

ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (Print)



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN

SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
2 (463)

APRIL – JUNE 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, President of NAS RK RPA, general director of JSC "D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Editorial board:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the International Scientific and Production Holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

STRNAD Miroslav, head of the laboratory of the Institute of Experimental Botany of the Czech Academy of Sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

BURKITBAYEV Mukhambetkali, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

HOHMANN Judith, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, University of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

ROSS Samir, Ph.D, professor, school of Pharmacy, National Center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D, pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, Ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine, faculty of Oriental medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

FAZYLOV Serik Drakhmetovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director of the Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry (Karaganda, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

KHALIKOV Jurabay Khalikovich, doctor of chemistry, professor, academician of the Academy of Sciences of Tajikistan, V.I. Nikitin Institute of Chemistry AS RT (Tajikistan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

FARZALIEV Vagif Medzhid ogly, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

GARELIK Hemda, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. KZ66VPY00025419**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *organic chemistry, inorganic chemistry, catalysis, electrochemistry and corrosion, pharmaceutical chemistry and technology.*

Periodicity: 4 times a year.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2025

Editorial address: JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry», 142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, РБҚ ҚР ҰҒА президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мирослав, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джулит, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, философия докторы (PhD, фармацевт), Реддинг университетінің профессоры (Реддинг, Англия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы, химия ғылымдарының докторы, профессор, Кыргызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Кыргызстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы, химия ғылымдарының докторы, профессор, АҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ66VPY00025419 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *органикалық химия, бейорганикалық химия, катализ, электрохимия және коррозия, фармацевтикалық химия және технологиялар.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2025

Редакцияның мекенжайы: 050100, Алматы қ., Қонаев к-сі, 142, «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент РОО Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Милослав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джудит, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛЫТАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Ахсана Дар, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серик Драгметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурabay Халикович, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ66VPY00025419, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *органическая химия, неорганическая химия, катализ, электрохимия и коррозия, фармацевтическая химия и технологии.*

Периодичность: 4 раз в год.

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2025

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

CONTENTS

CHEMISTRY

A. Abdullin, N. Zhanikulov, A. Bailen, A. Sviderskiy, M. Kaiyrbaeva THERMODYNAMIC ANALYSIS OF REACTIONS OCCURRING IN THE PROCESS OF FRIT FORMATION OF ZINC PHOSPHATE CEMENT.....	11
B.B. Akimbekova, A. Karilkhan, A.A. Zhorabek, A.A. Amirkhan THE INFLUENCE OF REAGENTS WITH REDOX PROPERTIES ON SELECTIVE FLOTATION.....	23
S. Bayazit, A. Zazybin, Murat Aydemir SYNTHESIS AND PHARMACOLOGY OF KAZCAINE AND OTHER 4-ETHYNYL PIPERIDINE DERIVATIVES: A REVIEW.....	39
K.T. Botabekova, S.B. Amangaliyeva, A.K. Kipchakbayeva PHOTOCHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF PLANT <i>PHLOMIS TUBEROSA</i>	57
A. Zhanzhaxina, Zh. Ibatayev, A. Ashirbek ARTEMISIA PROCERIFORMIS L. (<i>ARTEMISIA ABROTANUM</i>): LITERATURE REVIEW ON CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY.....	69
B. Imangaliyeva, B. Dossanova, A. Apendina, S. Duzelbayeva, N. Sultanov DETERMINATION OF TANNINS IN MEDICINAL PLANTS.....	86
A. Kassen, Ye. Ussipbekova, G. Suleimenova, A. Dauletbay MEMBRANE SEPARATOR PROPERTIES FOR POLYMER-BASED BATTERIES.....	104
N.B. Kassenova, R.Sh. Erkassov, S.K. Makhanova, R.N. Azhigulova, R. Bayarbolat IR SPECTROSCOPY AS A METHOD FOR STUDYING THE STABILITY AND REACTIVITY OF TETRANUCLEAR IRON(II) COMPLEXES.....	119
R.M. Kudaibergenova, A.N. Nurlybayeva, S.Z. Mateeva, K.B. Bulekbayeva, G.A. Seitbekova STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF HIGHLY DISPERSED ELECTROCORUNDUM.....	131
A.Kh. Kussainova, B.M. Kudaibergenova, A.M. Malikova, G.A. Aldibekova DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS WITH AN EXTRACT OF SEA BUCKTHORN (<i>HIPPOPHAË RHAMNOIDES</i> L.).....	143

N. Merkhatusly, A.N. Iskanderov, S.B. Abeuova, A.N. Iskanderov, A.O. Bulumbaeva SYNTHESIS AND PHOTOPHYSICAL PROPERTIES OF CONJUGATED N,N-DIPHENYLANILYNILAZULENES.....	157
G. Mukusheva, N. Toigambekova, N. Bazarnova, M. Nurmaganbetova, A. Abdraim OBTAINING NEW DERIVATIVES OF THE ALKALOID QUININE AND STUDYING THEIR ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY.....	169
N.Zh. Mukhamediyarov, N.N. Nurgaliev, A.A. Ualikhanov, A.N. Sabitova, N.A. Aitkazin CURRENT STATE OF WASTE FROM METALLURGICAL PRODUCTION IN SOUTH KAZAKHSTAN AND PROSPECTS FOR THEIR PROCESSING.....	183
K.T. Mukhanbetzhanova, N.A. Satybaeva, K. Kuptleuova POLYMER-COLLOIDAL COMPLEX NEW BINDING MATERIAL FOR MAKING MOULDS AND RODS.....	198
G. Ormanova, A. Anarbayev, B. Kabylbekova, N. Anarbayev STUDY OF THE FILTRATION RATE OF GYPSUM FROM SODIUM CHLORIDE SOLUTIONS.....	214
R.K. Rakhmetullayeva, M. Abutalip, B.M. Bayanbayev, A.M. Abukhan, N.B. Sarova EXTRACTION OF WOOD-POLYMER COMPOSITES FROM POLYMER WASTE.....	228
B.B. Ryskulbek, Yu.B. Abdussametova, M.A. Dyusebaeva, N.A. Ibragimova, G.E. Berganayeva COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS IN THE ROOTS AND LEAVES OF ARCTIUM LAPPA.....	243
A. Tukibayeva, A. Bayeshov, D. Asylbekova, G. Adyrbekova, N. Kalieva STUDY OF ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF PHOSPHINE IN AQUEOUS SOLUTIONS.....	260
O.S. Kholkin, N.S. Ivanov, I.E. Adelbayev, A.B. Bayeshov, M. Zhurinov FORMATION OF ZIRCONIUM DIOXIDE BY ELECTROCHEMICAL DISSOLUTION OF ZIRCONIUM BY AC CURRENT IN ACIDIC MEDIA.....	274

МАЗМҰНЫ

ХИМИЯ

- А. Абдуллин, Н. Жаникулов, А. Байлен, А. Свидерский, М. Қайырбаева**
 МЫРЫШ ФОСФАТТЫ ЦЕМЕНТТІҢ ФРИТТ ТҮЗІЛУ ПРОЦЕСІНДЕ
 ЖҮРЕТІН РЕАКЦИЯЛАРДЫ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ТАЛДАУ..... 11
- Б.Б. Акимбекова, А. Карилхан, А.А. Жорабек, А. Амирхан**
 ТОТЫҚТЫРҒЫШ-ТОТЫҚСЫЗДАНДЫРҒЫШ ҚАСИЕТТЕРГЕ
 ИЕ РЕАГЕНТТЕРДІҢ СЕЛЕКТИВТІ ФЛОТАЦИЯҒА ӘСЕРІ..... 23
- С. Баязит, А. Зазыбин, Мурат Айдемир**
 ҚАЗКАИН ЖӘНЕ БАСҚА ДА 4-ЭТИНИЛПИПЕРИДИН ТУЫНДЫЛАРЫНЫҢ
 СИНТЕЗІ МЕН ФАРМАКОЛОГИЯСЫ: ШОЛУ МАҚАЛАСЫ..... 39
- К.Т. Ботабекова, С.Б. Амангалиева, А.К. Кипчакбаева**
 PHLOMIS TUBEROSA ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ
 ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ..... 57
- А. Жанжаксина, Ж. Ибатаев, А. Әшірбек**
 ARTEMISIA PROCERIFORMIS L. (*ARTEMISIA ABROTANUM*): ХИМИЯЛЫҚ
 ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ БОЙЫНША ӘДЕБИ
 ШОЛУ..... 69
- Б. Имангалиева, Б. Досанова, А. Апендина, С. Дузелбаева, Н. Сұлтанов**
 ДӘРІЛІК ӨСІМДІКТЕРДЕГІ ІЛК ЗАТТАРДЫ АНЫҚТАУ..... 86
- А. Касен, Е. Усипбекова, Г. Сулейменова, А. Даулетбай**
 ПОЛИМЕРЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ БАТАРЕЯЛАРҒА АРНАЛҒАН
 МЕМБРАНА-СЕПАРАТОР ҚАСИЕТТЕРІ..... 104
- Н.Б. Касенова, Р.Ш. Еркасов, С.К. Маханова, Р.Н. Ажигулова, Р. Баярболат**
 ИҚ — СПЕКТРОСКОПИЯ ТЕТРАЯДРОЛЫ ТЕМІР (II) КЕШЕНДЕРІНІҢ
 ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ МЕН РЕАКЦИЯЛЫҚ ҚАБІЛЕТІН ЗЕРТТЕУ
 ӘДІСІ РЕТІНДЕ..... 119
- Р.М. Кудайбергенова, А.Н. Нурлыбаева, С.З. Матеева, К.Б. Булекбаева,
 Г.А. Сейтбекова**
 ЖОҒАРЫ ДИСПЕРСТІ ЭЛЕКТРОКОРУНДТЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ
 СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ..... 131
- А.Х. Кусаинова, Б.М. Кудайбергенова, А.М. Маликова, Г.А. Алдибекова**
 ҚҰРАМЫНА ОБЛЕПИХА (*PIRRORHÆ RHAMNOIDES L.*) ЭКСТРАКТЫ

ҚОСЫЛҒАН ПОЛИМЕРЛІК КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРАМЫН ДАЙЫНДАУ.....	143
Н. Мерхатұлы, А.Н. Искандеров, С.Б. Абеуова, А.Н. Искандеров, А.О. Бұлумбаева ҚОСАРЛАНҒАН N,N-ДИФЕНИЛАНИЛИНИЛАЗУЛЕНДЕРДІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ФОТОФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	157
Г. Мукушева, Н. Тойгамбекова, Н. Базарнова, М. Нурмағанбетова, А. Абдраим ХИНИН АЛКАЛОИДЫНЫҢ ЖАҢА ТУЫНДЫЛАРЫН АЛУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАБЫНУҒА ҚАРСЫ БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ.....	169
Н.Ж. Мухамедияров, Н.Н. Нурғалиев, А.А. Уалиханов, А.Н. Сабитова, Н.А. Айтказин ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ МЕТАЛЛУРГИЯ ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ӨНДЕУДІҢ БОЛАШАҒЫ.....	183
К.Т. Муханбетжанова, Н.А. Сатыбаева, К.Т. Куптлеуова ПОЛИМЕРНО-КОЛЛОИДНЫЙ КОМПЛЕКС — НОВЫЙ СВЯЗУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ.....	198
Г. Орманова, А. Анарбаев, Б. Кабылбекова, Н. Анарбаев НАТРИЙ ХЛОРИДІ ЕРІТІНДІЛЕРІНЕН ГИПСТІ СҮЗУ ЖЫЛДАМДЫҒЫН ЗЕРТТЕУ.....	214
Р.К. Рахметуллаева, М. Әбутәліп, Б.М. Баянбаев, А.М. Абухан, Н.Б. Сарова ПОЛИМЕР ҚАЛДЫҚТАРЫНАН АҒАШ-ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИТТЕРДІ АЛУ.....	228
Б.Б. Рысқұлбек, Ю.Б. Абдусаметова, М.А. Дюсебаева, Н.А. Ибрагимова, Г.Е. Берганаева ARSTIUM LAPPA ТАМЫРЫ МЕН ЖАПЫРАҚТАРЫНДАҒЫ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ.....	243
А. Тукибаева, А. Басшов, Д. Асылбекова, Г. Адырбекова, Н. Калиева ФОСФИННІҢ СУЛЫ ЕРІТІНДЕРДЕГІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	260
О.С. Холкин, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, Ә.Б. Басшов, М. Жұрынов ҚЫШҚЫЛДЫ ОРТАДА АЙНЫМАЛЫ ТОКПЕН ЦИРКОНИЙДІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ЕРІТУ АРҚЫЛЫ ЦИРКОНИЙ ДИОКСИДІН АЛУ....	274

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

А. Абдуллин, Н. Жаникулов, А. Байлен, А. Свидерский, М. Кайырбаева ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ ФРИТТООБРАЗОВАНИЯ ЦИНК ФОСФАТНОГО ЦЕМЕНТА.....	11
Б. Акимбекова, А. Карилхан, А.А. Жорабек, А. Амирхан ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЕКТИВНУЮ ФЛОТАЦИЮ РЕАГЕНТОВ, ОБЛАДАЮЩИХ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ.....	23
С. Баязит, А. Зазыбин, Мурат Айдемир СИНТЕЗ И ФАРМАКОЛОГИЯ КАЗКАИНА И ДРУГИХ ПРОИЗВОДНЫХ 4-ЭТИНИЛПИПЕРИДИНА: ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ.....	39
К.Т. Ботабекова, С.Б. Амангалиева, А.К. Кипчакбаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ <i>PHLOMIS TUBEROSA</i>	57
А. Жанжаксина, Ж. Ибатаев, А. Аширбек <i>ARTEMISIA PROCERIFORMIS L. (ARTEMISIA ABROTANUM)</i> : ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ.....	69
Б. Имангалиева, Б. Досанова, А. Апендина, С. Дузелбаева, Н. Султанов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ.....	86
А. Касен, Е. Усипбекова, Г. Сулейменова, А. Даулетбай СВОЙСТВА МЕМБРАНЫ-СЕПАРАТОРА ДЛЯ БАТАРЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ.....	104
Н.Б. Касенова, Р.Ш. Еркасов, С.К. Маханова, Р.Н. Ажигулова, Р. Баярболат ИК – СПЕКТРОСКОПИЯ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ И РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТЕТРАЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗА (II).....	119
Р.М. Кудайбергенова, А.Н. Нурлыбаева, С.З. Матеева, К.Б. Булекбаева, Г.А. Сейтбекова ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ЭЛЕКТРОКОРУНДА.....	131

А.Х. Кусаинова, Б.М. Кудайбергенова, А.М. Маликова, Г.А. Алдибекова РАЗРАБОТКА СОСТАВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭКСТРАКТОМ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ (<i>HIPPOPHAE RHAMNOIDES L.</i>).....	143
Н. Мерхатулы, А.Н. Искандеров, С.Б. Абеуова, А.Н. Искандеров СИНТЕЗ И ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОПРЯЖЕННЫХ N, N ДИФЕНИЛАНИЛИНИЛАЗУЛЕНОВ.....	157
Г. Мукушева, Н. Тойгамбекова, Н. Базарнова, М. Нурмаганбетова, А. Абдраим ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АЛКАЛОИДА ХИНИНА И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ.....	169
Н.Ж. Мухамедияров, Н.Н. Нургалиев, А.А. Уалиханов, А.Н. Сабитова, Н.А. Айтказин СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ.....	183
К.Т. Муханбетжанова, Н.А. Сатыбаева, К.Т. Куптлеуова ПОЛИМЕРНО-КОЛЛОИДНЫЙ КОМПЛЕКС — НОВЫЙ СВЯЗУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ.....	198
Г. Орманова, А. Анарбаев, Б. Кабылбекова, Н. Анарбаев ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТИ ФИЛЬТРОВАНИЯ ГИПСА ИЗ РАСТВОРОВ ХЛОРИДА НАТРИЯ.....	214
Р.К. Рахметуллаева, М. Абуталип, Б.М. Баянбаев, А.М. Абухан, Н.Б. Сарова ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ.....	228
Б.Б. Рыскулбек, Ю.Б. Абдусаметова, М.А. Дюсебаева, Н.А. Ибрагимова, Г.Е. Берганаева СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В КОРНЯХ И ЛИСТЯХ ARSTIUM LAPPA.....	245
А. Тукибаева, А. Башов, Д. Асылбекова, Г. Адырбекова, Н. Калиева ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФОСФИНА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ.....	260
О.С. Холкин, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, А.Б. Башов, М. Журинов ПОЛУЧЕНИЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ РАСТВОРЕНИЕМ ЦИРКОНИЯ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ В КИСЛОЙ СРЕДЕ.....	274

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 2, Number 463 (2025), 157–168

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.288>

UDC 547.669: 547.304.7

© N. Merkhatusuly¹, A.N. Iskanderov¹, S.B. Abeuova^{2*}, A.N. Iskanderov¹,
A.O. Bulumbaeva¹, 2025.

¹Karaganda University named after E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan;

²Astana International University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: abeuova.salta@gmail.com

SYNTHESIS AND PHOTOPHYSICAL PROPERTIES OF CONJUGATED N,N-DIPHENYLANILYNILAZULENES

N. Merkhatusuly — doctor of chemical sciences, professor of Karaganda University named after E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: merkhatusuly@ya.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4588-2150>;

A.N. Iskanderov — senior lecturer of Karaganda University named after E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: aby93@yandex.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1646-0795>;

S.B. Abeuova — PhD, acting associate professor of Astana International University, Astana, Kazakhstan,

E-mail: abeuova.salta@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7074-3123>;

A.N. Iskanderov — research associate of Karaganda University named after E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: dr.amantay@ya.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5270-5094>;

A.O. Bulumbaeva — master student of Karaganda University named after E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: bulumbaevaa02@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-5889-0689>.

Abstract. Relevance. Aromatic hydrocarbon of non-alternate structure azulene as a potential modular building block for the creation of new organic functional materials attracts more and more attention due to its special polarized structure as well as unique electronic and optical properties. In this work, new conjugated azulene compounds, 2-(N,N-diphenylaniline)-azulene **5** and 2,6-Bis(N,N-diphenylaniline)-azulene **8**, were synthesized by the interaction of mono- and dibromazulenes with borylaniline under Suzuki-Miyaura cross-coupling conditions in the presence of palladium catalyst. Methods. The chemical structure and purity of the synthesized diphenylanilinylazulenes were proved by NMR (¹H and ¹³C), IR, mass spectrometry and elemental analysis. Main conclusions. The obtained compounds were found to be stable and well soluble in organic solvents such as dichloromethane, chloroform, toluene, chlorobenzene, tetrahydrofuran at room temperature. It is shown that the obtained diphenylanilinylazulenes possess intensely absorbing and emitting visible light (in

the wavelength range from 400 to 700 nm) properties. It was found that such unique photophysical properties, in particular, fluorescent emission of visible light in the region of green and orange photoluminescence were achieved as a result of the introduction of electron-donor diphenylaniliny groups in the 2 and 6 positions of azulene. Practical value. The obtained results demonstrate a rational approach to the design of a representative series of new π -conjugated compounds based on azulene for use in optoelectronic and photonic devices.

Keywords: azulene, π -conjugated azulenes, aniliny lazulenes, cross-conjugation, absorption spectra, fluorescence spectra

Funding: The study was carried out within the framework of the targeted financing program (IRN BR 21882309) Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan. The authors express their deep appreciation for the dedicated funding.

© Н. Мерхатұлы¹, А.Н. Искандеров¹, С.Б. Абеуова^{2*}, А.Н. Искандеров¹,
А.О. Булумбаева¹, 2025.

¹Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан;

²Астана Халықаралық университеті, Астана, Қазақстан.

E-mail: abeuova.salta@gmail.com

ҚОСАРЛАНҒАН N,N-ДИФЕНИЛАНИЛИНИЛАЗУЛЕНДЕРДІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ФОТОФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Н. Мерхатұлы — химия ғылымдарының докторы, Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің профессоры, Қарағанды, Қазақстан,

E-mail: merhatuly@ya.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4588-2150>;

А.Н. Искандеров — Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің аға оқытушысы, Қарағанды, Қазақстан,

E-mail: aby93@yandex.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1646-0795>;

С.Б. Абеуова — PhD, Астана халықаралық университетінің қауымдастырылған профессоры, Астана, Қазақстан,

E-mail: abeuova.salta@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7074-3123>;

А.Н. Искандеров — Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің ғылыми қызметкері, Қарағанды, Қазақстан,

E-mail: dr.amantay@ya.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5270-5094>;

А.О. Булумбаева — Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің магистранты, Қарағанды, Қазақстан,

E-mail: dr.amantay@ya.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-5889-0689>.

Аннотация. Өзектілігі. Ароматты көмірсутегі альтернативті емес құрылымы бар азулен жаңа органикалық функционалды материалдарды жасау үшін потенциалды модульдік құрылыс материалы ретінде өзінің ерекше поляризацияланған құрылымымен, сондай-ақ бірегей электронды және оптикалық қасиеттерімен көбірек назар аудартады. Бұл жұмыста Сузуки-Мияураның кросс-бірігу жағдайында моно - және дибромазулендердің бориланилинмен

өзара әрекеттесуі палладий катализаторының қатысуымен жаңа қосарланған азулен қосылыстары синтезделді: 2-(N,N-дифениланилин)-азулен **5** және 2,6-бис(N,N-дифениланилин)-азулен **8**. Бұл молекулалық архитектуралар азуленнің электрондық құрылымына айтарлықтай әсер етеді, энергия деңгейлері мен НОМО және LUMO орбитальдары арасындағы бос орындарды өзгертеді, нәтижесінде көрінетін спектрде жарықты сіңіру және сәуле шығару жақсарады. Әдістер. Синтезделген дифениланилинилазулендердің химиялық құрылымы мен тазалығы ядролы магниттік резонанспен (ЯМР ^1H және ^{13}C), инфрақызыл, масс-спектрометрия және элементтік талдау арқылы дәлелденді. Негізгі тұжырымдар. Алынған қосылыстар тұрақты және бөлме температурасында дихлорметан, хлороформ, толуол, хлорбензол, тетрагидрофуран сияқты органикалық еріткіштерде жақсы еритіні анықталды. Алынған дифениланилинилазулендердің көрінетін жарықты қарқынды жұтатын және жарықты шығаратын (толқындардың ұзындығы 400-ден 700 nm-ге дейінгі аралықта) қасиеттері бар екені көрсетілген. Мұндай бірегей фотофизикалық қасиеттерге, атап айтқанда, жасыл және қызғылт-сары фотолуминесценция аймағындағы көрінетін жарықтың флуоресцентті сәулеленуіне азуленнің 2 және 6 позицияларына электрон-донорлық дифениланилин топтарын енгізу нәтижесінде қол жеткізілгені анықталды. Синтезделген моно - және бис-дифениланилинилазулендер электронды құрылғыларда қолданылатын олиготиофендермен салыстырғанда жоғары молекулалық орбитальдарға (НОМО) ие және толқын ұзындығының кең диапазонында (400-600 nm) күшті сіңіру қасиеттерін көрсетеді. Практикалық құндылық. Алынған нәтижелер оптоэлектронды және фотонды құрылғыларда қолдану үшін азулен негізіндегі жаңа π -қосарланған қосылыстардың қатарын жобалаудың ұтымды тәсілін қамтамасыз ететіндігін көрсетті.

Түйін сөздер: азулен, π -қосарланған азулендер, анилинилазулендер, кросс-бірігу, сіңіру спектрлері, флуоресценция спектрлері

© Н. Мерхатулы¹, А.Н. Искандеров¹, С.Б. Абеуова^{2*}, А.Н. Искандеров¹,
А.О. Булумбаева¹, 2025.

¹Карагандинский университет имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;

²Международный университет Астана, Астана, Казахстан.

E-mail: abeuova.salta@gmail.com

СИНТЕЗ И ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОПРЯЖЕННЫХ N, N-ДИФЕНИЛАНИЛИНИЛАЗУЛЕНОВ

Н. Мерхатулы — доктор химических наук, профессор Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,

E-mail: merhatuly@ya.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4588-2150>;

А.Н. Искандеров — старший преподаватель Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,

E-mail: aby93@yandex.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1646-0795>;

С.Б. Абеуова — PhD, ассоциированный профессор Международного университета Астана, Астана, Казахстан,

E-mail: abeuova.salta@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7074-3123>;

А.Н. Искандеров — научный сотрудник Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,

E-mail: dr.amantay@ya.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5270-5094>;

А.О. Булumbaева — магистрант Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан, E-mail: bulumbaevaa02@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-5889-0689>.

Аннотация. Актуальность. Ароматический углеводород неальтернантной структуры азулен как потенциальный модульный строительный блок для создания новых органических функциональных материалов привлекает все больше внимания благодаря своему особенному поляризованному строению, а также уникальным электронным и оптическим свойствам. В данной работе взаимодействием моно- и дибромазуленов с бориланилином в условиях кросс-сочетания Сузуки–Мияуры в присутствии палладиевого катализатора были синтезированы новые сопряженные азуленовые соединения: 2-(N,N-дифениланилин)-азулен **5** и 2,6-Бис(N,N-дифениланилин)-азулен **8**. Методы. Химическое строение и чистота синтезированных дифениланилинилазуленов были доказаны ЯМР (^1H и ^{13}C), ИК, масс-спектрометрией и элементным анализом. Основные выводы. Установлено, что полученные соединения являются стабильными и хорошо растворимыми в органических растворителях, таких как дихлорметан, хлороформ, толуол, хлорбензол, тетрагидрофуран при комнатной температуре. Показано, что полученные дифениланилинилазулены обладают интенсивно поглощающими и излучающими видимый свет (в интервале длин волн от 400 до 700 nm) свойствами. Установлено, что такие уникальные фотофизические свойства, в частности, флуоресцентное излучение видимого света в области зеленой и оранжевой фотолюминесценции были достигнуты в результате введения электронодонорных дифениланилиновых групп в 2 и 6 положения азулена. Показано, что синтезированные моно- и бис-дифениланилинилазулены имеют более высокие высшие занятые молекулярные орбитали (HOMO) по сравнению с используемыми в электронных устройствах олиготиофенами и проявляют сильные поглощающие свойства в широком диапазоне длин волн (400–600 nm). Практическая значимость. Показано, что полученные результаты обеспечивают рациональный подход к конструированию представительного ряда новых π -сопряженных соединений на основе азулена для применения в оптоэлектронных и фотонных устройствах.

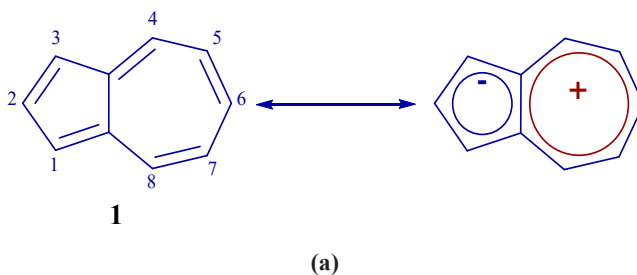
Ключевые слова: азулен, π -сопряженные азулены, анилинилазулены, кросс-сопряжение, спектры поглощения, спектры флуоресценции

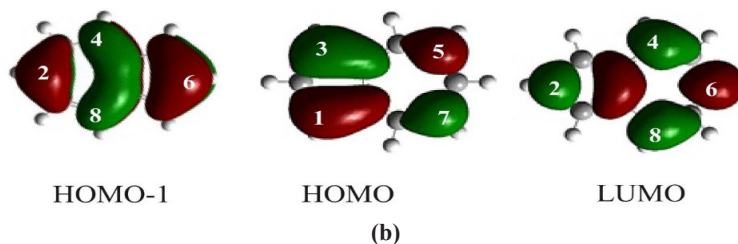
Введение. Сопряженные ароматические системы, такие как нафталин и другие ацены, содержащие различные ариламиновые группы, обладают повышенными электронодонорными свойствами и представляют большой интерес в области органической оптоэлектроники (Freudenberget al., 2018; Roy, et al., 2022; Zhang, et al., 2016; Mayer, et al., 2019; Wu, et al., 2009; Taniguchi, et al., 2021; Noto, et al., 2019). С интенсивным ростом разработок органической электроники из

года в год растет интерес к сопряженным системам, в том числе к азуленовому фрагменту (Tsuchiya, et.al.,2019; Xin, et.al.,2021). Это, безусловно, связано с его уникальными электронными и оптическими характеристиками (Dunlop, et.al.,2023). Уникальная структура азулена (изомера нафталина) состоит из сросшейся пары отрицательно и положительно заряженных цикlopентадиенового и циклогептатриенового колец (рис. 1а). Такое расположение обуславливает его отличительные оптические свойства, которые проявляются в высоколежащих уровнях HOMO и низколежащих LUMO. Азулен имеет уникальную электронную структуру, в которой коэффициенты HOMO увеличены на атомах 1 и 3, а HOMO-1 и LUMO - в положениях 2 и 6 (рис. 1б) (Tsuchiya, et.al.,2019; Xin, et.al.,2021). Азулен имеет синий цвет (нафталин бесцветен), который возникает из-за слабой полосы поглощения в видимом спектре при 580 нм ($\epsilon = 350 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$), являющейся следствием перехода запрещенного электрона (Shevyakov, et.al., 2003). Молекула азулена демонстрирует равномерное распределение электронной плотности HOMO по всей молекулярной структуре. Кроме того, азулен демонстрирует аномальную анти-Каша флуоресценцию, когда излучение происходит из S_2 (Tsuchiya, et.al.,2019; Xin, et.al.,2021). Дипольный момент азулена составляет 1,08 D (Dunlop, et.al.,2023).

Исходя из этого, введение донорных дифениланилиновых заместителей в определенные позиции азуленового ядра может заметно модулировать электронную архитектуру азуленовой системы, вызывая тем самым глубокие изменения ее оптических свойств. Возможность управлять положением заместителей в азуленовом ядре позволяет тонко настраивать характеристики материалов в оптическом диапазоне.

В данной работе мы сообщаем об успешном синтезе соединений азулена с электронодонорными дифениланилиновыми заместителями в положениях 2 и 6. В результате реакций кросс-сочетания с высоким выходом получены соединения 2-(N,N-дифениланилин)-азулен **5** и 2,6-Бис(N,N-дифениланилин)-азулен **8**. Также подробно обсуждаются фотофизические свойства и окислительно-восстановительное поведение соединений. Данные молекулярные архитектуры оказывают значительное влияние на электронную структуру азулена, изменяя энергетические уровни и зазоры между HOMO и LUMO орбиталями, что приводит к усилению поглощения света и излучения в видимой области спектра.





(b)
Рисунок 1. (а) Поляризованная резонансная структура азулена 1;
(b) HOMO-1, HOMO и LUMO азулена

Материалы и методы. Спектры ^1H ЯМР и ^{13}C ЯМР регистрировали на спектрометре JNM-ECA 500 (500 MHz и 126 MHz в $\text{DMSO}-d_6$). ИК-спектры регистрировали на ИК-спектрометре Avatar-360. Масс-спектры были получены на масс-спектрометре Agilent 6530 Accurate-Mass Q-TOF LC/MS system. УФ-видимые спектры измеряли на м спектрофотометре Shimadzu UV-1800. Спектры флуоресценции регистрировали с помощью флуорометра Agilent Cary Eclipse. Элементный анализ выполняли на приборе CHNS-O UNICUBE. Точки плавления были получены на приборе Buchi M-560.

В работе использовались следующие реактивы и растворители: азулен (99,5%), N,N -дифенил-6-(4,4,5,5-тетраметил-1,3,2-диоксаборолан-2-ил)азулен-2-амин (99,6 %), $(\text{Bpin})_2$ (99%), $[\text{IrCl}(\text{cod})]_2$ (98%), $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2$ (98%), 2,2'-bpy (98,5%), CuBr (98,8 %), ДМФ (99,8%), CH_2Cl_2 (99,6%), а также другие реагенты и растворители компании «Sigma-Aldrich» без дополнительной очистки.

2-(N,N -дифениланилин)-азулен (5). Смесь монобромазулена **3** (286 мг, 1.00 ммоль), бориланилина **4** (231 мг, 1,5 ммоль) в 7 мл дегазированной ТГФ/ H_2O (4:1), добавляли $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2$ (16 мг, 0,02 ммоль) и K_2CO_3 (60 мг, 0,43 ммоль) в аргоне. Смесь перемешивали 18 часов при 75°C , затем охлаждали до комнатной температуры и экстрагировали CH_2Cl_2 (3×20 мл). Объединенные экстракты сушили над MgSO_4 и упаривали в вакууме. Продукт очищали колоночной хроматографией на силикагеле смесью $\text{C}_6\text{H}_{14}/\text{CH}_2\text{Cl}_2$ (9:1) и перекристаллизацией из CH_2Cl_2 с получением темно-коричневого твердого вещества (254 мг, выход 80%). Т.пл. $169\text{--}171^\circ\text{C}$. ИК-спектр (ν , cm^{-1}): 2942, 2850, 1474, 1410, 1312, 1081, 696. Спектр ЯМР ^1H : δ 8.25 (д, $J = 9.3$ Гц, 1H), 7.82 (д, $J = 8.1$ Гц, 1H), 7.60 (с, 1H), 7.45 (с, 1H), 7.27 – 6.90 (м, 17H). Спектр ЯМР ^{13}C : δ 147.90, 147.55, 147.50, 141.54, 135.78, 135.27, 132.24, 129.48, 129.31, 128.51, 125.23, 124.88, 124.50, 123.86, 123.80, 123.41, 123.33, 123.35, 122.78, 113.91. Масс-спектр (EI), m/z : 371.1 $[\text{M}]^+$. $\text{C}_{28}\text{H}_{21}\text{N}$, рассчитано: C 90.49, H 5.69, N 3.70; найдено: C 90.20, H 5.41, N 3.80.

2,6-Бис(N,N -дифениланилин)-азулен (8). Смесь дибромазулена **7** (286 мг, 1.00 ммоль) и бориланилина **4** (462 мг, 3,00 ммоль) в 10 ml дегазированной ТГФ/ H_2O (4:1), добавляли $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2$ (16 мг, 0,02 ммоль) и K_2CO_3 (60 мг, 0,43 ммоль) в аргоне. Смесь перемешивали 18 часов при 75°C , затем охлаждали до комнатной температуры и экстрагировали CH_2Cl_2 (3×20 мл). Объединенные экстракты сушили над MgSO_4 и упаривали в вакууме. Продукт очищали колоночной

хроматографией на силикагеле смесью C_6H_{14}/CH_2Cl_2 (9:1) и перекристаллизацией из CH_2Cl_2 с получением коричневого твердого вещества (211 мг, выход 78%). Т.пл. 214–216 °С. ИК-спектр (ν , cm^{-1}): 2920, 2855, 1580, 1488, 1421, 1343, 1255, 1170, 1072, 690. Спектр ЯМР 1H : δ 8.23 (д, $J = 10.0$ Гц, 2H), 7.83 (д, $J = 8.5$ Гц, 2H), 7.57 (с, 1H), 7.50 (с, 1H), 7.37 (дд, $J = 9.7, 3.4$ Гц, 4H), 7.35 – 7.30 (м, 4H), 7.30–7.24 (м, 8H), 7.15 – 7.13 (м, 16H). Спектр ЯМР ^{13}C : δ 149.57, 148.23, 147.84, 147.33, 147.56, 147.31, 141.44, 135.58, 137.37, 132.14, 130.26, 129.48, 129.31, 128.51, 125.85, 125.23, 124.88, 124.16, 123.86, 123.64, 122.66, 114.55, 113.75. Масс-спектр (EI), m/z : 614.1 $[M]^+$. $C_{46}H_{34}N_2$, рассчитано: С 89.85, Н 5.55, N 4.56; найдено С 89.55, Н 5.43, N 4.65.

Результаты и обсуждение. Пути синтеза, ведущие к азуленовым π -сопряженным соединениям: 2-(N,N-дифениланилин)-азулен **5** и 2,6-бис(N,N-дифениланилин)-азулен **8**, представлены на схемах 1 и 2. Как видно из схемы 1, борилазулен **2** был получен прямым C_2 -Н борилированием азулена **1** с бис(пинаколато)дибором в присутствии иридиевого катализатора, согласно литературной методике (Kurotobi, et.al.,2003). Далее реакция борил-азулена **2** с бромидом меди дает ключевой бромазулен **3** с выходом 70 %, согласно методике работы (Fujinaga, et.al.,2009). Впоследствии целевой продукт 2-N,N-дифенил-анилинилазулен **5** был получен реакцией сочетания бромазулена **3** и бориланилина **4** в присутствии Pd-катализатора с высоким выходом 80 %.

Как показано на схеме 2, диборилазулен **6** был получен C_6 -Н борилированием соединения **2** также в присутствии Ir-катализатора согласно литературной методике (Kurotobi, et.al.,2003). Затем взаимодействие диборилазулена **6** с бромидом меди приводит к ключевому 2,6-дибромазулену **7** с выходом 70%, согласно методике работ (Narita, et.al.,2018). Далее конечный продукт 2,6-N,N-дифениланилининилазулен **8** был получен с высоким выходом 78 % также реакцией сочетания дибромиды **7** и **4** посредством палладиевого катализатора.

Полученные дифениланилинилазулены **5** и **8** представляют собой стабильные коричневые твердые вещества. Они хорошо растворяются при температуре окружающей среды в CH_2Cl_2 , $CHCl_3$, $C_6H_5CH_3$ and C_6H_5Cl .

Строение **5** и **8** были подтверждены набором аналитических методов, включая спектроскопические (1H ЯМР, ^{13}C ЯМР, ИК and MS) методы (материалы и методы).

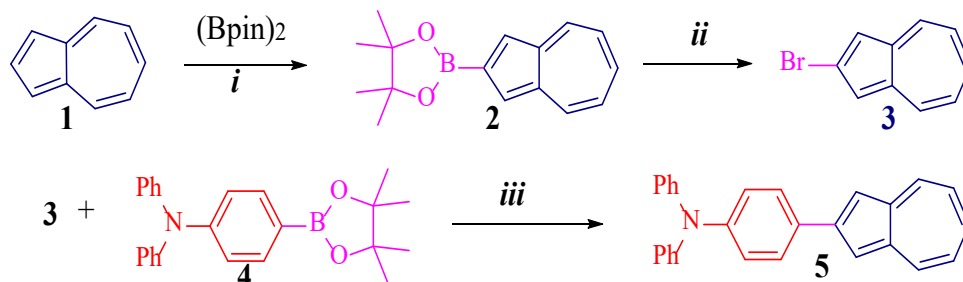


Схема 1. Синтез 2-дифениланилинилазулена **5**. (i) $[IrCl(cod)]_2$, 2,2-бру,циклогексан, кипячение, 70%; (ii) CuBr, ДМФ, 90 °С, 70%; (iii) $Pd(PPh_3)_2Cl_2$, ТГФ/ H_2O (4:1), нагревание, 80%.

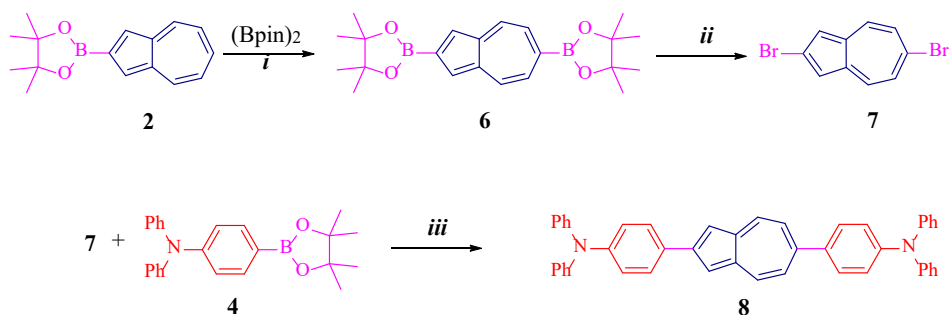


Схема 2. Синтез 2,6-дифениланилилазулена 8. (i) $[\text{IrCl}(\text{cod})]_2$, 2,2-bpy, циклогексан, кипячение, 50%; (ii) CuBr, ДМФ, 90°C, 70%; (iii) $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2$, ТГФ/ H_2O (4:1), нагревание, 78%.

УФ-вид спектры дифениланилиновых азуленов **5** и **8** представлены на рисунке 2, в таблице 1 приведены их данные. В спектре поглощения **5** в диметилформамиде (ДМФ) наблюдается новая сильная полоса поглощения с максимумом при 429 нм ($\epsilon = 22\,447$) (таблица 1). Аналогично, соединение **8** демонстрирует интенсивную видимую полосу поглощения π - π^* электронного перехода при 465 нм ($\epsilon = 24\,621$). Высокие молярные коэффициенты видимого поглощения свидетельствуют о сильном взаимодействии между дифениланилиновыми и азуленовыми звеньями, что приводит к увеличению светособирающей способности.

Максимум видимого поглощения **8** bathochromно сдвинут на 31 нм и имеет большую интенсивность по сравнению с максимумом поглощения **5**. Расширенное π -сопряжение и усиленная делокализация электронов в **8** (рисунок 5) приводят к уменьшению его энергетического зазора HOMO-LUMO (рисунок 4), способствуя наблюдаемому bathochromному сдвигу в спектрах поглощения по сравнению с монозамещенным азуленом **5**. Такая структурная модификация приводит к более выраженному возмущению электронных свойств, что в конечном итоге улучшает фотофизические характеристики системы 2,6-бис-дифениланилилазулена. Электронное поглощение соединений **5** и **8** значительно сильнее, чем у исходного азулена **1** ($\epsilon\, 350\, \text{M}^{-1}\, \text{cm}^{-1}$) (Shevyakov, et.al 2003).

Таблица 1– Данные UV-Vis спектров и спектров флуоресценции **5** и **8**^a.

Соедине-ния	Раство-ритель	Поглощение		Флуоресценция ^b	
		λ_{abs} , нм	ϵ , $\text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$	λ_{em} , нм	Интесив-ность, у.е.
5	ДМФ	234	58 826	510	611
		429	22 447		
8	ДМФ	237	57 881	590	710
		465	24 621		

^a в ДМФ, температура окружающей среды, концентрация $1 \times 10^{-4}\, \text{M}$;

^a λ_{ex} (длина волны возбуждения) 425 нм.

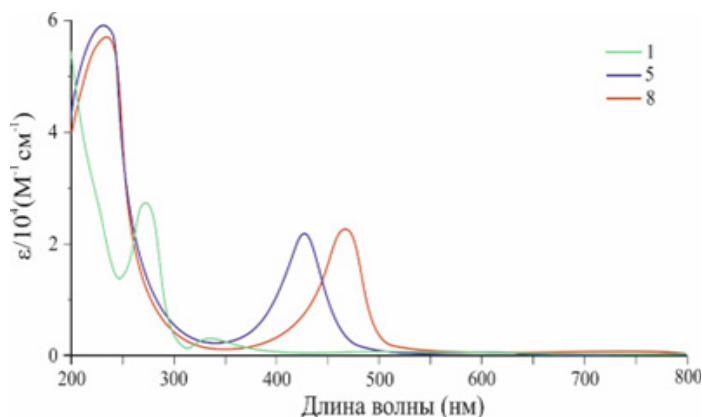


Рисунок 2. УФ-видимые спектры соединений 5, 8 и исходного 1.

Спектры флуоресценции дифениланилиновых соединений **5** и **8** показаны на 3 рисунке, в таблице 1 приведены их данные. В спектре соединения **5** в видимой области наблюдается новая полоса излучения с $\lambda_{em} = 510$ нм ($\lambda_{ex} = 425$ нм) (таблица 1). Аналогично, соединение **8** демонстрирует новую интенсивную полосу излучения с максимумом при 590 нм ($\lambda_{ex} = 425$ нм). Батохромный сдвиг 80 нм и повышенная интенсивность флуоресценции, наблюдаемые для соединения **8**, могут быть отнесены к его расширенной π -конъюгации (рисунок 5) и меньшей щели между НОМО и LUMO орбиталями (рисунок 4). Важно подчеркнуть способность соединений **5** и **8** проявлять интенсивную фотолюминесценцию в видимом свете в зеленой и оранжевой области, в отличие от не обладающего таким свойством исходного **1**.

В итоге, присоединение электронодонорных дифениланилиновых фрагментов по положениям C_2 и C_6 азулена **1** приводит к уникальным интенсивным поглощающим (ϵ 22 447 and ϵ 24 621 $M^{-1}cm^{-1}$) и флуоресцентным характеристикам (интенсивность 611 у.е и 710 у.е) в видимом спектре.

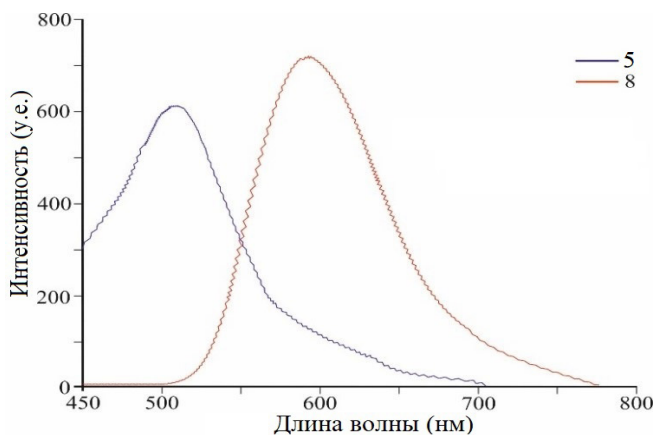


Рисунок 3. Спектры флуоресценции соединений 5 и 8.

Чтобы понять электронные свойства дифениланилинилазуленов **5** и **8** и связь между их структурной конфигурацией и оптическим поведением, были проведены DFT-расчеты (метод B3LYP/6-31G*) (рисунок 4).

Вычислительный анализ показывает равномерное распределение наибольших занятых молекулярных орбиталей как в азуленовой структуре, так и в дифениланилиновых заместителях в соединениях **5** и **8**. Такое распределение может быть следствием взаимодействия между HOMO-1 азулена и HOMO дифениланилина (Tsuchiya, et.al.,2023).

Это различие связано с тем, что в HOMO азулена атомы C₂ и C₆ находятся в узловой поверхности, в отличие от орбитали HOMO-1, где эти атомы показывают значительные коэффициенты (рисунок 16). Важно отметить, что уровни HOMO (-4,85 эВ и -4,74 эВ) и LUMO (-1,98 эВ и -2,19 эВ) соединений **5** и **8** расположены выше по уровню по сравнению с соответствующими уровнями в исходном азулене **1**. При этом зазор между HOMO и LUMO становится меньше на 0,42 эВ и 0,58 эВ, соответственно.

В результате ранее запрещенный электронный переход π - π^* в азулене становится разрешенным, что приводит к характерным свойствам поглощения и эмиссии в видимой области, наблюдаемым для соединений **5** и **8** (рисунок 2 и 3, таблица 1).

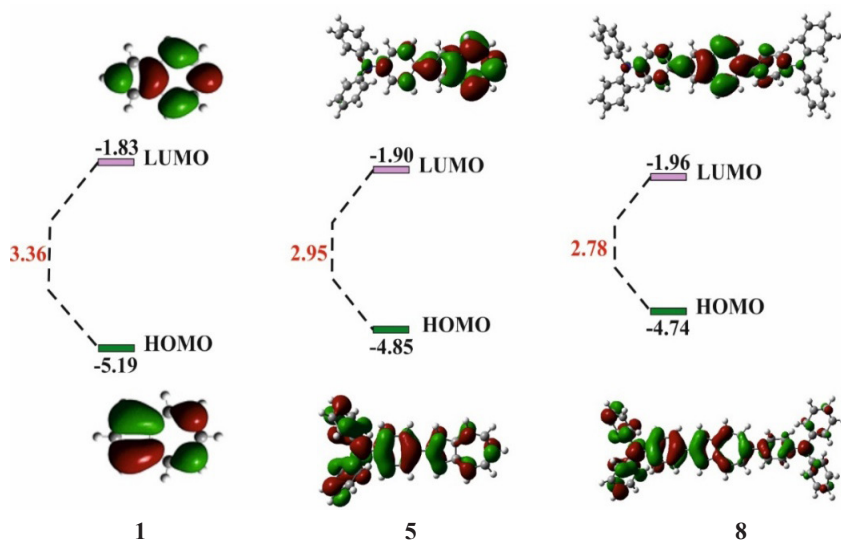
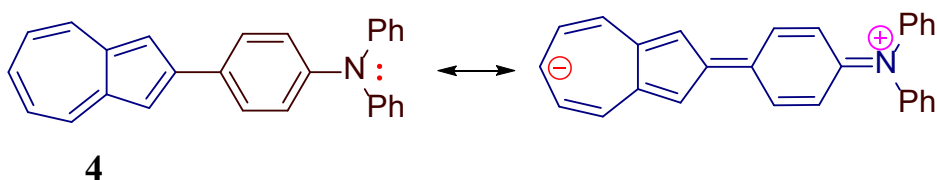


Рисунок 4. Распределение молекулярных орбиталей HOMO и LUMO N,N-дифениланилинилазуленов **5** и **8** в сравнении с азуленом **1**.



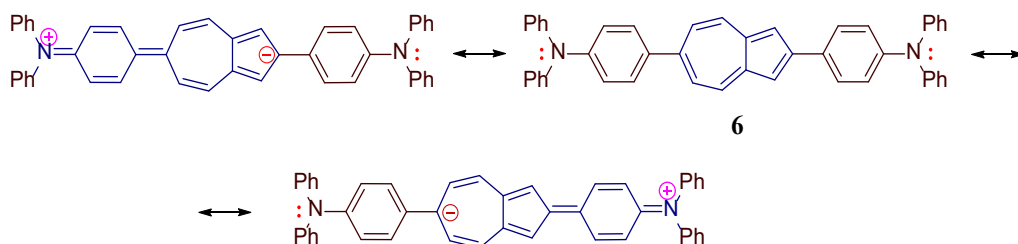


Рисунок 5. Схема резонансных структур π -сопряженных дифениланилинилазуленов 5 и 8.

Делокализация π -электронов.

Закключение. Таким образом, синтез и характеристика новых дифениланилинилазуленов 5 и 8 демонстрируют их уникальные оптические свойства. Включение дифениланилиновых молекул в каркас азулена приводит к ярко выраженным абсорбционным и эмиссионным свойствам в видимой области спектра (380-600 нм). DFT-расчеты подтверждают эти наблюдения, выявляя модификации в электронной структуре, которые разрешают ранее запрещенные $\pi \rightarrow \pi^*$ электронные переходы. Экспериментально полученные уровни энергии НОМО совпадают с расчетными значениями, что дополнительно подтверждает теоретический анализ. Эти соединения имеют значительный потенциал для применения в органической электронике и материаловедении, поскольку их свойства могут быть тонко настроены путем структурных модификаций.

References

- Freudenberg D., Jansch F. (2018) Immobilization Strategies for Organic Semiconducting Conjugated Polymers. *Chem. Rev.*, — 118. — 5598. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00063> (in English)
- Roy M., Walton J.H., Fetting J.C., Balch A.L. (2022). Direct Crystallization of Diamine Radical Cations: Carbon-Nitrogen Bond Formation from the Reaction of Triphenylamine with TiCl_4 , TiBr_4 , or SnCl_4 versus Carbon-Carbon Bond Formation with SbCl_5 . *Chem. Eur. J.*, — 28. — 202. <https://doi.org/10.1002/chem.202104631> (in English)
- Zhang J., Chen Z., Yang L., Pan F.F., Yu G.A., Yin J., Liu S.H. (2016) Elaborately Tuning Intramolecular Electron Transfer Through Varying Oligoacene Linkers in the Bis(diarylamino) Systems. *Sci. Rep.* — 6. — 36310 p. <https://doi.org/10.1038/srep36310> (in English)
- Mayer D.C., Manzi A., Medishetty R., Winkler B., Schneider C., Kieslich G., Pothig A., Feldmann J., Fischer R.A. (2019) Controlling Multiphoton Absorption Efficiency by Chromophore Packing in Metal-Organic Frameworks. *J. Am. Chem. Soc.* — 141. — 11594 p. <https://doi.org/10.1021/jacs.9b04213> (in English)
- Wu C., Djurovich P. I., Thompson M. E. (2009) Study of energy transfer and triplet exciton diffusion in hole-transporting host materials. *Adv. Funct. Mater.*, — 19. — 3157. <https://doi.org/10.1002/adfm.200900357> (in English)
- Taniguchi R., Noto N., Tanaka S., Takahashi K., Sarkar S. K., Oyama R., Abe M., Koike T., Akita M. (2021) Simple generation of various α -monofluoroalkyl radicals by organic photoredox catalysis: modular synthesis of β -monofluoroketones. *Chem. Commun.*, — 57. — 2609. <https://doi.org/10.1039/D0CC08060H> (in English)
- Noto N., Koike T., Akita M. (2019) Visible-Light-Triggered Monofluoromethylation of Alkenes by Strongly Reducing 1,4-Bis(diphenylamino)naphthalene Photoredox Catalysis. *ACS Catal.* — 9. — 4382 p. <https://doi.org/10.1021/acscatal.9b00473> (in English)
- Tsuchiya T., Katsuoaka Y., Yoza K., Sato H., Mazaki Y. (2019) Stereochemistry, Stereodynamics, and

Redox and Complexation Behaviors of 2,2'-Diaryl-1,1'-Biazulenes *Chem.Plus Chem.*, — 84. — 1659 p. <https://doi.org/10.1002/cplu.201900262> (in English)

Xin H., Hou B., Gao X. (2021) Azulene-Based π -Functional Materials: Design, Synthesis, and Applications. *Acc. Chem. Res.*, —54. —1737 p. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.0c00893> (in English)

Dunlop D., Ludvikova L., Banerjee A., Ottosson H., Slanina T. (2023) Excited-State (Anti)Aromaticity Explains Why Azulene Disobeys Kasha's Rule. *J. Am. Chem. Soc.*, —145. —21569. <https://doi.org/10.1021/jacs.3c07625> (in English)

Shevyakov S.V., Li H., Muthyala R., Asato A.E., Croney J.C., Jameson D.M., Liu R.S. (2003) Orbital control of the color and excited state properties of formylated and fluorinated derivatives of azulene. *J. Phys. Chem. A.*, — 107. — 3295 p. <https://doi.org/10.1021/jp021605f> (in English)

Kurotobi K., Miyauchi M., Takakura K., Murafuji T., Sugihara Y. (2003) Direct Introduction of a Boryl Substituent into the 2-Position of Azulene: Application of the Miyaura and Smith Methods to Azulene. *Eur. J. Org. Chem.*, — 23. — 3663 p. <https://doi.org/10.1002/ejoc.200300001> (in English)

Fujinaga M., Murafuji T., Kurotobi K., Sugihara Y. (2009) Polyborylation of azulenes. *Tetrahedron*, — 65. — 7115 p. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2009.06.053> (in English)

Narita M., Toshihiro Y., Saki F., Masayuki H. (2018) Synthesis of 2-Iodoazulenes by the Iododeboration of Azulen-2-ylboronic Acid Pinacol Esters with Copper(I) Iodide Masahiro. *J. Org.Chem.*, — 63. — 3295 p. <https://doi.org/10.1021/acs.joc.7b02820> (in English)

Tsuchiya T., Hamano T., Inoue M., Nakamura T., Wakamiya A., Mazaki Y. (2023) Intense absorption of azulene realized by molecular orbital inversion. *Chem. Commun.* — 59. — 10604 p. <https://doi.org/10.1039/D3CC02311G> (in English)

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 20.06.2025.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

13,5 п.л. Заказ 2.

*Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-19*