

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор –

проректор по научной работе РУДН

доктор медицинских наук, профессор член-корр. РАН



А.А. Костин

2025 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН) на основании решения, принятого на заседании Кафедры органической химии протокол № 0200-15-04/06 от 27.11.2025 г.

Диссертация Фесты Алексея Алексеевича «Домино-реакции нитрилов в синтезе гетероциклов» выполнена на кафедре органической химии факультета физико-математических и естественных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

Феста Алексей Алексеевич 1988 года рождения, гражданин России, в 2010 году окончил химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности «Химия», а в 2013 году – аспирантуру Российского университета дружбы народов по направлению 04.06.01 «Химические науки», успешно защитив кандидатскую диссертацию (02.00.03. Органическая химия). С 2013 года – ассистент кафедры органической химии, с 2015 – старший преподаватель, а с 2025 по н.в. – доцент.

Научный консультант – доктор химических наук, профессор РАН, заведующий кафедрой органической химии, декан факультета физико-математических и естественных наук РУДН Воскресенский Леонид Геннадьевич.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

рекомендовать работу Фесты Алексея Алексеевича к защите на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.3. Органическая химия. Диссертационная работа Фесты А.А. «Домино-реакции нитрилов в синтезе гетероциклов» является законченной научно-исследовательской работой и отвечает п. 9, 10, 11 и др. «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 30 января 2002 года № 74 (в редакции постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842).

**Оценка выполненной соискателем работы.** Диссертация является актуальным, фундаментальным и законченным самостоятельным исследованием, отличающимся высокой научной новизной и имеющим

важное теоретическое и практическое значение. Работа Фесты А.А. представляет собой оригинальное исследование в области современного органического синтеза и посвящена разработке домино- и мультикомпонентных реакций с участием функционализированных нитрилов (*N*-цианометильных солей азаетероциклов, динитрилов и алкинилнитрилов) для получения структурно разнообразных гетероциклических соединений.

**Личное участие автора** состоит в анализе литературы, постановке задач, проведении экспериментов, анализе результатов, формулировании выводов работы. Все статьи из списка публикаций подготовлены диссертантом лично или при его непосредственном участии, в большинстве статей диссертант является первым автором или автором для переписки.

**Степень достоверности результатов исследования.** Достоверность полученных результатов подтверждается воспроизводимостью синтетических методик, использованием современного комплекса физико-химических методов анализа (ЯМР-, ИК-спектроскопия, масс-спектрометрия, элементный анализ), а также подтверждением ключевых структур методом рентгеноструктурного анализа. Все выводы логически вытекают из экспериментальных данных, а полученные соединения охарактеризованы надежно и однозначно.

Основные результаты исследований опубликованы в 30 работах в рецензируемых журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, включая обзоры, главу в монографии. Также получен патент на изобретение, работа прошла апробацию на ведущих всероссийских и международных конференциях.

Основное содержание работы изложено в публикациях:

Обзоры и главы в монографиях:

1. Festa A.A., Voskressensky L.G. C–H Functionalization as an Imperative Tool Toward Multicomponent Synthesis and Modification of Heterocycles / In: *Multicomponent Reactions towards Heterocycles: Concepts and Applications.* / Ed. by E. V. Van der Eycken, U. Sharma. – Weinheim: Wiley-VCH. – P. 239–285. – DOI: 10.1002/9783527832439.ch7.
2. Festa A.A., Raspertov P.V., Voskressensky L.G. 2-(Alkynyl)anilines and Derivatives—Versatile Reagents for Heterocyclic Synthesis. // *Advanced Synthesis and Catalysis.* – 2022. – Vol. 364, № 3. – P. 466–486. – DOI: 10.1002/adsc.202101363.
3. Aletti R.R., Festa A.A., Van der Eycken E.V., Voskressensky L.G. Synthetic strategies in the preparation of phenanthridinones. // *Molecules.* – 2021. – Vol. 26. – № 18. – P. 5560. – DOI: 10.3390/molecules26185560.
4. Sokolova E.A., Festa A.A. Synthesis of pyrazino[1,2-*a*]indoles and indolo-[1,2-*a*]quinoxalines (microreview). // *Chemistry of Heterocyclic Compounds.* – 2016. – Vol. 52. – № 4. – P. 219–221. – DOI: 10.1007/s10593-016-1866-y.

5. Voskressensky L.G., Festa A.A., Varlamov A.V. Domino reactions based on Knoevenagel condensation in the synthesis of heterocyclic compounds. Recent advances. // *Tetrahedron*. – 2014. – Vol. 70, № 3. – P. 551–572. – DOI: 10.1016/j.tet.2013.11.011.

Оригинальные статьи:

6. Zalte R.R., Festa A.A., Demidov S.A., Awuku S.O., Golubenkova A.S., Mironov Yu.Yu., Golantsov N.E., Storozhenko O.A., Novikov A.P., Voskressensky L.G. Total synthesis of the taraxacine A natural product via Ag(I)-catalysed imidate-alkyne cyclization. // *Organic & Biomolecular Chemistry*. – 2025. – Vol. 23. – P. 1386-1393. – DOI: 10.1039/D4OB01876A.
7. Zalte R.R., Festa A.A., Raspertov P.V., Storozhenko O.A., Golantsov N.E., Rybakov V.B., Varlamov A.V., Voskressensky L.G. Chemoselective Divergent Transformations of *N*-(Propargyl)indole-2-carbonitriles with Nitrogen Nucleophiles: Alkyne Hydroamination or Domino Cyclizations. // *The Journal of Organic Chemistry*. – 2022. – Vol. 87. – № 21. – P. 13663–13671. – DOI: 10.1021/acs.joc.2c01327.
8. Karthikeyan S., Yue X., Festa A.A., Voskressensky L.G. Insights into the binding interaction mechanism of 12,12-dihydrochromeno[2,3-*c*]isoquinolin-5-amine in bovine serum albumin and prostaglandin H2 synthase-1: A biophysical approach. // *Journal of Molecular Structure*. – 2021. – Vol. 1245. – Art. no. 131131. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.131131>.
9. Sokolova E.A., Festa A.A., Subramani K., Rybakov V.B., Varlamov A.V., Voskressensky L.G., van der Eycken E.V. Microwave-Assisted Synthesis of Fluorescent Pyrido[2,3-*b*]indolizines from Alkylpyridinium Salts and Enaminones. // *Molecules*. – 2020. – Vol. 25. – № 18. – Art. no. 4059. – DOI: 10.3390/molecules25184059.
10. Storozhenko O.A., Yue X., Festa A.A., Varlamov A.A., Voskressensky L.G. Synthesis of 2-aminochromene derivatives from 1-(2-imino-2H-chromen-3-yl)pyridin-1-ium perchlorates and nitromethane in basic medium. // *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. – 2020. – Vol. 56. – № 9. – P. 1161–1166. – DOI: 10.1007/s10593-020-02793-3.
11. Zalte R.R., Festa A.A., Golantsov N.E., Subramani K., Rybakov V.B., Varlamov A.V., Luque R., Voskressensky L.G. Aza-Henry and aza-Knoevenagel reactions of nitriles for the synthesis of pyrido[1,2-*a*]indoles. // *Chemical Communications*. – 2020. – Vol. 56. – P. 6527-6530. – DOI: 10.1039/D0CC01652G.
12. Yue X., Festa A.A., Storozhenko O.A., Varlamov A.V., Subramani K., Boccarelli A., Purgatorio R., Altomare C.D., Voskressensky L.G. Reductive Domino Reaction to Access Chromeno[2,3-*c*]isoquinoline-5-amines with

- Antiproliferative Activities Against Human Tumor Cells. // *Bioorganic Chemistry*. – 2020. – Vol. 104. – Art. no. 103169. – DOI: 10.1016/j.bioorg.2020.104169.
13. Karthikeyan S., Yue X., Festa A.A., Voskressensky L.G. Understanding the binding information of 1-imino-1,2-dihydropyrazino[1,2-*a*]indol-3(4*H*)-one in bovine serum albumin, 5-hydroxytryptamine receptor 1B and human carbonic anhydrase I: A biophysical approach. // *Journal of Molecular Liquids*. – 2020. – Vol. 304. – Art. no. 112793. – DOI: 10.1016/j.molliq.2020.112793.
14. Yue X., Storozhenko O.A., Festa A.A., Sorokina E.A., Varlamov A.V., Voskressensky L.G. Microwave-assisted sequential three-component synthesis of pyrrolyl-substituted chromeno[2,3-*c*]isoquinolin-5-amines. // *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. – 2020. – Vol. 56. – № 4. – P. 495–498. – DOI: 10.1007/s10593-020-02686-5.
15. Sokolova E.A., Festa A.A., Golantsov N.E., Lukonina N.S., Ioffe I.N., Varlamov A.V., Voskressensky L.G. Highly Fluorescent Pyrido[2,3-*b*]indolizine-10-Carbonitriles through Pseudo Three-Component Reactions of *N*-(Cyanomethyl)pyridinium Salts. // *European Journal of Organic Chemistry*. – 2019. – Vol. 2019. – № 40. – P. 6770–6775. – DOI: 10.1002/ejoc.201900995.
16. Karthikeyan S., Zalte R.R., Festa A.A., Voskressensky L.G. Understanding the Binding Mechanism of a Pyrazino[1,2-*a*]indole Derivative with Calf Thymus DNA. // *ChemistrySelect*. – 2019. – Vol. 4. – № 18. – P. 5214–5221. – DOI: 10.1002/slct.201803838.
17. Festa A.A., Storozhenko O.A., Golantsov N.E., Subramani K., Novikov R.A., Zaitseva S.O., Baranov M.S., Varlamov A.V., Voskressensky L.G. Homophthalonitrile for Multicomponent Reactions: Syntheses and Optical Properties of *o*-Cyanophenyl- or Indol-3-yl-Substituted Chromeno[2,3-*c*]isoquinolin-5-Amines. // *ChemistryOpen*. – 2019. – Vol. 8. – № 1. – P. 23–30. – DOI: 10.1002/open.201800207.
18. Festa A.A., Zalte R.R., Golantsov N.E., Varlamov A.V., Van Der Eycken E.V., Voskressensky L.G. DBU-Catalyzed Alkyne-Imidate Cyclization toward 1-Alkoxy-pyrazino[1,2-*a*]indole Synthesis. // *Journal of Organic Chemistry*. – 2018. – Vol. 83. – № 16. – P. 9305–9311. – DOI: 10.1021/acs.joc.8b01279.
19. Festa A.A., Golantsov N.E., Storozhenko O.A., Shumsky A.N., Varlamov A.V., Voskressensky L.G. Alcohol-Initiated Dinitrile Cyclization in Basic Media: A Route Toward Pyrazino[1,2-*a*]indole-3-Amines. // *Synlett*. – 2018. – Vol. 29. – № 7. – P. 898–903. – DOI: 10.1055/s-0036-1591529.
20. Storozhenko O.A., Festa A.A., Bella Ndoutoume D.R., Aksenov A.V., Varlamov A.V., Voskressensky L.G. Mn-mediated sequential three-component domino

- Knoevenagel/cyclization/Michael addition/oxidative cyclization reaction towards annulated imidazo[1,2-*a*]pyridines. // *Beilstein Journal of Organic Chemistry*. – 2018. – Vol. 14. – P. 3078–3087. – DOI: 10.3762/bjoc.14.287.
21. Festa A.A., Storozhenko O.A., Bella Ndoutoume D.R., Varlamov A.V., Voskressensky L.G. Sequential three-component reaction of homophthalonitrile, salicylaldehydes and nitromethane. // *Mendeleev Communications*. – 2017. – Vol. 27. – № 5. – P. 451–453. – DOI: 10.1016/j.mencom.2017.09.006.
22. Voskressensky L.G., Storozhenko O.A., Festa A.A., Novikov R.A., Varlamov A.V. Synthesis of Chromenoimidazoles, Annulated with an Azaindole Moiety, through a Base-Promoted Domino Reaction of Cyanomethyl Quaternary Salts. // *Synthesis (Germany)*. – 2017. – Vol. 49. – № 12. – P. 2753–2760. – DOI: 10.1055/s-0036-1589496.
23. Voskressensky L.G., Dao N.T., Li T.A., Festa A.A., Aksenov A.V., Varlamov A.V. Synthesis of chromenoimidazocarboline by a reaction of quaternary iminium salts with *o*-hydroxybenzaldehydes. // *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. – 2017. – Vol. 53. – № 5. – P. 501–503. – DOI: 10.1007/s10593-017-2083-z.
24. Voskressensky L.G., Sokolova E.A., Festa A.A., Enina D.A., Aksenov A.V., Varlamov A.V. Domino reactions of 1-substituted *N*-(cyanomethyl)isoquinolinium salts with salicylic aldehydes. // *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. – 2016. – Vol. 5. – № 6. – P. 415–420. – DOI: 10.1007/s10593-016-1903-x.
25. Voskressensky L.G., Storozhenko O.A., Festa A.A., Khrustalev V.N., Dang T.T.A., Nguyen V.T., Varlamov A.V. A novel domino condensation - Intramolecular nucleophilic cyclization approach toward annulated imidazopyrrolopyridines. // *Tetrahedron Letters*. – 2015. – Vol. 56. – № 46. – P. 6475–6477. – DOI: 10.1016/j.tetlet.2015.10.003.
26. Voskressensky L.G., Festa A.A., Storozhenko O.A., Le T.A., Nguyen V.T., Varlamov A.V. Domino reaction of *N*-(cyanomethyl)-1,3-azolium quaternary salts with *o*-hydroxybenzaldehydes: Scope and limitations. // *RSC Advances*. – 2015. – Vol. 5. – № 16. – P. 12442–12445. – DOI: 10.1039/c4ra14122a.
27. Voskressensky L.G., Sokolova E.A., Festa A.A., Varlamov A.V. A novel domino condensation-intramolecular nucleophilic cyclization approach towards annulated thiochromenes. // *Tetrahedron Letters*. – 2013. – Vol. 54. – № 38. – P. 5172–5173. – DOI: 10.1016/j.tetlet.2013.07.040.
28. Voskressensky L.G., Sokolova E.A., Festa A.A., Khrustalev V.N., Van Tuyen N., Le T.A., Varlamov A.V. Novel domino reaction of *N*-(cyanomethyl)-5,10-dihydro[1]benzosilano[3,2-*c*]pyridinium salts with salicylaldehydes. //

Chemistry of Heterocyclic Compounds. – 2013. – Vol. 49. – P. 484–490. – DOI: 10.1007/s10593-013-1272-7.

29. Соколова Е.А., Петрякова А.С., Сармутдинова Д.С., Шерстнева О.А., Феста А.А., Воскресенский Л.Г. Медь-катализируемая домино-реакция С-С сочетания/аза-Анри на нитрилах для синтеза 4-нитро-2*H*-хромен-3-аминов. // Журнал Органической химии. – 2025. – Т. 61. – С. 1254-1258. – DOI: 10.1134/S1070428025602754.
30. Storozhenko O.A., Festa A.A., Bondarev V.L., Bella Ndoutoume D.R., Varlamov A.V., Voskressensky L.G. Metal-Free Domino Synthesis of Novel Chromeno[2',3':4,5]Imidazo[1,2-*a*]Thienopyridines. // Journal of Heterocyclic Chemistry. – 2025. – Vol. – 62. – № 11. – P. 1767–1775. – DOI: 10.1002/jhet.70072.

Патент на изобретение:

31. Феста А.А., Стороженко О.А., Варламов А.В., Воскресенский Л.Г. Способ получения производных тетраоло[5',1':3,4]пипразино[1,2-*a*]индола. // Патент РФ. – №2785191. – 2022.

### Научная новизна.

1. Впервые проведено системное исследование реакционной способности трёх классов функционализированных нитрилов – *N*-цианометильных солей азагетероциклов, динитрилов и алкилнитрилов – в домино- и мультикомпонентных процессах, что позволило разработать новые стратегии синтеза полициклических систем.
2. Установлена ключевая роль 2-иминохроменов как универсальных интермедиатов в реакциях *N*-цианометильных солей с *o*-гидроксibenзальдегидами; на этой основе разработаны окислительные трехкомпонентные реакции с участием различных нуклеофилов.
3. Впервые предложен гомофталононитрил в качестве аналога димера малонитрила для построения хроменоизохинолиновых каркасов, а также реализована восстановительная домино-реакция для синтеза дигидрохроменоизохинолинаминов.
4. Разработаны методологии *in situ* генерации имидатов из замещенных индол-2-карбонитрилов в основной среде, что позволило синтезировать 1-алкоксипипразино[1,2-*a*]индолы и осуществить полный синтез природного алкалоида тараксацина А.
5. Впервые применена аза-реакция Анри на нитрилах для формирования пипrido[1,2-*a*]индольной системы без участия переходных металлов.
6. Реализован хемодивергентный подход в реакциях *N*-(пропаргил)индол-2-карбонитрилов с *N*-нуклеофилами, позволяющий получать три структурно различных типа продуктов за счет варьирования условий реакции.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Разработанные методологии значительно расширяют арсенал современного органического синтеза, открывая новые пути к построению структурно сложных и функционально насыщенных гетероциклических систем. Полученные библиотеки соединений включают вещества с высокой цитотоксической активностью и эффективные флуорофоры с высокими квантовыми выходами (до 0.82) или значительными Стоксовыми сдвигами, перспективные для применения в биомедицинских исследованиях и органической электронике.

**Соответствие специальности.** Диссертационная работа Фесты Алексея Алексеевича «Домино-реакции нитрилов в синтезе гетероциклов» полностью соответствует специальности 1.4.3. Органическая химия.

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.** Основное содержание диссертации отражено в 30 публикациях в журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, включая 4 обзора и главу в международной монографии, а также в одном патенте на изобретение. Материалы диссертации неоднократно докладывались на конференциях, в том числе международных.

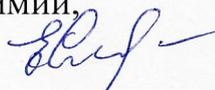
Текст диссертации был проверен на использование заимствованного материала без ссылки на авторов и источники. После исключения всех корректных совпадений иных заимствований не обнаружено.

Диссертационная работа Фесты А.А. рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.3. Органическая химия.

Заключение принято на заседании кафедры органической химии РУДН, протокол № 0200-15-04/06 от «27» ноября 2025 г.

Присутствовало на заседании 18 чел. Результаты голосования: «за» – 18 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел.

Зам. заведующего кафедрой органической химии,  
к.х.н., доцент



Е.А. Сорокина

Подпись Сорокиной Е.А. удостоверяю.  
ученый секретарь ученого совета  
факультета ФМиЕН РУДН



И.С. Зарядов