сведений о ведущей организации на сайте (портале) университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Отзыв будет подготовлен на кафедре органической химии.

Приложение: сведения о ведущей организации.

С уважением,

Первый проректор
профессор

А.А. Лиховид

Сведения о ведущей организации
ФГАОУ ВО «Северо-кавказский федеральный университет»
 по диссертации Федоренко Алексея Константиновича на тему
 «Деароматизация высокоэлектрофильных пиридинов с использованием
 реакций (3+2)-, (4+2)-циклоприсоединения и нуклеофильного
 присоединения», представленной на соискание ученой степени кандидата
 химических наук по специальности 1.4.3. Органическая химия

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ФГАОУ ВО СКФУ
Организационно-правовая форма организации	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Почтовый индекс, адрес организации	355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1
Телефон	+7 (8652) 95-68-08
Адрес электронной почты	info@ncfu.ru
Руководитель организации	И.о. ректора Шебзухова Татьяна Александровна, доктор исторических наук, профессор
Наименование профильного структурного подразделения, занимающегося проблематикой диссертации	Кафедра органической химии, химического факультета
Сведения о лице, утверждающем отзыв ведущей организации	Первый проректор профессор Лиховид Андрей Александрович
Сведения о составителе отзыва из ведущей организации	Аксенова Инна Валерьевна, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой физической химии химического факультета
Список основных публикаций в рецензируемых изданиях, монографии, учебники за последние пять лет по теме диссертации (не более 15 публикаций)	
1. A.V. Aksenov, N.A. Arutiunov, N.K. Kirilov, D.A. Aksenov, I.Yu. Grishin, N.A. Aksenov, H. Wang, L. Du, T. Betancourt, S. C. Pelly, A. Kornienko, M. Rubin. [3+ 2]-Annulation of pyridinium ylides with 1-chloro-2-nitrostyrenes unveils a tubulin polymerization inhibitor //Organic & Biomolecular Chemistry. – 2021. – Т. 19. – №. 33. – С. 7234-7245.	

2. N.A. Aksenov, N.A. Arutiunov, A.V. Aksenov, I.V. Aksenova, E.V. Aleksandrova, D.A. Aksenov, M. Rubin. Nitrovinylindoles as Heterotrienes: Electrocyclic Cyclization En Route to β -Carboline: Total Synthesis of Alkaloids Norharmane, Harmane, and Eudistomin N //Org. Lett. – 2022. T. 24. – № 39. – C. 7062–7066.
3. A.V. Aksenov, D.A. Aksenov, N.A. Aksenov, A.A. Skomorokhov, E.V. Aleksandrova, M. Rubin. Preparation of spiro [indole-3, 5'-isoxazoles] via Grignard conjugate addition/spirocyclization sequence //RSC Advances. – 2021. – T. 11. – №. 3. – C. 1783-1793.
4. A.V. Aksenov, N.A. Aksenov, N.K. Kirilov, A.A. Skomorokhov, D.A. Aksenov, I.A. Kurenkov, E.A. Sorokina, M.A. Nobi, M. Rubin. Does electrophilic activation of nitroalkanes in polyphosphoric acid involve formation of nitrile oxides? // RSC Advances. – 2021. – T. 11. – №. 57. – C. 35937-35945.
5. A.V. Aksenov, N.K. Kirilov, N.A. Aksenov, N. A. Arutiunov, D.A. Aksenov, M. Rubin. Electrophilically activated nitroalkanes in the synthesis of substituted 1,3,4-oxadiazoles from amino acid derivatives //Chem. Heterocycl. Comp. – 2022. – T. 58. – C. 32-36.
6. I.Yu. Grishin, D.A. Aksenov, N.A. Aksenov, Yu.I. Grishin, A.V. Leontiev, A.V. Aksenov. One-pot synthesis of 4-methyl-2-alkyl quinazoline-N-oxides by cascade acetamidation–acylation of simple electron-rich arenes with primary nitroalkanes //Tetrahedron. – 2025. – T. 177. – C. 134589.
7. I.Yu. Grishin, A.V. Aksenov, N.A. Aksenov, Yu.I. Grishin, A.V. Leontiev, D.A. Akse nov. One-step synthesis of 4-methyl-2-substituted quinazoline-3-oxides via polyphosphoric acid catalyzed acylation of electron-rich anilides with nitroethane //Tetrahedron. – 2024. – T. 151. – C. 133784.
8. A.V. Aksenov, N.K. Kirilov. N.A. Aksenov. D.A. Aksenov, E.A. Sorokina, C. Lower, M. Rubin. Electrophilically activated nitroalkanes in double annulation of [1,2,4]Triazolo[4,3-a]quinolines and 1,3,4-Oxadiazole rings //Molecules. – 2021. – T. 26. – №. 18. – C. 5692.
9. D.A. Aksenov, J.L. Smith, A.V. Aksenov, L.A. Prityko, N.A. Aksenov, I.K. Kuzminov, E.V. Aleksandrova, P. Sathish, N. Mesa-Diaz, A. Vernaza, A. Zhang, L. Du, A. Kornienko ^b 2-(3-Indolyl) acetamides and their oxazoline analogues: Anticancer SAR study //Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters. – 2024. – T. 102. – C. 129681.
10. S.V. Shcherbakov, N.A. Aksenov, V.Yu. Shcherbakova, A.Yu. Magometov, A.Yu. Ivanova, S.N. Ovcharov, A.V. Aksenov. Oxidation of 2-(5-bromo-3,4-dihydropyrimidin-4-yl)phenols, a new approach to the synthesis of benzofuro[3,2-d]pyrimidines //Russian Chemical Bulletin. – 2023. – T. 72. – №. 4. – C. 966-971.
11. Arutiunov N. A., Edvall C., Aksenov A. V., Aksenov D. A., Kurenkov I. A., Aksenova I. V., Zatsepilina A. M., Aksenov N. A., Mallik S., Kornienko A. Syntheses of 3-(2-nitrovinyl)-indoles, benzo[a]carbazoles, naphtho[2,1-a]carbazoles, and 1-hydroxy- β -carbolines lead to identification of antiproliferative compounds active under hypoxia. J. Org. Chem., 2024, 89 (19), 13923-13936. DOI: 10.1021/ACS.JOC.4C01028.
12. Tilchenko D.A., Bibik E.Y., Dotsenko V.V., Krivokolysko S.G., Frolov K.A., Aksenov N.A., Aksenova I.V. Synthesis and Hypoglycemic Activity of New

- Nicotinonitrile-Furan Molecular Hybrids. Russ J. Bioorg. Chem., 2024, 50 (2), 554–570. DOI: 10.1134/S1068162024020183.
13. Abaev, V.T.; Aksenov, N.A.; Aksenov, D.A.; Aleksandrova, E.V.; Akulova, A.S.; Kurenkov, I.A.; Leontiev, A.V.; Aksenov, A.V.. One-Pot Synthesis of Polynuclear Indole Derivatives by Friedel–Crafts Alkylation of γ -Hydroxybutyrolactams. *Molecules*, 2023, 28, 3162. DOI: 10.3390/molecules28073162.
14. Grishin I. Yu, Aksenov D. A., Aksenov N. A., Grishin Y. I., Leontiev A. V., Aksenov A. V. One-pot synthesis of 4-methyl-2-alkyl quinazoline-N-oxides by cascade acetamidation–acylation of simple electron-rich arenes with primary nitroalkanes. *Tetrahedron.*, 2025, 177, 134589. DOI: 10.1016/j.tet.2025.134589.
15. Aksenov A.V., Grishin I.Y., Aksenov D.A., Grishin Y.I., Aksenova I.V., Aksenov N.A. Effects of the structure of primary nitroalkanes and reaction conditions on the selectivity of acylation of arenes in polyphosphoric acid. *Russ. Chem. Bull.*, 2024, 73 (6), 1612-1622. DOI: 10.1007/s11172-024-4277-8.

Первый проректор
профессор



А.А. Лиховид

УТВЕРЖДАЮ:

первый проректор

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет»

доктор географических наук,

профессор



А.А. Лиховид А.А. Лиховид

18 ноября

2025 г.

ОТЗЫВ

**ведущей организации – федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет» на диссертационную работу
Федоренко Алексея Константиновича на тему:
«Деароматизация высокоэлектрофильных пиридинов с использованием реакций
(3+2)-, (4+2)-циклоприсоединения и нуклеофильного присоединения»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата химических наук
по специальности 1.4.3. Органическая химия**

Диссертационная работа Федоренко Алексея Константиновича посвящена исследованию новых подходов к деароматизации высокоэлектрофильных пиридинов с использованием реакций (3+2)- и (4+2)-циклоприсоединения, а также нуклеофильного присоединения. Данная задача является актуальной как в современном органическом синтезе, так и в медицинской химии, для которой подобные неплоские пиридиновые производные представляют значительный интерес. Для решения данной проблемы автором было предложено простое, но эффективное решение, а именно - реакция прямой деароматизации большой группы нитропиридинов и их конденсированных производных (изоксазоло-, тиадиазоло-, селенадиазоло- и др.), без использования сложных катализаторов и в мягких условиях. Как результат, диссертантом были разработаны надежные методы получения новых дигидро- и тетрагидропиридинов, потенциально востребованных в синтезе функциональных материалов и катализаторов. Таким

образом, тема диссертационной работы Федоренко А.К. является актуальной, отвечает современным тенденциям развития органического синтеза и имеет как научный, так и практический интерес.

Рассматриваемая диссертация. имеет традиционное для кандидатских исследований построение и включает введение, литературный обзор, основную часть с обсуждением результатов, экспериментальную часть, выводы, список публикаций и литературы. Работа изложена на 183 страницах, содержит 133 схемы, 17 таблиц и 17 рисунков, что свидетельствует о её высокой информативности и наглядности.

Во введении автор обосновывает актуальность диссертационного исследования, определяет его цель и формулирует задачи, подчеркивает научную новизну, теоретическую и практическую значимость выполненной работы.

Литературный обзор охватывает современные достижения в области деароматизации пиридинов и смежных гетероциклов, демонстрируя глубокое знание автором актуальных направлений органического синтеза. В целом, представленные литературные данные достаточно полно отражают текущее состояние исследований в этой области химии и позволяют сделать **обоснованное заключение о новизне и актуальности выбранной автором темы исследования.**

Основное содержание работы (обсуждение результатов) представлено в виде последовательного анализа синтеза и реакционной способности различных классов высокоэлектрофильных пиридинов. Автор подробно рассматривает методы получения нитропиридинов, изоксазоло-, тиадиазоло- и селенадиазолопроизводных, а также их участие в реакциях (3+2)- и (4+2)-циклоприсоединения и нуклеофильного присоединения.

Экспериментальная часть отличается полнотой описания методик и корректным применением физико-химических методов анализа, что обеспечивает **прозрачность и воспроизводимость** полученных результатов.

Достоверность полученных результатов обеспечивается квалифицированным использованием современных методов физико-химических исследований, в том числе спектроскопии ЯМР и масс-спектрометрии высокого

разрешения. Структуры синтезированных соединений подтверждены рентгеноструктурными исследованиями их монокристаллов.

Основное содержание диссертационного исследования **изложено в 9 публикациях** в международных периодических изданиях, индексируемых международными базами цитирования и **рекомендованных ВАК** для публикации результатов диссертационных исследований, Публикации однозначно свидетельствуют об актуальности, самостоятельности, оригинальности и высоком научном уровне исследований, выполненных А.К. Федоренко в рамках диссертационной работы. Результаты были также представлены на 17 российских конференциях высокого уровня по органической химии.

Научная новизна проведенной работы не вызывает никаких сомнений. Работа диссертанта представляет собой завершённое научное исследование, сделанное на высоком экспериментальном уровне, чья **практическая значимость** заключается в расширении арсенала синтетических подходов к созданию неплоских гетероциклических структур пиридинового ряда, потенциально обладающих фармакологической активностью. **Теоретическая значимость** диссертационного исследования определяется развитием представлений о реакционной способности полученного широкого ряда производных нитропиридинов, в том числе, установив влияние заместителей в пиридиновом кольце на направление реакций. Кроме того, в диссертации предложены оригинальные методы синтеза ранее неизвестных функционализированных дигидро- и тетрагидропиридинов и разработан универсальный метод синтеза тиадиазолопиридинов. Подобная системность в решении поставленной задачи определяет **ценность и научную значимость** данной диссертационной работы.

Автореферат, как по своей структуре, так и по сути изложения полностью отражает содержание диссертации.

Детальный анализ текста диссертации и автореферата, а также публикаций А.К. Федоренко по теме диссертационной работы позволяет **сделать заключение о их взаимном соответствии и о том, что цель диссертационного исследования достигнута, задачи, поставленные перед автором, были успешно решены в полном объеме.**

К представленной диссертационной работе А.К. Федоренко возникли следующие вопросы и замечания:

1. Несмотря на то, что в диссертации наличествует перечень использованных и сокращений, отсутствие языкового однообразия (одновременное использование как русских, так и английских аббревиатур) иногда затрудняет восприятие содержания работы.

2. В схемах 24,25 присутствуют мелкие опечатки, например, отсутствует заместитель X в кольце продукта в правой части схемы. На схеме 26 и в тексте отсутствует расшифровка сокращения NaBArF. На схеме 34 в конечном продукте 103 «потерян» заместитель Ar. На схеме 43 неправильно указана структура конечного продукта 131. На схеме 54 положение заместителя X в исходном субстрате 36 не соответствует положению в конечном продукте 162. На схеме 58 отсутствует заместитель Y в реагенте 174.

3. Нумерация соединений в тексте (212 и 213, стр. 57) и на схеме 74 (208 и 209) не совпадают.

4. Возможно, это вопрос вкуса/авторских предпочтений, но стандартное, общепринятое расположение названия таблиц над таблицей, а не под ней, как это делает автор для случая Табл. 1 на стр. 83 и для всех остальных таблиц в диссертации.

5. Описывая взаимодействие S-, O- и N-нуклеофилов с электронодефицитными пиридинами 1a (стр. 84) автор отмечает, что, в то время как, амины (2 экв) реагируют в мягких условиях (комн тем-ра), тиолы требуют добавления основания (Et_3N) для генерации более реакционноспособного тиолятиона. Учитывая, что тиолы сами по себе являются отличными нуклеофилами, сравнимыми, по меньшей мере, по силе с аминами, нам кажется данное утверждение спорным. В процессе реакции выделяется HCl и основание здесь, скорее всего, в первую очередь, участвует в связывании хлороводорода, а не генерировании тиолятов.

6. Обсуждая причины (стр. 87) образования двойных и одинарных продуктов циклоприсоединения 3 и 4 в случае S-, O- и N-замещенных пиридинов 2a, соответственно, в реакциях с нестабилизированным N-метилазометин-илидом I, диссертант предполагает, что донорный характер атома азота увеличивает

электронную плотность в пиридиновом кольце, что приводит к повышению энергии НСМО и, по видимому, к менее энергетически выгодному присоединению второй молекулы 1,3-диполя. Данный ход размышлений был бы абсолютно уместен если несколькими страницами ниже, в главе 3.1.3 посвящённой DFT исследованиям этой реакции, автор не отметил, что расчёты не подтверждают согласованный, синхронный механизм присоединения иллада I, характерный для классических реакций (3+2) циклоприсоединения. В этом смысле, как нам кажется, возникает некий диссонанс в предложенных объяснениях. Другими словами, МО аргументация полезна для качественного анализа, однако расчёты показывают ступенчатый механизм, потому объяснение следует скорректировать. Тем более, что на стр. 94, диссертант сравнивает рассчитанные энергии активации для N- и S-/O-замещенных производных 2 и делает на этом основании соответствующее заключение о предпочтительности одинарных/двойных аддуктов.

7. Нам кажутся интересными результаты квантово-механического моделирования данной реакции, которые свидетельствуют о каскадном, ступенчатом механизме процесса, а не о согласованном, классическом (3+2) циклоприсоединении. Хотелось, чтобы автор в будущем поставил точку в этом вопросе, исследовав подробнее этот процесс через, например, исследования кинетики данной реакции, использования меченых субстратов, ловушек интермедиатов и тд.

8. В главе 3.3.1 (стр. 90) автор дает почему-то нестандартное определение изменения свободной энергии Гиббса (ΔG) как «..разницу свободных энергий (ΔG) между исходными реагентами и продуктом...» (стр. 92), хотя должно быть все наоборот - продукты минус реагенты.

9. В экспериментальной части для известных соединений, например 2j (стр. 123), необходимо указывать экспериментальное и литературное значения T плавления.

10. Хотя в диссертации и приведены публикации по диссертации, но как-то странно в виде отдельного списка.

Вышеуказанные замечания и вопросы не сказываются на **общей высокой оценке работы и не ставят под сомнение значимость полученных результатов.** Диссертация А. К. Федоренко представляет собой завершённое исследование на

актуальную тему, полученные научные результаты имеют существенное значение для развития методов синтеза и реакционной способности производных пиридина. Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 1.4.3. - **Органическая химия** (химические науки), а именно направлениям «Выделение и очистка новых соединений» и «Выявление закономерности «структура - свойство».

Результаты и положения диссертационного исследования могут найти отражение в университетских учебных курсах по органической и медицинской химии, а также рекомендуются для использования в научных организациях, в которых изучаются методы синтеза органических соединений, среди них: химические факультеты Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова и Санкт-Петербургского государственного университета, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Институт органической и физической химии имени А. Е. Арбузова Казанского научного центра РАН, Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии РАН, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН, Новосибирский государственный университет.

Заключение

Ввиду вышесказанного можно утверждать, что диссертационная работа А.К. Федоренко «Деароматизация высокоэлектрофильных пиридинов с использованием реакций (3+2)-, (4+2)-циклоприсоединения и нуклеофильного присоединения» по поставленным задачам, уровню их решения, актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям, установленным в пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., № 842 (в ред. Постановления Правительства РФ в действующей редакции) и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важных теоретических и практических задач для развития методов синтеза и химии производных пиридина, а ее автор Федоренко Алексей Константинович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.3. Органическая химия (химические науки).

Отзыв подготовлен профессором, доктором химических наук по специальности 02.00.03 Органическая химия, Аксеновой Инной Валерьевной, обсуждён и утверждён на заседании кафедры органической химии химического факультета СКФУ протокол № 6 от 14 ноября 2025 г.

Присутствовало на заседании 14 человек.

Результаты голосования: «за» — 14 человек, «против» — нет, «воздержалось» — нет.

Доктор химических наук по специальности
02.00.03 Органическая химия, профессор  Инна Валерьевна Аксенова

Заведующий кафедрой органической
химии химического факультета,
доктор химических наук по специальности
1.4.3 Органическая химия, профессор  Николай Александрович Аксенов

Россия, 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», химический факультет, кафедра органической химии.

Тел. +7 (8652) 33-06-60, e-mail: naksenov@ncfu.ru

сайт СКФУ: <http://www.ncfu.ru/>

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ:
начальник отдела по
работе с сотрудниками УКА



 Н. С. ГОРБАЧЕВА