

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>

ZHOROBKOVA 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 Еноквич (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жана 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 Джудит, 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), Рединг университетінің профессоры (Рединг, 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, Хамдар 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, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) <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/archiv>

© 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/author/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мылжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мiroслав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия), <https://www.scopus.com/author/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/author/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/author/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/author/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/author/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛЪТАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/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 углеродной химии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан), <https://www.scopus.com/author/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/author/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/author/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. Merkhataly, A.N. Iskanderov, S.B. Abeuova, A.N. Iskanderov, A.O. Bulumbaeva SYNTHESIS AND PHOTOPHYSICAL PROPERTIES OF CONJUGATED N,N-DIPHENYLANILYLAZULENES.....	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. Aitkazim 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**
 RHLOMIS 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 (*PIRRORNAE RHAMNOIDES L.*) ЭКСТРАКТЫ

ҚОСЫЛҒАН ПОЛИМЕРЛІК КОМПОЗИЦИЈАЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРАМЫН ДАЙЫНДАУ.....	143
Н. Мерхатұлы, А.Н. Искандеров, С.Б. Абеуова, А.Н. Искандеров, А.О. Булумбаева 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. Айтқазин 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. Башов, Д. Асылбекова, Г. Адырбекова, Н. Калиева ФОСФИННІҢ СУЛЫ ЕРІТІНДЕРДЕГІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	260
О.С. Холкин, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, Ә.Б. Башов, 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>RHIZOMA 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>HIPPORHAE 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. Нурғалиев, 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 <i>ARCTIUM LAPPA</i>	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), 119–130

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.285>

УДК: 541.18

© N.B. Kassenova^{1*}, R.Sh. Erkassov², S.K. Makhanova¹, R.N. Azhigulova³,
R. Bayarbolat¹, 2025.

¹Kokshetau University named after Sh.Ualikhanov, Kokshetau, Kazakhstan;

²Eurasian National University named after L. N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan;

³Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: nazira09_83@mail.ru

IR SPECTROSCOPY AS A METHOD FOR STUDYING THE STABILITY AND REACTIVITY OF TETRANUCLEAR IRON(II) COMPLEXES

Kassenova Nazira Bazarbayevna — PhD, assistant professor of the Department of Chemistry and Biotechnology, NJSC «Kokshetau University named after Sh. Ualikhanov», Kokshetau, Kazakhstan,
E-mail: nazira09_83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0570-1784>;

Erkassov Rakhmetulla Sharapidenovich — Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Chemistry, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
E-mail: erkass@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-51488147>;

Makhanova Saule Kordabayevna — PhD, Associate Professor of the Department of Chemistry and Biotechnology, NJSC «Kokshetau University named after Sh.Ualikhanov», Kokshetau, Kazakhstan,
E-mail: saulemach@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9084-348X>;

Azhigulova Ryskul Ninilovna — Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Physical Chemistry, Catalysis, and Petrochemistry, NJSC «Kazakh National University named after Al-Farabi», Almaty, Kazakhstan,
E-mail: razhigulova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4498-8439>;

Bayarbolat Rina — Master of Natural Sciences, Senior Lecturer at the Department of Chemistry and Biotechnology, NJSC «Sh. Ualikhanov Kokshetau University», Kokshetau, Kazakhstan,
E-mail: rina_bayarbolat@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5881-5718>.

Abstract. In this study, tetranuclear iron (II) complex compounds $\{[\text{Fe}(\text{tpma})(\mu\text{-CN})_4]\text{X}_4$ ($\text{X} = \text{ClO}_4^-$, BF_4^- , PF_6^-) were investigated, synthesized using the tris(2-pyridylmethyl)amine (tpma) ligand and cyanide bridging groups. The complexes were obtained in methanol, isolated as crystalline solids, and characterized by infrared (IR) spectroscopy, elemental analysis, and thermogravimetric analysis (TGA). IR spectra confirm the presence of bridging cyanide groups, as evidenced by characteristic $\text{C}\equiv\text{N}$ absorption bands in the range of 2072–2081 cm^{-1} . TGA revealed that the complexes lose uncoordinated water at around 150°C. The BF_4^- and PF_6^- complexes remain stable up to 300°C, whereas the perchlorate analogue decomposes at approximately 180°C, which is attributed to the high reactivity of the perchlorate anion. The obtained

results highlight the potential of these complexes as stable polynuclear compounds with tunable magnetic and thermal properties. The structural features and nature of the counter-anions significantly influence their physical and chemical behavior. Further studies on these complexes may facilitate the development of new functional materials, including magnetic sensors, molecular memory devices, and other advanced technological applications in molecular electronics and spintronics. Additionally, the presence of bridging cyanide ligands promotes strong magnetic coupling between iron centers, which could be exploited in designing molecular magnets. Their robust thermal stability also makes them suitable for use in harsh environmental conditions, expanding their practical applications.

Keywords: spin - crossover, temperature-induced spin crossover, Fe (II) complexes, CN-bridged complexes, IR spectroscopy

© Н.Б. Касенова^{1*}, Р.Ш. Еркасов², С.К. Маханова¹, Р.Н. Ажигулова³,
Р. Баярболат¹, 2025.

¹Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан;

²Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: nazira09_83@mail.ru

ИҚ — СПЕКТРОСКОПИЯ ТЕТРАЯДРОЛЫ ТЕМІР (II) КЕШЕНДЕРІНІҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ МЕН РЕАКЦИЯЛЫҚ ҚАБІЛЕТІН ЗЕРТТЕУ ӘДІСІ РЕТІНДЕ

Касенова Назира Базарбаевна — PhD, «Химия және биотехнология» кафедрасының ассистент профессоры, «Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КеАҚ, Көкшетау, Қазақстан, E-mail: nazira09_83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0570-1784>;

Еркасов Рахметулла Шарапиденович — химия ғылымдарының докторы, химия кафедрасының профессоры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, E-mail: erkass@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-51488147>;

Маханова Сауле Кордабаевна — PhD, «Химия және биотехнология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті» КеАҚ, Көкшетау, Қазақстан,

E-mail: saulemach@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9084-348X>;

Ажигулова Рыскуль Ниниловна — химия ғылымдарының кандидаты, физикалық химия, катализ және мұнай химиясы кафедрасының аға оқытушысы, «әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті» КеАҚ, Алматы, Қазақстан,

E-mail: razhigulova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4498-8439>;

Баярболат Рина — магистр естественных наук, сеньор лектор кафедры химии и биотехнологии, НАО «Кокшетауский университет им. Ш.Уалиханова», Кокшетау, Казахстан, E-mail: rina_bayarbolat@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5881-5718>.

Аннотация. Берілген мақалада трис(2-пиридилметил)амин (трпа) лигандын және цианидті көпірлі топтарды қолдану арқылы синтезделген темір(II) иондарына негізделген төрт ядролы кешенді қосылыстар $\{[\text{Fe}(\text{trpa})(\mu\text{-CN})_4]\text{X}_4$ (мұндағы X = ClO_4^- , BF_4^- , PF_6^-) жан-жақты зерттелді. Аталған кешендер метанол

ерітіндісінде алынған, кристалды қатты заттар ретінде бөлініп, инфрақызыл (ИК) спектроскопия, элементтік талдау және термогравиметриялық анализ (ТГА) әдістері арқылы сипаттамасы жүргізілді. ИҚ-спектроскопия нәтижелері көпірлі цианид топтарының болуын растады: бұл $C\equiv N$ байланысының $2072\text{--}2081\text{ см}^{-1}$ аралығындағы жұтылу жолақтарымен байқалды. ТГА нәтижелері кешендердің 150°C шамасында координацияланбаған су молекулаларын жоғалтатынын көрсетті. VF_4^- және PF_6^- аниондары бар кешендер жоғары термиялық тұрақтылық танытып, 300°C -қа дейін ыдырамайды. Ал ClO_4^- анионын қамтитын кешен шамамен 180°C -та ыдырайды, бұл перхлораттың жоғары реактивтілігіне байланысты. Зерттеу нәтижелері алынған кешендердің термиялық және ықтимал магниттік қасиеттері басқарылатын тұрақты көпядролы құрылымдар ретінде болашағы зор екенін көрсетті. Бұл қосылыстар болашақта молекулалық магниттер, термиялық сенсорлар және ақпарат сақтау құрылғылары сияқты жаңа функционалды материалдарды жасауға негіз бола алады. Зерттелген кешендердің құрылымдық ұйымдасуы мен анион табиғаты олардың физика-химиялық қасиеттеріне тікелей әсер ететіні анықталды. Сонымен қатар, бұл қосылыстарда көпірлі цианид топтарының болуы металл иондары арасында магниттік өзара әсердің пайда болуына ықпал етуі мүмкін. Мұндай қасиеттер кешендерді молекулалық электроника, спинтроника, сенсорика және катализ, фотоника мен материалтану салаларында кеңінен қолдануға, сонымен қатар жаңа буын құрылғыларын жобалауға мүмкіндік береді. Сонымен бірге, оларды бейорганикалық нанокұрылымдар мен көпфункционалды жүйелердің модельдері ретінде де қолдануға болады.

Түйін сөздер: спин-кроссовер, температура арқылы индуцирленген спин-кроссовер, Fe (II) кешендері, CN-көпірлі кешендер, ИҚ-спектроскопия

© Н.Б. Касенова^{1*}, Р.Ш. Еркасов², С.К. Маханова¹, Р.Н. Ажигулова³,
Р. Баярболат¹, 2025.

¹Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан;

²Евразийский национальный университет Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

³Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

E-mail: nazira09_83@mail.ru

ИК – СПЕКТРОСКОПИЯ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ И РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТЕТРАЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗА (II)

Касенова Назира Базарбаевна — PhD, ассистент-профессор кафедры химии и биотехнологии, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», Кокшетау, Казахстан,
E-mail: nazira09_83@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0570-1784>;

Еркасов Рахметулла Шарапиденович — доктор химических наук, профессор кафедры химии, Евразийский национальный университет Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
E-mail: erkass@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-51488147>;

Маханова Сауле Кордабаевна — PhD, ассоциированный профессор кафедры химии и

биотехнологии, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», Кокшетау, Казахстан,
E-mail: saulemach@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9084-348X>;

Ажигулова Рыскуль Ниниловна — кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры физической химии, катализа и нефтехимии, НАО «Казахский национальный университет имени аль-Фараби», Алматы, Казахстан,

E-mail: razhigulova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4498-8439>;

Баярболат Рина — магистр естественных наук, сеньор лектор кафедры химии и биотехнологии, НАО «Кокшетауский университет им. Ш. Уалиханова», Кокшетау, Казахстан,

E-mail: rina_bayarbolat@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5881-5718>.

Аннотация. В данной работе исследованы тетраядерные комплексные соединения железа (II) состава $\{[\text{Fe}(\text{tpma})(\mu\text{-CN})]_4\} \text{X}_4$, где $\text{X} = \text{ClO}_4^-, \text{BF}_4^-, \text{PF}_6^-$. Эти соединения были синтезированы с использованием лиганда трис(2-пиридилметил) амина (tpma) и мостиковых цианидных групп, способствующих образованию поляядерных структур. Синтез осуществлялся в метанольной среде при комнатной температуре. Полученные комплексы выделены в виде кристаллических твердых веществ, хорошо растворимых в органических растворителях, и охарактеризованы с применением комплекса физико-химических методов: инфракрасной (ИК) спектроскопии, элементного анализа и термогравиметрического анализа (ТГА). ИК-спектры продемонстрировали наличие характерных полос валентных колебаний тройной связи $\text{C}\equiv\text{N}$ в области $2072\text{--}2081\text{ см}^{-1}$, подтверждающих участие цианид-анионов в образовании мостиков между железоцентрами. Результаты ТГА показали, что все комплексы теряют молекулы некоординированной воды при температуре около $150\text{ }^\circ\text{C}$. Комплексы с BF_4^- и PF_6^- продемонстрировали высокую термическую стабильность вплоть до $300\text{ }^\circ\text{C}$, в то время как аналог с перхлорат-анионом начал разлагаться уже при $\sim 180\text{ }^\circ\text{C}$, что обусловлено его высокой реакционной способностью и склонностью к экзотермическому разложению. Таким образом, проведенное исследование позволило получить стабильные тетраядерные структуры с варьируемыми физико-химическими характеристиками и уникальными координационными, структурными и спектральными признаками. Полученные комплексы представляют интерес как потенциальные прекурсоры для создания функциональных материалов, в том числе молекулярных магнитов, термостойких сенсоров и элементов памяти. Дальнейшее изучение их магнитных, электронных и координационных свойств может способствовать разработке новых направлений в области материаловедения и координационной химии.

Ключевые слова: спин-кроссовер, температурно-индуцированный спин-кроссовер, комплексы Fe (II), CN-мостиковые комплексы, ИК-спектроскопия

Введение. В последние годы возрастает интерес к созданию различных неорганических полимерных материалов. Их основу представляют определенные предшественники с таким набором кристаллохимических и других свойств, который обеспечивал бы успешное конструирование твердых тел с заданной размерностью кристаллической решетки и физико-химическими характеристиками (Fedorov, et al., 2007; Cotton, 1964). Важный класс подобных предшественников

составляют металлокластерные комплексы с разным количеством ядер, своеобразные и довольно крупные строительные блоки. Среди них наиболее удобны наноразмерные халькоцианидные кластерные соединения рения: тетра- $[\text{Re}_4\text{Q}_4(\text{CN})_{12}]^{4-}$ и гексаядерные $[\text{Re}_6\text{Q}_8(\text{CN})_6]^{4-}$ ($\text{Q}=\text{S}, \text{Se}$ или Te (рисунок 1), а также и недавно синтезированный 12-ядерный комплекс $[\text{Re}_{12}\text{CS}_{17}(\text{CN})_6]^{6-}$ (Li, et al., 1999; Mironov, et al., 2005).

Все они стабильны в водных и органических средах и могут быть вовлечены в разнообразные реакции, которые протекают в растворах.

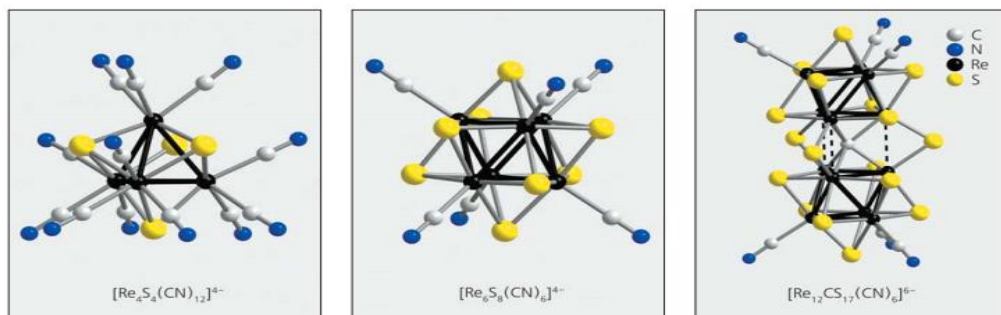


Рисунок 1 – Сульфидные цианокомплексы рения с четырех-, шести- и 12- ядерными кластерами

Приведенные комплексы имеют в составе CN-группы. Цианидные комплексы занимают особое место в координационной химии переходных металлов и стали предметом повышенного научного интереса. Это связано с амбидентатным характером CN - групп, т.е. их способностью координироваться к атомам металлов одновременно и через атом углерода, и через атом азота. Благодаря этому цианидные комплексы связываются с катионами металлов в полимерные цианомостиковые структуры типа $-\text{M}-\text{N}\equiv\text{C}-\text{M}'-\text{C}\equiv\text{N}-\text{M}-$ (Kitagawa, et al., 2004).

На протяжении многих лет в университете штата Флорида (США) довольно широко проводятся исследования многоядерных комплексных соединений железа (II), демонстрирующих равновесие и спин-кроссоверные переходы. Ими изучаются состояние спиновых переходов с электропроводностью и люминесценцией с привлечением различных методов, таких как спектроскопия ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) и инфракрасная (ИК) спектроскопия, Мессбауэрская спектроскопия, электронная спектроскопия, рентгеноструктурный анализ (РСА), проводятся теоретические расчеты молекулярных орбиталей (на уровне DFT) (Shatruk, et al., 2007; Siretanu, 2011).

В комплексных соединениях железа (II) с цианидными лигандами созданы условия синтеза пятиядерных кластеров со структурой тригональной бипирамиды, проявляющих спин-кроссоверное поведение. Отличительной особенностью ряда соединений является наличие резкого перехода спина, теплового гистерезиса и бистабильности в определенном интервале температур. Такое свойство делает комплексное соединение перспективным материалом для получения магнитных сенсоров и устройств памяти (Shatruk, et al., 2007; Giles, et al., 2011).

Материалы и методы исследования. Синтез трис – [(2-пиридил)метил] амина (трма). Лиганд трис – [(2-пиридил)метил]амин был синтезирован модифицированной методикой, описанной Anderegг и его коллегами (Anderegг, et al., 1967; Tyeklar, et al., 1993).

Данные характеристики ЯМР- и ИК- спектров синтезированного лиганда трма полностью совпадают с литературными. Данные характеристики синтезированного вещества полностью совпадают с литературными. Характеристики ЯМР-спектра синтезированного вещества: $^1\text{H NMR}$ (CD_3CN): δ 3Н), 7.69 (t, 3Н), 7.60 (d, 3Н), 7.17 (t, 3Н), 3.81 (s, 6 Н).

$^{13}\text{C NMR}$ (CD_3CN): δ 160.51 (2-пу), 149.85 (6-пу), 137.25 (4-пу), 123.74 (3-пу), 122.94 (5-пу), 60.83 ($\text{I}''\text{-CH}_2$).

ИК-спектр трис – [(2-пиридил)метил]амина приведен на рисунке 2, он полностью совпадает с литературными данными.

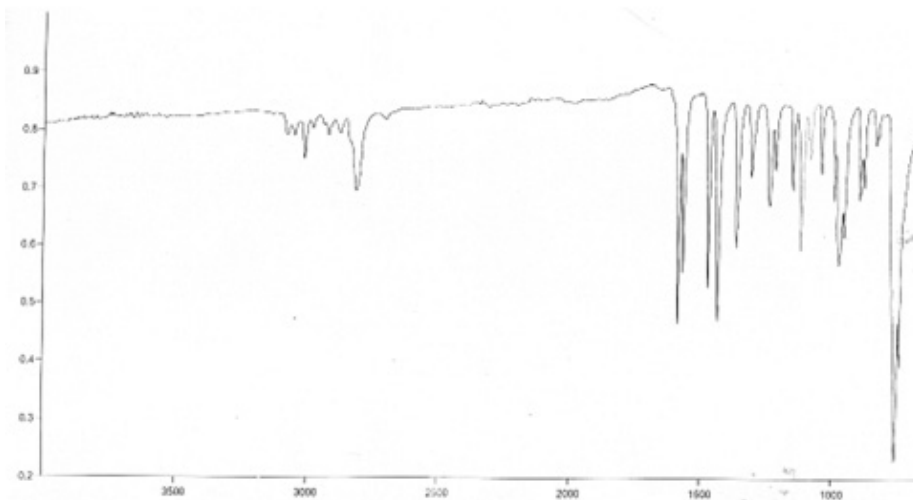


Рисунок 2 – ИК – спектр трис – [(2-пиридил)метил]амина (трма)

Синтез тетраядерного комплексного соединения $\{\text{Fe}(\text{trma})(\mu\text{-CN})\}_4(\text{ClO}_4)_4$ (А). Смесь состоящую из 0,168 г (0,46 ммоль) $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и 0,134 г (0,46 ммоль) трма растворили в 4 мл метанола. Полученный прозрачный желтый раствор добавляли по каплям при перемешивании к раствору 0,124 г (0,46 ммоль) $(\text{Bu}_4\text{N})\text{CN}$ в 4 мл MeOH . Раствор быстро стал темно-красным, с последующим образованием осадка оранжевого цвета. После того как добавление реагента было завершено, смесь перемешивали в течение 20 мин и оставляли в покое на 30 мин. Полученный оранжевый осадок был выделен путем фильтрации и высушен под вакуумом. Выход соединения составляет 0,118 г (55%). Полученное вещество имело следующий элементный состав -рассчитано (найдено), %: С, 47,48 (47,44); Н, 3,98 (4,13); N, 14,57 (14,28), он практически соответствует рассчитанному для соединения $\text{Fe}_4\text{Cl}_4\text{O}_{18}\text{N}_{20}\text{C}_{76}\text{H}_{76}$ ($\text{A} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

ИК-спектры соединений регистрировали на спектрометре Пэркин-Элмер (Спектрум 100) в диапазоне частот 4000-600 см⁻¹, используя универсальную ATR приставку.

ИК спектр синтезированного соединения, $\nu(\text{C}\equiv\text{N})$, см⁻¹: 2081, 2072. Монокристаллы соединения **A** для рентгеноструктурного анализа были получены диффузией паров диэтилового эфира (Et₂O) в раствор **A** в ацетонитриле (MeCN).

Синтез тетраядерного комплексного соединения $\{[\text{Fe}(\text{tpma})(\mu\text{-CN})]_4\}(\text{BF}_4)_4$ (**B**). Смесь 0,206 г (0,610 ммоль) Fe(BF₄)₂·6H₂O и 0,177 г (0,610 ммоль) tpma растворили в 4 мл метанола.

Полученный прозрачный желтый раствор добавляли по каплям при перемешивании к раствору 0,164 г (0,610 ммоль) (Bu₄N)CN в 4 мл MeOH. Выход соединения составляет 0,144 г (51%).

Элементный анализ синтезированного соединения: рассчитано (найдено) для Fe₄F₁₆O₅N₂₀C₇₆B₄H₈₂ (B·5H₂O), %: C, 47,39 (47,45); H, 4,29 (4,13); N, 14,54 (14,50).

ИК спектр соединения, $\nu(\text{C}\equiv\text{N})$, см⁻¹: 2081, 2072. Монокристаллы соединения **B** для рентгеноструктурного анализа были получены диффузией паров Et₂O в раствор **B** в MeCN.

Синтез тетраядерного комплексного соединения $\{[\text{Fe}(\text{tpma})(\mu\text{-CN})]_4\}(\text{PF}_6)_4$ (**B**). К смеси из FeCl₂·4H₂O 0,080 г (0,40 ммоль) и tpma 0,120 г (0,400 ммоль) было добавлено 2 мл MeOH. Полученный светло-желтый раствор добавляли к 0,107 г (0,400 ммоль) раствору (Bu₄N)CN в 1 мл MeOH.

Полученный темно-красный раствор был добавлен к 0,074 г (0,40 ммоль) раствора KPF₆ в 2 мл MeOH, что привело к мгновенному выпадению оранжевого осадка.

Далее смесь перемешивали в течение 2 ч, после чего осадок был отфильтрован, растворен в 3 мл MeCN и опять отфильтрован через фильтр из микроволокон для удаления нерастворенного KCl.

Диффузия паров Et₂O в полученный раствор вызвала кристаллизацию оранжево-красного вещества. Продукт отфильтровывали и высушивали под вакуумом. Выход соединения составил 51% (0,107 г).

Элементный анализ соединения: рассчитано (найдено) для Fe₄P₄F₂₄N_{20,7}C_{77,3}H₇₄ (B·0.65CH₃CN), %: C, 44.31 (44.11); H, 3.56 (3.74); N, 13.80 (14.01).

ИК спектр соединения: $\nu(\text{C}\equiv\text{N})$, см⁻¹: 2080, 2073. Монокристаллы соединения **B** для рентгеноструктурного анализа были получены медленной взаимной диффузией метанольных растворов Fe(tpma)Cl₂ и NH₄PF₆ в H-образном сосуде.

Результаты и обсуждение. Реакции, в которых в качестве единственного блокирующего лиганда используется tpma, приводят к образованию тетраядерных комплексов железа (II), имеющих общую формулу $\{[\text{Fe}(\text{tpma})(\mu\text{-CN})]_4\}\text{X}_4$. Процесс их формирования происходит за счет пошагового присоединения мостиковых CN⁻-лигандов к предварительно образованному фрагменту [Fe(tpma)]²⁺, что обеспечивает образование устойчивых полиядерных структур.

Для подтверждения структуры полученных соединений были записаны их инфракрасные (ИК) спектры, представленные на рисунках 3, 4 и 5. В спектрах

соединений **А**, **Б** и **В** наблюдаются две отчетливые полосы поглощения в области 2072 и 2081 см^{-1} , которые соответствуют характеристическим колебаниям тройной связи $\text{C}\equiv\text{N}$ в мостиковых фрагментах $\text{Fe(II)}-\text{C}\equiv\text{N}-\text{Fe(II)}$. Эти значения согласуются с литературными данными и подтверждают наличие цианидных мостиков в координационной среде железа (II) (Shatruck, et al., 2009; Funck K.E., et al., 2011).

На рисунках 3 - 5 представлены ИК-спектры соединений $\{[\text{Fe}(\text{tpma})(\mu\text{-CN})_4]\}(\text{ClO}_4)_4$ (А), $\{[\text{Fe}(\text{tpma})(\mu\text{-CN})_4]\}(\text{BF}_4)_4$ (Б) и $\{[\text{Fe}(\text{tpma})(\mu\text{-CN})_4]\}(\text{PF}_6)_4$ (В) демонстрирующие характерные полосы поглощения, соответствующие указанным вибрациям $\text{C}\equiv\text{N}$.

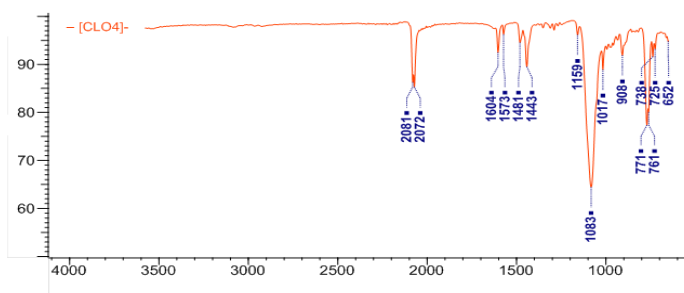


Рисунок 3 – ИК – спектр $\{[\text{Fe}(\text{tpma})(\mu\text{-CN})_4]\}(\text{ClO}_4)_4$ (А)

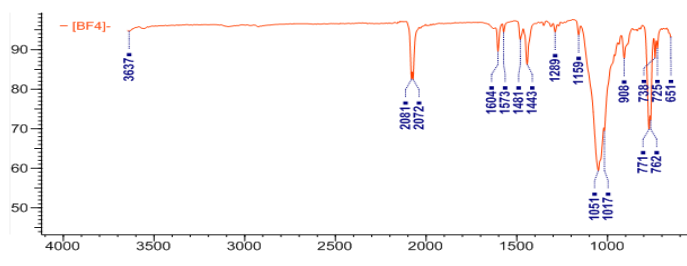


Рисунок 4 – ИК – спектр $\{[\text{Fe}(\text{tpma})(\mu\text{-CN})_4]\}(\text{BF}_4)_4$ (Б)

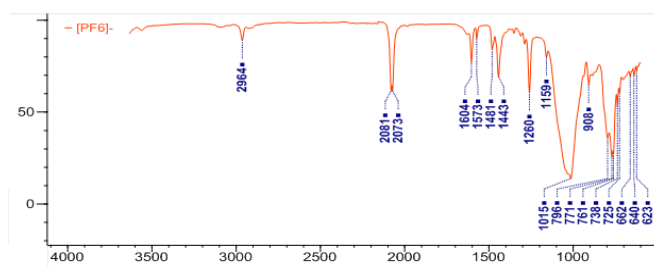


Рисунок 5 – ИК – спектр $\{[\text{Fe}(\text{tpma})(\mu\text{-CN})_4]\}(\text{PF}_6)_4$ (В)

Комплексы были синтезированы в метаноле и перекристаллизованы из растворов $\text{CH}_3\text{CN}/\text{Et}_2\text{O}$. Растворы этих соединений окисляются на воздухе, но сами вещества в кристаллической форме стабильны при нахождении на воздухе в течение нескольких часов. При этом кристаллы легко теряют сольватированные молекулы метанола или ацетонитрила, которые замещаются молекулами воды, как доказано элементным анализом (Hietsoi, et al., 2014; Касенова, и др., 2014). Термогравиметрический анализ (ТГА). Для изучения термической устойчивости и характера разложения комплексов А, Б и В был проведен термогравиметрический анализ (ТГА) в атмосфере аргона (Ar). Полученные данные представлены на рисунке 6.

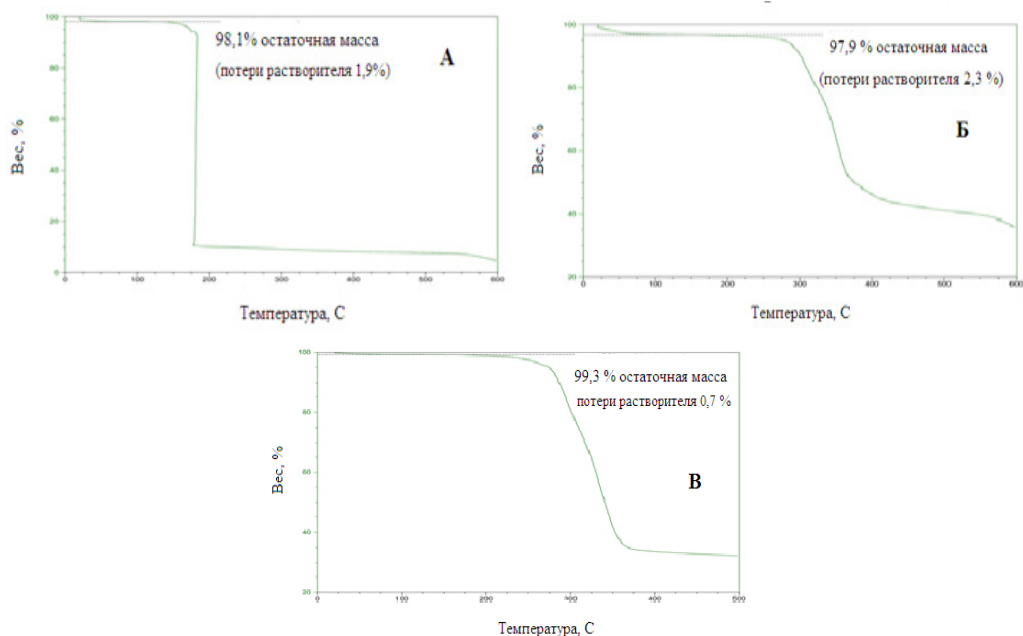


Рисунок 6 – Термогравиметрические кривые А, Б и В, снятые в непрерывном потоке газа Ar,

Анализ показал, что во всех случаях при нагревании до $\sim 150^\circ\text{C}$ наблюдается потеря массы, связанная с удалением некоординированной воды, присутствующей в кристаллической решетке комплексов. Этот процесс сопровождается постепенным снижением массы образцов без резких скачков на термограмме, что свидетельствует о равномерном удалении молекул воды.

При дальнейшем повышении температуры поведение комплексов различается: Комплексы Б и В демонстрируют высокую термическую устойчивость и начинают разлагаться только при температурах выше 300°C . Это указывает на прочную координационную связь и стабильность образовавшихся полиядерных структур в инертной атмосфере. Комплекс А, содержащий перхлорат-анионы (ClO_4^-), разлагается значительно раньше, примерно при 180°C . Этот процесс происходит резко и сопровождается интенсивной потерей массы, что согласуется с взрывным

характером сухих перхлоратов. Такие соединения известны своей способностью к экзотермическому разложению, что связано с разрывом связей Cl–O и выделением газообразных продуктов, таких как O₂ и Cl₂ (Kassenova, et al., 2013; Kassenova, et al., 2014). Таким образом, результаты ТГА подтверждают, что присутствие перхлорат-анионов существенно снижает термическую устойчивость комплекса, тогда как комплексы, содержащие другие противоионы, проявляют значительно большую термическую стабильность.

Заключение. Полученные результаты подтверждают значительный потенциал синтезированных соединений для применения в различных областях науки и техники, включая магнитные сенсоры и устройства памяти. Их спин-кроссоверное поведение, стабильность в растворах и структурные особенности делают их привлекательными для дальнейших исследований в области координационной и материаловедческой химии. Кроме того, возможность тонкой настройки их свойств путем варьирования лигандного окружения и природы противоионов расширяет перспективы их использования в молекулярной электронике, катализе и создании новых функциональных материалов с заданными магнитными и оптическими характеристиками.

Таким образом, проведенное исследование углубляет понимание механизмов образования многоядерных комплексов железа (II) с цианидными лигандами и открывает перспективы для разработки новых функциональных материалов на их основе.

Литература

- Fedorov V.E., Mironov Yu.V., Naumov N.G., Sokolov M.N., Fedin V.P. (2007) Chalcogenide clusters of Group, 5–7 metals. *Russ. Chem. Rev.* — 76 (6). — P. 529-552. <https://doi.org/10.1070/RC2007v076n06ABEH003707> (in English)
- Cotton F.A. (1964) Metal-Metal Bonding in [Re₂X₈]₂-Ions and Other Metal Atom Clusters. *Inorganic Chemistry.* — 4 (3). — P. 334-336. [doi:10.1021/ic50025a016](https://doi.org/10.1021/ic50025a016) (in English)
- Li H., Eddaoudi M., O’Keeffe M., Yaghi O.M. (1999) Design and Synthesis of an Exceptionally Stable and Highly Porous Metal-Organic Framework. *Nature.* — 402. — P. 276-279. <https://doi.org/10.1038/46248> (in English)
- Mironov Y.V., Naumov N.G., Kozlova S.G. et al. (2005) Ionic complexes based on the cluster anion [Re₁₂CS₁₇(CN)₆]₆⁻ and Cu²⁺ complex cations. *Angew. Chem. Int. Ed.* — 44. — P. 6867 - 6871. [doi:10.1007/s11172-008-0319-x](https://doi.org/10.1007/s11172-008-0319-x) (in English)
- Kitagawa, S., Kitaura, R. and Noro, S.I. (2004) Functional Porous Coordination Polymers. *Angewandte Chemie International Edition.* — 43. — P. 2334- 2375. <https://doi.org/10.1002/anie.200300610> (in English)
- Shatruk M., Dragulescu-Andrasi A., Chambers K. E., Stoian S. A., Bominaar E. L., Achim C., Dunbar K. R. (2007) Properties of Prussian blue materials manifested in molecular complexes: Observation of cyanide linkage isomerism and spin crossover behavior in pentanuclear cyanide clusters. *J. Am. Chem. Soc.* — 129, —P. 6104-6116. DOI: 10.1021/ja066273x (in English)
- Siretanu D., Li D., Buisson L., Bassani D. M., Holmes S. M., Mathonière C., Clérac R. (2011) Controlling Thermally Induced Electron Transfer in Cyano-Bridged Molecular Squares: From Solid State to Solution. *Chem. Eur. J.* — 17. — P. 11704-11708. DOI: 10.1002/chem.201102042 (in English)
- Giles I. D., Chifotides, H. T., Shatruk, M., Dunbar K. R. (2011) Anion-templated self-assembly of highly stable Fe (II) pentagonal metallacycles with short anion-π contacts. *Chem. Commun.* — 47. — P. 12604-12606. DOI:10.1002/chem.201101127 (in English)
- Anderegg G., Wenk F. (1967) Pyridinderivate als Komplexbildner VIII Die Herstellung je eines neuen vier- und sechszähligen Liganden. *Helv. Chim. Acta.* — 50. — 2330 p. <https://doi.org/10.1002/hlca.19770600115> (in English)

Tyeklar Z., Jacobson R.R., Wei N., Murthy N.N., Zubieta J., Karlin K.D. (1993) Reversible reaction of dioxygen (and carbon monoxide) with a copper (I) complex // X-ray structures of relevant mononuclear Cu (I) precursor adducts and the trans-(μ -1,2-peroxo)dicopper (II) product. *J. Am. Chem. Soc.* — 115. — P. 2677 - 2689. <https://doi.org/10.1021/ja00060a017> (in English)

Shatruck M., Avendano C., Dunbar K.R. (2009) Cyanide-bridged complexes of transition metals: A molecular magnetism perspective. *Prog. Inorg. Chem.* — 56, — P.155 - 334. <https://doi.org/10.1002/9780470440124.ch3> (in English)

Funk K.E., Prosvirin A.V., Mathonière C., Clérac R., Dunbar K.R. (2011). Light-Induced Excited Spin State Trapping and Charge Transfer in Trigonal Bipyramidal Cyanide-Bridged Complexes. *Inorg. Chem.* — 50. — P. 2782 - 2789. DOI:10.1021/ic1018357 (in English)

Hietsoi O., Dunk P. W., Stout H. D., Arroyave A., Kovnir K., Irons R. E., Kassenova N., Erkasov R., Achim C. and Shatruck M. (2014) Spin Crossover in Tetranuclear Fe (II) Complexes, $\{[(\text{tpma})\text{Fe}(\mu\text{-CN})_4]_4\}\text{X}_4$ ($\text{X} = \text{ClO}_4^-, \text{BF}_4^-$). *Inorg. Chem.* — 53. — P. 13070-13077. <https://doi.org/10.1021/ic502215h> (in English)

Касенова Н.Б., Еркасов Р.Ш. (2014). Спин-кроссовер в тетраядерных комплексах железа (II), $\{[(\text{tpma})\text{Fe}(\mu\text{-CN})_4]_4\}\text{X}_4$ ($\text{X} = \text{ClO}_4^-, \text{BF}_4^-, \text{PF}_6^-$). *Вестник ЕНУ.* — 2(99). — P. 374-378. (in Russian)

Kassenova N., Yerkassov R. Sh. (2013) Syntesis and structure of mononuclear complex of iron (III) with cyano-containing ligands. *Diversification of Scientific Approaches as a Basis for Improving Research Quality: Proceedings of the International Conference. Donetsk.* — P. 7-10. (in English)

Kassenova N., Yerkassov R. Sh. (2014) Investigation tetranuclear complexes of Iron (II) by Mössbauer spectroscopy. *Вестник КапГУ.* — 2. — P. 21-26. (in English)

References

Fedorov V.E., Mironov Yu.V., Naumov N.G., Sokolov M.N., Fedin V.P. (2007) Chalcogenide clusters of Group 5–7 metals. *Russ. Chem. Rev.* — 76 (6). — P. 529-552. <https://doi.org/10.1070/RC2007v076n06ABEH003707> (in English)

Cotton F.A. (1964) Metal-Metal Bonding in $[\text{Re}_2\text{X}_8]_2$ -Ions and Other Metal Atom Clusters. *Inorganic Chemistry.* — 4 (3). — P. 334-336. doi:10.1021/ic50025a016 (in English)

Li H., Eddaoudi M., O’Keeffe M., Yaghi O.M. (1999) Design and Synthesis of an Exceptionally Stable and Highly Porous Metal-Organic Framework. *Nature.* — 402. — P. 276-279. <https://doi.org/10.1038/46248> (in English)

Mironov Y.V., Naumov N.G., Kozlova S.G. et al. (2005) Ionic complexes based on the cluster anion $[\text{Re}_{12}\text{CS}_{17}(\text{CN})_{66}]_6^-$ and Cu^{2+} complex cations. *Angew. Chem. Int. Ed.* — 44. — P. 6867 - 6871. doi:10.1007/s11172-008-0319-x (in English)

Kitagawa, S., Kitaura, R. and Noro, S.I. (2004) Functional Porous Coordination Polymers. *Angewandte Chemie International Edition.* — 43. — P. 2334- 2375. <https://doi.org/10.1002/anie.200300610> (in English)

Shatruck, M., Dragulescu-Andrasi A., Chambers K. E., Stoian S. A., Bominaar E. L., Achim C., Dunbar K. R. (2007) Properties of Prussian blue materials manifested in molecular complexes: Observation of cyanide linkage isomerism and spin crossover behavior in pentanuclear cyanide clusters. *J. Am.Chem. Soc.* — 129. — P. 6104-6116. DOI: 10.1021/ja066273x (in English)

Siretanu D., Li D., Buisson L., Bassani D. M., Holmes S. M., Mathonière C., Clérac R. (2011) Controlling Thermally Induced Electron Transfer in Cyano-Bridged Molecular Squares: From Solid State to Solution. *Chem. Eur. J.* — 17. — P. 11704-11708. DOI: 10.1002/chem.201102042 (in English)

Giles, I. D., Chifotides, H. T., Shatruck, M., Dunbar K. R. (2011) Anion-templated self-assembly of highly stable Fe (II) pentagonal metallacycles with short anion- π contacts. *Chem. Commun.* — 47. — P. 12604-12606. DOI:10.1002/chem.201101127 (in English)

Anderegg G., Wenk F.(1967) Pyridinderivate als Komplexbildner VIII Die Herstellung je eines neuen vier- und sechszähligen Liganden. *Helv. Chim. Acta.* — 50. — 2330 p. <https://doi.org/10.1002/hlca.19770600115> (in English)

Tyeklar Z., Jacobson R.R., Wei N., Murthy N.N., Zubieta J., Karlin K.D. (1993) Reversible reaction of dioxygen (and carbon monoxide) with a copper (I) complex // X-ray structures of relevant mononuclear Cu (I) precursor adducts and the trans-(μ -1,2-peroxo)dicopper (II) product. *J. Am. Chem. Soc.* — 115. — P. 2677 - 2689. <https://doi.org/10.1021/ja00060a017> (in English)

Shatruck M., Avendano C., Dunbar K.R. (2009) Cyanide-bridged complexes of transition metals: A molecular magnetism perspective. *Prog. Inorg. Chem.* — 56, — P. 155 - 334. <https://doi.org/10.1002/9780470440124.ch3> (in English)

Funck K.E., Prosvirin A.V., Mathonière C., Clérac R., Dunbar K.R. (2011). Light-Induced Excited Spin State Trapping and Charge Transfer in Trigonal Bipyramidal Cyanide-Bridged Complexes. *Inorg. Chem.* — 50. — P. 2782 - 2789. DOI:10.1021/ic1018357 (in English)

Hietsoi O., Dunk P. W., Stout H. D., Arroyave A., Kovnir K., Irons R. E., Kassenova N., Erkasov R., Achim C. and Shatruck M. (2014) Spin Crossover in Tetranuclear Fe (II) Complexes, $\{[(tpma)Fe(\mu-CN)]_4\}X_4$ ($X = ClO_4^-, BF_4^-$). *Inorg. Chem.* — 53. — P. 13070-13077. <https://doi.org/10.1021/ic502215h> (in English)

Kasenova N.B., Erkasov R.Sh. (2014). Spin-krossover v tetrayadernykh kompleksakh zheleza (II), $\{[(tpma)Fe(\mu-CN)]_4\}X_4$ ($X = ClO_4^-, BF_4^-, PF_6^-$) [Spin crossover in tetra-nuclear iron(II) complexes, $\{[(tpma)Fe(\mu-CN)]_4\}X_4$ ($X = ClO_4^-, BF_4^-, PF_6^-$)] *Vestnik ENU.* — 2(99). — P. 374-378. (in Russian)

Kassenova N., Yerkasov R. Sh. (2013) Synthesis and structure of mononuclear complex of iron (III) with cyano-containing ligands. Diversification of Scientific Approaches as a Basis for Improving Research Quality: Proceedings of the International Conference. Donetsk. — P. 7-10. (in English)

Kassenova N., Yerkasov R. Sh. (2014) Investigation tetranuclear complexes of Iron (II) by Mössbauer spectroscopy. *Вестник КарГУ.* — 2. — P. 21-26. (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.