

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№3
2025**

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2025 • 3



**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND
CHEMICAL SCIENCES**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Editor-in-Chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Acting President of RPA NAS RK, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Editorial Board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Science and Production Holding "Phytochemistry" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ABIEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

TIGINYANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

SANG SU Kwak, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazi Iskenderovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

BOSHKAEV Kuantai Avgazyevich, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ZHUSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

TAKIBAEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

KHARIN Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Branch of NRNU MEPhI Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutalievich, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky", (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES.**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (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 № **KZ93VPY00121157** issued **05.06.2025**Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Бас редактор:

ЖУРЫНОВ Мұрат Жұрынулы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА РҚБ президенті м.а., АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакция ұжымы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нүрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Россин Сезаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корей Биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанокүрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Қуанғай Ағвазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

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

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ӘБШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арпан Зайнуталлайұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы "Отын, катализ және электрохимия институты" АҚ Бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **05.06.2025 ж.** берген № **KZ93VPY00121157** Күзлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. президента РОО НАН РК, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

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

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИБЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Куантай Авгазиевич, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

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

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, кандидат физико-математических наук, доцент, Филиал НИЯУ МИФИ Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

АБИШЕВ Медеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство № KZ93VPY00121157 о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан **05.06.2025**Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2025

CONTENTS

PHYSICS

M.B. Albatyrova

Energy evolution equation in a nonlinear spin system: derivation and numerical modeling.....11

E.A. Dmitriyeva, A.E. Kemelbekova, A.K. Shongalova, O.A. Shilova

Effect of the precursor concentration on the morphology and photosensitivity of the resulting ZnO thin films.....21

A. Istlyaup, L. Myasnikova, A. Lushchik

Computer simulation of the electrical properties of a carbon sheet with alkali metal iodide crystals.....33

A. Kenesbayeva, Ye.I. Kuldeev, E.O. Shalenov, T.B. Nurpeissova

Determination of the gravitational constant.....49

Sh.T. Nurmakhmetova, N.L. Vaidman, S.A. Khokhlov, A.T. Agishev, A.A. Khokhlov

The emission-line dusty object IRAS 07080+0605: evidence for binarity.....60

E.Otunchi, A.A. Migunova, A.Umirzakov, N.Tokmoldin

Effect of the composition of the film-forming system on the properties of SnO₂ films obtained by spray pyrolysis.....71

U.A. Ualikhanova, A.N. Abdipatta, O.V. Razina, A.M. Syzdykova, G.S. Altayeva

Bulk viscosity in f(T) gravity and its impact on cosmological evolution.....83

A.Zh. Umirbayeva, L. Aktay, L.N. Kondratyeva, I.M. Izmailova, A. Shomshekova

Methodology for the reduction of archival slit spectra of planetary nebulae.....99

N. Eghtesadi, S.S. Uzakbaeva, Z.K. Aimaganbetova, N.N. Zhanturina, A.Z. Bekeshev

Prediction of the kinetic properties of low-density polyethylene.....115

D. Yurin, D. Kuvatova, A. Glushenko, Ch. Omarov, M. Makukov

Analysis of the limits of direct n-body simulation using Nvidia RTX4090 GPU cards.....131

CHEMISTRY

A.S. Beisenova, A.A. Zhanybekova, M.M. Duysebaeva, G.E. Berganaeva Study of the chemical composition of <i>Centaurea diffusa</i> Lam. growing in the territory of Almaty region.....	146
N.N. Berikbol, Zh.S. Kassymova, L.K. Orazzhanova, A.N. Klivenko, N.N. Nurgaliyev Synthesis of interpolyelectrolyte complexes from fluorescently labeled biopolymers.....	161
O.A.Yessimova, S.Sh. Kumargaliyeva, B.K. Musabekov, A.K. Konysbek Colloidal - chemical properties of alhagi and tansy (<i>tanacetum</i>) hydrolates.....	182
R.N. Zhanaliyeva, B. Imangaliyeva, B. Torsykbaeva, R. Kozykeyeva Catalytic hydrogenation of carbonyl-containing compounds: mechanism, catalysts and application.....	193
M.A. Zhumash, K. Tilegen, Y.A. Boleubayev, S.S. Itkulova Dry reforming of methane over the high active Co-Fe-Ir-containing alumina supported catalyst.....	207
M. Ibrayeva, N. Sagdollina, Zh. Mukazhanova, Sh. Sanyazova, M.Ozturk Optimization of flavonoid extraction conditions from a plant of the genus <i>Symphotrichum novi-belgii</i>	218
M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova Supramolecular polymeric receptors for binding alkali metal ions.....	228
Y.A. Mussatay, M.I. Tulepov Carbon filters from rice husk for air purification in confined spaces.....	238
A.Zh. Mutushev, A.B. Seisenova, O.S. Kapizov, A.M. Nuraly, D.K. Mukhanov Integrated process for the synthesis of carbon-silicon nanocomposites from biowaste and metallurgical sludge.....	258
A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova, D.A. Zhumadullaev, M. Zhurinov Influence of metal surface mechanical preparation on the properties of phosphate coatings.....	274

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

М.Б. АльбатыроваСызықтық емес спиндік жүйедегі энергия эволюциясының теңдеуі:
шығарылуы және сандық модельдеу.....11**Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, А.Қ. Шонғалова, О.А. Шилова**Прекурсор концентрациясының алынған жұқа ZnO жабындарының
құрылымы мен фотосезімталдығына әсері.....21**Н. Эхтесади, С.С. Узакбаева, З.К. Аймаганбетова, Н.Н. Жантурина,
А.З. Бекешев**Төмен тығыздықтағы полиэтиленнің кинетикалық қасиеттеріне
болжау жасау.....33**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**Сілтілі металл иодидтерінің кристалдарымен көміртек қабатының
электрлік қасиеттерін компьютерлік модельдеу.....49**А. Кенесбаева, Е. Кульдеев, Е. Шаленов, Т. Нурпеисова**

Гравитациялық тұрақтыны анықтау.....60

Ш.Т. Нурмахаметова, Н.Л. Вайдман, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, А.А. Хохлов

IRAS 07080+0605 эмиссиялық объекті: екіжұлдыздық жүйенің дәлелі.....71

Е. Отунчи, А.А. Мигунова, А.Г. Умирзаков, Н. ТокмолдинЖабын түзуші жүйе құрамының спрей-пиролиз әдісімен алынған
SnO₂ жабындарының қасиетіне әсері.....83**У.А. Уалиханова, А.Н. Әбдіпатта, О.В. Разина, А.М. Сыздыкова, Г.С. Алтаева**f(T) гравитациясындағы көлемдік тұтқырлық және оның
космологиялық эволюцияға әсері.....99**А.Ж. Умирбаева, Л. Актай, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова,
С.А. Шомшекова**Планетарлық тұмандықтардың архивтік саңылаулы спектрлерін
өңдеу әдістемесі.....115**Д. Юрин, Д. Куватова, А. Глущенко, Ч. Омаров, М. Макуков**N-бөлшекті тікелей үлгілеудің шектерін Nvidia RTX 4090
GPU-карталарын пайдаланып талдау.....131

ХИМИЯ

- А.С. Бейсенова, А.А. Жаныбекова, Г.Е. Берганаева, М.А. Дюсебаева**
Алматы облысының аумағында өсетін шашыңқы гүлкекіре *Centaurea diffusa Lam.* өсімдігінің химиялық құрамын зерттеу.....146
- Н.Н. Берікбол, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, А.Н. Кливенко, Н.Н. Нурғалиев**
Флуоресцентті таңбаланған биополимерлерден интерполиэлектрлиттік комплексті синтездеу.....161
- О.А. Есимова, С.Ш. Құмарғалиева, К.Б. Мусабеков, А.Қ. Қонысбек**
Жантақ және түймешетен гидрولاتтарының коллоидтық-химиялық қасиеттері.....182
- Р.Н. Жаналиева, Б. Иманғалиева, Б.Б. Торсыкбаева, Р. Козыкеева, Р.Э. Ходжаназаров**
Құрамында карбонил бар қосылыстардың каталитикалық гидрогенизациясы: механизмі, катализаторлары және қолданылуы.....193
- М.А. Жұмаш, К.Т. Тілеген, Е.А. Болеубаев, Ш.С. Итқұлова**
Алюминий тотығына қондырылған жоғары белсенді Co-Fe-Ir құрайтын катализатордағы метанның құрғақ риформингі.....207
- М. Ибраева, Н. Сағдоллина, Ж. Мукажанова, Ш. Саньязова, М. Ozturk**
Symphyotrichum novi-belgii тұқымдас өсімдіктен флавоноидтарды алу жағдайларын оңтайландыру.....218
- М.Қ. Құрманалиев, Ж.Е. Шаихова, С.О. Әбілқасова**
Сілтілік металл иондарын байланыстыруға арналған супрамолекулалық полимерлік рецепторлар.....228
- Е.А. Мұсатай, М.И. Тулепов**
Шағын кеңістіктегі ауаны тазартуға арналған күріш қауызы негізіндегі көміртек құрамды сүзгілер.....238
- А.Ж. Мутушев, А.Б. Сейсенова, Ө.С. Капизов, Ә.М. Нұралы, Д.К. Муханов**
Биоқалдықтар мен металлургиялық шламнан көміртек-кремний нанокөміртектерін синтездеудің интеграцияланған әдісі.....258
- А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, Д.А. Жумадуллаев, М. Журинов**
Металдар бетін механикалық дайындаудың фосфатты жабындар қасиеттеріне әсері.....274

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

М.Б. АльбатыроваУравнение эволюции энергии в нелинейной спиновой системе:
вывод и численное моделирование.....11**Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, А.Қ. Шонғалова, О.А. Шилова**Влияние концентрации прекурсора на морфологию и фоточувствительность
получаемых тонких пленок ZnO.....21**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**Компьютерное моделирование электрических свойств углеродного листа
с кристаллами йодидов щелочных металлов.....33**А. Кенесбаева, Е. Кульдеев, Е. Шаленов, Т. Нурпеисова**

Определение гравитационной постоянной.....49

Ш.Т. Нурмахаметова, Н.Л. Вайдман, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, А.А. ХохловЭмиссионный пылевой объект IRAS 07080+0605: доказательство двойной
природы.....60**Е. Отунчи, А.А. Мигунова, А.Г. Умирзаков, Н. Токмолдин**Влияние состава пленкообразующей системы на свойства пленок
SnO₂, полученных методом спрей-пиролиза.....71**У.А. Уалиханова, А.Н. Эбдіпатта, О.В. Разина, А.М. Сыздыкова, Г.С. Алтаева**Объемная вязкость в f(T) гравитации и ее влияние
на космологическую эволюцию.....83**А.Ж. Умирбаева, Л. Актай, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова,
С.А. Шомшекова**

Методика обработки архивных щелевых спектров планетарных туманностей...99

**Н. Эхтесади, С.С. Узакбаева, З.К. Аймаганбетова, Н.Н. Жантурина,
А.З. Бекешев**

Прогнозирование кинетических свойств полиэтилена низкой плотности.....115

Д. Юрин, Д. Куватова, А. Глущенко, Ч. Омаров, М. МакуковАнализ пределов прямого моделирования n-тел с использованием
GPU-карт Nvidia RTX4090.....131

ХИМИЯ

- А.С. Бейсенова, А.А. Жаныбекова, М.А. Дюсебаева, Г.Е. Берганаева**
Исследование химического состава василек раскидистый *Centaurea diffusa* Lam., растущий на территории Алматинской области.....146
- Н.Н. Берікбол, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, А.Н. Кливенко, Н.Н. Нурғалиев**
Синтез интерполиэлектrolитных комплексов на основе флуоресцентно-меченых биополимеров.....161
- О.А. Есимова, С.Ш. Кумарғалиева, К.Б. Мусабеков, А.Қ. Қонысбек**
Коллоидно-химические свойства гидратов верблюжьей колючки и пижмы...182
- Р.Н. Жаналиева, Б. Иманғалиева, Б.Б. Торсықбаева, Р. Қозықеева, Р.Э. Ходжаназаров**
Каталитическое гидрирование карбонилсодержащих соединений: механизм, катализаторы и применение.....193
- М.А. Жұмаш, К.Т. Тілеген, Е.А. Болеубаев, Ш.С. Иткулова**
Сухой риформинг метана на высокоактивном Co-Fe-Ir содержащем нанесенном на оксид алюминия катализаторе.....207
- М. Ибраева, Н. Сағдоллина, Ж. Мукажанова, Ш. Саньязова, М. Ozturk**
Оптимизация условий экстракции флавоноидов из растения рода *Symphotrichum novi-belgii*.....218
- М.К. Курманалиев, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова**
Супрамолекулярные полимерные рецепторы для связывания ионов щелочных металлов.....228
- Е.А. Мұсатай, М.И. Тулепов**
Углеродные фильтры из рисовой шелухи для очистки воздуха в стесненных помещениях.....238
- А.Ж. Мутушев, А.Б. Сейсенова, О.С. Капизов, А.М. Нуралы, Д.К. Муханов**
Интегрированная технология получения углеродно-кремниевых нанокомпозитов из биоотходов и металлургических шламов.....258
- А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, Д.А. Жумадуллаев, М. Журинов**
Влияние механической подготовки поверхности металла на свойства фосфатных покрытий.....274

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

ISSN 2224-5227

Volume 3.

Number 355 (2025), 228–237

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1483.376>

UDC (УДК) 541.183.24

IRSTI 31.21.25

© M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova*, S.O. Abilkasova, 2025.

Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: Zh.shaikhova1965@gmail.com

SUPRAMOLECULAR POLYMERIC RECEPTORS FOR BINDING ALKALI METAL IONS

Kurmanaliev Musrepbek Kurmanalievich — Doctor of Chemical Sciences, Almaty Technological University, Professor of the Department of «Chemistry, Chemical Technology and Ecology», Almaty, Kazakhstan,

E-mail: mkk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8561-4332>;

Shaikhova Zhanat Erezhinovna — Master of Technical sciences, Almaty Technological University, senior-lecturer of the Department of «Chemistry, Chemical Technology and Ecology», Almaty, Kazakhstan, E-mail: Zh.shaikhova1965@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5909-4182>;

Abilkasova Sandugash Orynbaevna — Candidate of technical science, Almaty Technological University Associate Professor of the Department of «Chemistry, Chemical Technology and Ecology», Almaty, Kazakhstan,

E-mail: sandugash.abilkasovaa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8322-4592>.

Abstract. Polymeric derivatives of crown ethers attract significant research interest due to their high specificity in complex formation and broad potential applications in various technological processes. Compared to their low-molecular-weight analogs, these polymeric macroligands offer advantages such as reusability, ease of separation from solutions, enhanced sorption and complexation properties. They are used in sorption, ultrafiltration, sensing, chromatography, and other processes requiring selective interaction with metal ions. This study investigates the synthesis and properties of new polysulfones containing crown ether fragments (DB12K4, DB18K6, DB24K8, DB30K10), obtained by polycondensation of bis (chlorosulfonyl) derivatives of crown ethers using Friedel–Crafts catalysts (FeCl₃, AlCl₃, SnCl₄). The influence of catalyst type and concentration, temperature, and solvent on the yield and viscosity of the resulting polymers was examined. The highest yield was achieved using catalytic amounts of FeCl₃ at 120°C. IR spectroscopy and thermogravimetric analysis confirmed the high thermal stability of the synthesized polymers (up to 600°C). Sorption studies demonstrated that the selectivity and efficiency of alkali metal ion extraction depend on the size of the crown ether cavity, the nature of the solvent, and the macrocycle structure. It was shown that polymeric crown ethers exhibit higher complexation ability than their low-molecular counterparts. Thus, new thermally stable polycrownsulfones



with high selectivity toward alkali metal ions were successfully synthesized for the first time, indicating their promising applications in analytical chemistry and separation technologies.

Keywords: polymeric crown ethers, dibenzocrown ethers, polycondensation, sorbents, selectivity

© М.Қ. Құрманалиев, Ж.Е. Шаихова*, С.О. Әбілқасова, 2025.

Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан.

*E-mail: zh.shaikhova1965@gmail.com

СІЛТІЛІК МЕТАЛЛ ИОНДАРЫН БАЙЛАНЫСТЫРУҒА АРНАЛҒАН СУПРАМОЛЕКУЛАЛЫҚ ПОЛИМЕРЛІК РЕЦЕПТОРЛАР

Құрманалиев Мүсірепбек Құрманәліұлы — Алматы технологиялық университеті, «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының профессоры, химия ғылымдарының докторы, Алматы, Қазақстан,

E-mail: mkk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8561-4332>;

Шаихова Жанат Ережиновна — Алматы технологиялық университеті, «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының сениор-лекторы, техника ғылымдарының магистрі, Алматы, Қазақстан,

E-mail: Zh.shaikhova1965@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5909-4182>;

Әбілқасова Сандугаш Орынбайқызы — Алматы технологиялық университеті, «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, техника ғылымының кандидаты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: sandugash.abilkasovaa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8322-4592>.

Аннотация. Краун эфирлердің полимерлік туындылары күрделі түзілудегі жоғары ерекшелігімен және әртүрлі технологиялық процестерде қолдану мүмкіндігімен зерттеушілердің назарын аударады. Төмен молекулалы аналогтармен салыстырғанда олардың артықшылығына қайталап қолдану мүмкіндігі, ерітінділерден оңай бөлу, сорбциялық және кешен түзу қасиеттерінің жақсаруы жатады. Мұндай макролиганды құрылымдар сорбцияда, ультрафилтрацияда, сенсорларда, хроматографияда және металл иондарымен таңдамалы әсерлесуді қажет ететін басқа да процестерде қолданылады. Жұмыста Фридель–Крафтс катализаторлары (FeCl_3 , AlCl_3 , SnCl_4) көмегімен краун эфирлердің бисхлорсульфонил туындыларын поликонденсациялау әдісімен алынған краун эфир фрагменттері (ДБ12К4, ДБ18К6, ДБ24К8, ДБ30К10) бар жаңа полисульфондардың синтезі мен қасиеттері зерттеледі. Полимерлердің шығымы мен тұтқырлығына катализатордың табиғаты мен мөлшерінің, температура мен еріткіштің әсері анықталды. FeCl_3 -ды каталитикалық мөлшерде және 120°C температурада қолданғанда ең жоғары өнімділікке қол жеткізілетіні анықталды. ИҚ-спектроскопия және термогравиметриялық талдау көмегімен синтезделген полимерлердің жоғары термиялық тұрақтылығы (600°C дейін) расталды. Сорбциялық қабілеттілікті зерттеу сілтілі металдар иондарын экстракциялаудың таңдамалылығы мен тиімділігі краун эфир сақинасының қуысының мөлшеріне,

еріткіштің табиғатына және макроцикл құрылымына байланысты екенін көрсетті. Төмен молекулалық аналогтармен салыстырғанда полимерлі краунды эфирлердің кешен түзу қабілеті жоғары екендігі анықталды. Осылайша, сілтілік металл иондарына жоғары таңдамалы, жаңа ыстыққа төзімді поликраун сульфондары алынды, бұл оларды аналитикалық химияда және бөлу технологияларында қолдану перспективаларын ашады.

Түйін сөздер: полимерлі краун эфирлер, дибензокроунды эфирлер, поликонденсация, сорбенттер, таңдамалылық

© М.К. Курманалиев, Ж.Е. Шаихова*, С.О. Абилкасова, 2025.

Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан.

*E-mail: zh.shaikhova1965@gmail.com

СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ РЕЦЕПТОРЫ ДЛЯ СВЯЗЫВАНИЯ ИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Курманалиев Мусрепбек Курманалиевич — Алматинский технологический университет, профессор кафедры «Химия, химическая технология и экология», доктор химических наук, Алматы, Қазақстан,

E-mail: mkk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8561-4332>;

Шаихова Жанат Ережиновна — Алматинский технологический университет, сениор-лектор кафедры «Химия, химическая технология и экология», магистр технических наук, Алматы, Қазақстан,

E-mail: Zh.shaikhova1965@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5909-4182>;

Абилкасова Сандугаш Орынбаевна — Алматинский технологический университет, ассоциированный профессор кафедры «Химия, химическая технология и экология», кандидат технических наук, Алматы, Қазақстан,

E-mail: sandugash.abilkasovaa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8322-4592>.

Аннотация. Полимерные производные краун-эфиров привлекают внимание исследователей благодаря их высокой специфичности в комплексообразовании и перспективам применения в различных технологических процессах. Их преимущества по сравнению с низкомолекулярными аналогами включают возможность многократного использования, удобство разделения из растворов, улучшенные сорбционные и комплексообразующие свойства. Такие макролигандные структуры находят применение в сорбции, ультрафильтрации, сенсорики, хроматографии и других процессах, требующих селективного взаимодействия с ионами металлов. В работе исследованы синтез и свойства новых полисульфонов, содержащих краун-эфирные фрагменты (ДБ12К4, ДБ18К6, ДБ24К8, ДБ30К10), полученных методом поликонденсации бисхлорсульфонильных производных краун-эфиров с использованием катализаторов Фриделя-Крафтса (FeCl_3 , AlCl_3 , SnCl_4). Выявлено влияние природы и количества катализатора, температуры и растворителя на выход и вязкость полимеров. Установлено, что наибольший выход достигается при использовании FeCl_3 в катализаторных количествах и температуре 120°C . С помощью ИК-спектроскопии и термогравиметрического анализа подтверждена высокая термическая стабильность синтезированных полимеров (до 600°C). Иссле-



дования сорбционной способности показали, что селективность и эффективность извлечения ионов щелочных металлов зависят от размера полости краун-эфирного кольца, природы растворителя и структуры макроцикла. Установлено, что полимерные краун-эфиры обладают повышенной комплексообразующей способностью по сравнению с низкомолекулярными аналогами. Таким образом, получены новые теплостойкие поликраунсульфоны с высокой селективностью к ионам щелочных металлов, что открывает перспективы их применения в аналитической химии и технологиях разделения.

Ключевые слова: полимерные краун-эфиры, дибензокраун-эфиры, поликонденсация, сорбенты, селективность

Introduction. Polymeric crown compounds attract the attention of researchers due to the wide possibilities of their practical use as effective highly specific complexing agents. Such polymeric ligands, while retaining all the advantages of their low-molecular-weight analogs, should have additional advantages associated with their macromolecular nature: ease of separation from solution, the possibility of multiple use, higher efficiency and speed of complexation (Duan, 2022; Jonathan, 2022; Borisov et.al., 2023; Huang, 2012). Polymeric macrocycles allow to create reagents of a new type for ultrafiltration, flotation, reverse osmosis, flocculation, sorption, highly sensitive sensors for metal ions, where the use of low molecular weight crown ethers is impossible (Fical et.al., 2010; Bezhin, 2015; Liu, 2012). With their help such practically important processes as selective separation of metal ions, concentration of microelements, ligand chromatography, interfacial catalysis, etc. are carried out.

The state and prospects of research development in the field of synthesis and application of polymeric crown ethers are first summarized in monograph (Yergozhin et.al., 1994; Kurmanaliev et.al., 1997). Special attention is paid to the regularities of their formation and mechanisms of complexation of macroligands with metal ions and molecules of some compounds.

There are three main ways to obtain such polymers: polymerization, polycondensation and polymeranalogous transformations of ready-made molecules, using which a variety of polymeric crown ethers have been created (Yergozhin et.al., 1995; Gargol et.al., 2022; Dong, 2013). However, the range of polymeric crown ethers is small. In addition, many of them have a number of disadvantages that limit the possibilities and spheres of their application: it is the complexity and multistage of initial monomers, low thermal and chemical stability, low kinetic and sorption characteristics.

Therefore, we are developing methods for the synthesis of new polymeric macrocycles based on available compounds with improved physicochemical and complexation properties. This paper analyzes the results of research on the synthesis and application of new supramolecular sorbents based on crown ethers. It should be noted that there are no data on the application of sulfochlorinated derivatives of crown ethers for these purposes.

Materials and methods. Dibenzo-12-crown-4 (DB12K4), dibenzo-18-crown-6 (DB18K6), dibenzo-24-crown-8 (DB24K8), dibenzo-30-crown-10 (DB30K10) esters

produced (Cherkassy, Ukraine).

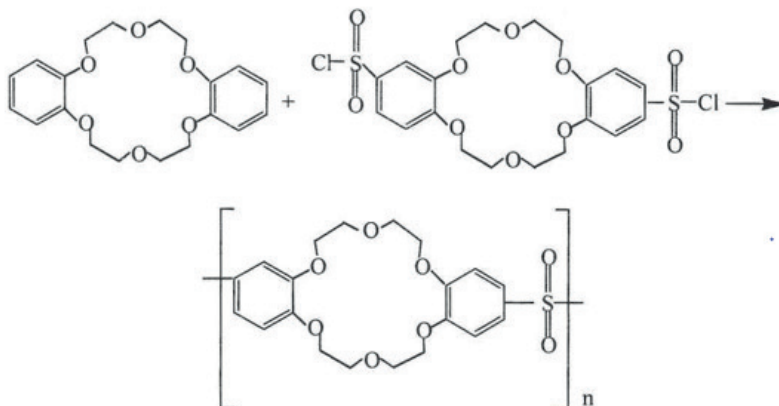
Bischlorosulfonyl derivatives of crown ethers were prepared according to the procedure (Yergozhin, et.al. 1991, Abramov, 2000).

Method of polymer synthesis. Polysulfones based on bischlorosulphonyldibenzo-18-crown-6 and dibenzo-18-crown-6. 0.90 g (0,01 mol) DB18C6 dissolved in nitrobenzene was charged into three-necked reactor equipped with mechanical agitator, refrigerator, thermometer, the 0,01 mol of catalyst (AlCl_3 , SnCl_4 , FeCl_3) was added. Then 1,39 g (0,01 mol) of BCISDBI8C6 were added during few minutes. The reaction mixture was heated from 25° to 140° C. The reaction was carried out 5 h. The product was precipitated in methyl alcohol, washed by 10 % solution of hydrochloric acid to remove the catalyst then it was washed by chlorophorm, distilled by water up to the neutral reaction of washing water, then it was dried un high vacuum. Yield of polymer was equal to 85 %.

The polycondensation of BChSDB24C8 with DADB24C8 was carried out according to the same method. The complexation properties were investigated by the limited solution volume method (Yergozhin et.al. 2020, Voloshina, 2014). Sorption of ions of alkali metals from aqueous and methanol solutions was studied according to the following method: weighed polymer (1,0 g) was placed into the flask of 200 ml, then it was poured by 0,1 M alcohol or aqueous solution of metal salt pf 100ml. The sorbents were separated for 24h. The concentration of metal ions in the filtrate was determined by flame spectrophotometry.

The content of metal ions in solution was determined by atomic adsorption method on a Shimadzu AAC-6650 flame atomization spectrophotometer. Nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) spectra were recorded on a Mercury-300 spectrometer (300 and 100 MHz). Polymer structure studies were carried out by IR spectroscopy on a «Spectrum Two» IR spectrometer (Perkin Elmer) in the range from 4000 to 450 cm^{-1} . Thermogravimetric analysis of synthesized polymers was carried out on a Perkin Elmer TGA 4000 derivatograph in air. The temperature rise rate was 10°C/min.

Results and their discussion. It is known that in the presence of Friedel-Crafts catalysts sulfochlorides easily interact with aromatic hydrocarbons and some of their derivatives to form compounds containing sulfone bridges and possessing resistance to thermal and thermo-oxidative degradation (Borisov et.al., 2023). Chemical resistance of polysulfones is also high: they are resistant to mineral acids, alkalis, salt solutions, carbon oils. Their features are relatively low moisture absorption and dimensional stability of products in humid atmosphere (Gargol et.al., 2022). This whole spectrum of properties should be inherent in kraun-containing polysulfones as well. Therefore, we obtained such polymers for the first time by polycondensation of bischlorosulfonyl-dibenzo-18-crown-6 with dibenzo-18-crown-6 in the presence of Friedel-Crafts catalysts (FeCl_3 , AlCl_3 , SnCl_4):

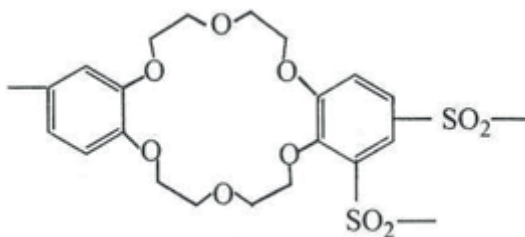


The reaction was carried out in equimolar amounts of the initial monomers, since the yield of soluble polymer decreased in the presence of excess bis(chlorosulfonyl) derivatives, possibly due to side processes. The application of large amounts of catalyst led to the same result.

Table 1 - Effect of the amount of catalysts on the yield and viscosity of crown-containing polysulfones

Catalysts	$\frac{C_{cat}}{C_{rat}}$ C_{SO_2Cl}	T, C°	Time, hour	$\frac{C_{HCl}}{C_{SO_2Cl}}$	Yield, %	Viscosity, pr dl/g
AlCl ₃	1,00	50	20	1,50	13	0,06
SnCl ₄	1,00	50	20	1,40	30	0,09
FeCl ₃	1,00	50	20	1,22	34	0,12
FeCl ₃	1,00	120	20	1,21	32	0,28
FeCl ₃	1,00	120	5	1,19	28	0,26
FeCl ₃	0,1	120	5	1,10	72	0,33
FeCl ₃	0,01	120	5	1,00	85	0,58

As can be seen from table 1, the polymer yield depends significantly on the amount of catalyst used. In its excess, side reactions occur, which create structural irregularities in the macromolecule:



The formation of such structures is evidenced by Proton magnetic resonance (PMR) spectra of the obtained polymers. The character and intensity of signals resonating in the region of protons of the aromatic ring change, which confirms not trisubstitution, but more. The duration of syntheses longer than 5 hour does not affect the yield and viscosity of the resulting polycrownsulfones. Using catalytic amounts of FeCl_3 and a temperature of 120°C , the release of hydrogen chloride ceases and its amount reaches the calculated amount within 5 hour.

The influence of temperature and nature of the catalyst on the polymer yield was studied. It was found that the highest degree of transformation was achieved at a temperature of $100\text{--}120^\circ\text{C}$, duration of synthesis 5 hour in the presence of solvents with proton-donor function. Comparison of the completeness of the polycondensation reaction in the presence of Friedel-Crafts catalysts allows us to place them by activity in the following series: $\text{FeCl}_3 > \text{SnCl}_4 > \text{AlCl}_3$. This change in the activity of the catalysts in this process can be explained by the stability and activity of the intermediate catalyst-sulfochloride group complex formed during the reaction. The strength of the catalyst-sulfochloride group complex increases with increasing shift of the electron cloud from the donor atom to the acceptor atom, i.e., with increasing polarity of the coordination bond, which depends on the chemical properties of the catalyst.

The introduction of a strong electron acceptor group SO_2 promotes the pulling of electrons from the aromatic ring and leads to a decrease in its sensitivity to electrophilic attack, so the entry of a second sulfonyl group into the benzene core of the crown ether becomes unlikely. Apparently, the presence of proton-donating crown rings also plays an important role. All these factors contribute to the synthesis of linear soluble polycrownsulfones.

As the temperature of the mixture increases during polycondensation, the polymer yield increases from 25% at 25°C to 86% at 100°C . At a sufficiently high temperature of 140°C the yield of the target product does not change significantly, and at 250°C crosslinked polymers are formed. It is known (Ergozhin, et.al. 1995) that at temperatures above 250°C sulfochlorides decompose with the formation of radicals, which non-selectively attacking the benzene ring, contribute to the appearance of first branched and then cross-linked structures. Therefore, we did not use the method of synthesis in the melt, which requires high temperatures. Solvents used in the preparation of polysulfones should dissolve the catalyst and not react with it, be resistant to electrophilic attack of sulfonyl cations, dissolve the resulting macromolecule. Such solvents include some chlorinated hydrocarbons (dichloromethane, dichloroethane, chlorinated biphenyl), nitro compounds (nitrobenzene, nitroethane, chloronitrobenzene) and various sulfones (dimethylsulfone, sulfolane, 4,4-dimethyldiphenylsulfone).

Dichloroethane and nitrobenzene turned out to be the most suitable medium in our case. As expected, the reaction of bichlorosulfonyl dibenzo-18-crown-6 with dibenzo-18-crown-6 in DMFA gives worse results, the viscosity of the obtained polymers is lower. In the IR spectra of polycrown sulfones, the absorption bands (cm^{-1}) characteristic of the crown ether groups at 1130 (C-O-C bonds of the aliphatic series) and duplet frequencies at 1230, 1250 (C-O bonds at the aromatic ring) are retained. Absorption bands appear in

the region of 1125, 1340 cm^{-1} relating to symmetric and asymmetric valence vibrations of SO_2 groups in sulfones.

Thermogravimetric analysis of polycrownsulfones indicates their high thermal stability. Loss of polymer mass when heated to 200 °C is 3%, complete decomposition of samples occurs at 600 °C. Thus, the insertion of macrocycles into the polymer chain leads to the production of polycrownsulfones, which

can be classified as heat-resistant ones. The selectivity of polymeric crown ethers in the separation of alkali metal ions depends on the size of the crown-ring cavity. The results of investigation of complexation properties of synthesized polycrownsulfones towards alkali metal ions under static conditions from standard solutions show that regardless of the nature of anions the following sequence of extraction of cations with DB12K4, DB18K6 and DB24K8 groups $\text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Rb}^+$, $\text{K}^+ > \text{Rb}^+ > \text{Na}^+ > \text{Cs}^+ > \text{Li}^+$ и $\text{Cs}^+ > \text{Rb}^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+$, respectively. Polysulfone with DB30K10 groups does not show selectivity for K^+ , Na^+ и Cs^+ ions (Table 2). Conducting complexation in alcoholic solutions contributes to an increase in the degree of extraction, which is associated with less hydration of metal salts in these media. The higher complexation ability of polycraunsulfone compared to low-molecular analogs is due to the effect of the polymer chain.

The selectivity of the complexation ability of crown ethers, and consequently, the efficiency of extraction of a particular metal from solution depend to a large extent on the correspondence between the size of the cavity diameter of the polyether cycle and the cation of the extracted alkali metal, the nature of the substituent in the macrocycle, and the type of donor atoms.

Table 2 - Results of investigation of complexation properties of synthesized polycrownsulfones

Crown ether group	Crown ether group content, mmol/g	Exchange capacity, mmol/g				
		Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Rb ⁺	Cs ⁺
DB12K4	2,98	0,62	0,54	0,38	0,19	trace amount
DB 18K6	2,36	0,12	0,80	1,93	1,18	0,62
DB 18K8	1,95	0,08	0,54	1,00	2,30	1,68
DB 30K10	1,66	0,20	0,48	1,25	1,27	1,30

Thus, for the first time, the optimal conditions for the preparation of kraun-containing polysulfones with high thermal stability capable of selectively separating alkali metal ions were established.

Conclusions. In this study, novel crown ether-containing polysulfones were successfully synthesized through the polycondensation of bis(chlorosulfonyl) derivatives of dibenzo-crown ethers in the presence of Friedel–Crafts catalysts. The influence of various synthesis parameters, including catalyst type and concentration, temperature, and solvent nature, on the polymer yield and properties was thoroughly investigated. Optimal reaction conditions were identified, providing high yields and favorable viscosities of the resulting polymers.

Spectroscopic (IR, NMR) and thermal analyses confirmed the formation of the target polycrownsulfones and demonstrated their high thermal stability, with decomposition

temperatures reaching up to 600°C. The synthesized polymers exhibited selective complexation capabilities towards alkali metal ions, with extraction efficiency depending on the size of the crown ether cavity and the solvent medium. The use of alcoholic solutions significantly enhanced metal ion sorption due to reduced hydration effects.

The obtained polycrownsulfones not only maintain the advantageous complexation characteristics of their low-molecular-weight counterparts but also offer improved physicochemical stability, reusability, and enhanced extraction efficiency. These properties make them promising candidates for application in selective ion separation, analytical chemistry, sensor development, and other advanced separation technologies.

Литература

D. Ficai, A. Ficai, G. Voicu, B. Vasile, C. Guran, E. Andronescu (2010) Polysulfone based Membranes with Desired Pores Characteristics. *Materiale Plastice*. — Vol. 47. — № 1. — P. 24-27.

Dong S., Gao L., Chen J., Yu G., Zheng B., & Huang F. (2013) A supramolecular polymer formed by the combination of crown ether-based and charge-transfer molecular recognition. *Polymer Chemistry*, 4(4). — P. 882-886.

Duan Z., Xu F., Huang X., Qian Y., Li H., & Tian W. (2022) Crown Ether-Based Supramolecular Polymers: From Synthesis to Self-Assembly. *Macromolecular Rapid Communications*, 43(14), 2100775.

Gargol M., Podkoscielna B. (2022) Synthesis and Characterization of Polymeric Blends Containing Polysulfone Based on Cyclic Bisphenol. *Polymers*, 14. — P. 3148-68

Huang F., & Scherman O.A. (2012) Supramolecular polymers. *Chemical Society Reviews*, 41(18). — P. 5879-5880.

Jonathan W. Steed, Jerry L. Atwood. *Supramolecular Chemistry*, 3rd Edition. John Wiley&Sons (2022). — 1216 p.

Liu Y., Wang Z., & Zhang X. (2012). Characterization of supramolecular polymers. *Chemical Society Reviews*, 41(18). — P. 5922-5932.

Yakshin V.V., Vilkova O.M., Tsarenko N.A., Tsivadze A.Yu. (2010) Metal extraction from nitric acid solutions by the macrocyclic endoreceptor dicyclohexyl-18-crown-6 immobilized in a polymer matrix. *Doklady Chemistry*. 430(2). — P. 54–57.

Абрамов А.А. (2000) Экстракция катионов краун-эфирами. *Вест., Моск.ун-та. Сер.химия.* т.41.№1. — P. 3-15.

Бежин Н.А., Довгий И.И. (2015) Сорбенты на основе краун-эфиров: получение и применение для извлечения стронция, *Усп. хим.*, 84:12 (2015). — P. 1279–1293; *Russian Chem. Reviews*, 84:12, 1279–1293

Борисов В.Л., Матвеев Д.Н., Анохина Т.С., Шахмурзов К.Т. и др. (2023) Синтез и свойства полисульфонов. *Мембраны и мембранные технологии.*, том 13, № 3. — С. 248–256

Волошина Н.С., Камалов Г.С. (2014) Краун-эферы, иммобилизованные на поверхности полимерных материалов и кремнезема. *Физикохимия поверхности и защита материалов.* Том 50, № 5. — С. 483-495

Ергожин Е.Е., Курманалиев М.К. (1994) Полимеры на основе краун-соединений, Алматы: Гылым. — 272 с.

Ергожин Е.Е., Курманалиев М.К. (2010) Основы ионного обмена, Алматы, Алманахъ. — 274 с.

Ергожин Е.Е., Курманалиев М.К. (1995) Поликраун эфиры, проблемы и перспективы. *Изв. НАН РК. Серия химич.* -№1. — С. 4-257

Ергожин Е.Е., Курманалиев М.К., Идрисова К.С. (1991) Синтез и исследование свойств краунсодержащих полисульфонамидов. *Докл. АН СССР.* Т.320, №6. — С.1389-1391

References

Abramov A.A. (2000) Ekstrakciya kationov kraun-efirami. [Extraction of cations with crown ethers]. *Vest., Mosk. Univ. Ser. chemistry.* v. 41. №1. — P. 3-15. (in Russian)

Bezhin N.A., Dovgy I.I. (2015) Sorbenty na osnove kraun-efirov: poluchenie i primenenie dlya



izvlecheniya stronciya [Sorbents based on crown ethers: production and application for strontium extraction], *Usp. chem.*, 84:12 (2015). — P. 1279–1293; *Russ. Chem. Reviews*, 84:12, 1279–1293/ (in Russian)

Borisov V.L., Matveev D.N., Anokhina T.S., Shakhmurzov K.T. et al. (2023) Sintez i svojstva polisulf'fonov [Synthesis and properties of polysulfones]. *Membranes and membrane technologies.*, v.13, no.3. — P. 248–256. (in Russian)

D. Ficai, A. Ficai, G. Voicu, B. Vasile, C. Guran, E. Andronescu (2010) Polysulfone based Membranes with Desired Pores Characteristics. *Materiale Plastice.* — Vol. 47. — № 1. — P. 24–27. (in Eng.)

Dong S., Gao L., Chen J., Yu G., Zheng B., & Huang F. (2013) A supramolecular polymer formed by the combination of crown ether-based and charge-transfer molecular recognition. *Polymer Chemistry*, 4(4). — P. 882–886. (in Eng.)

Duan Z., Xu F., Huang X., Qian Y., Li H., & Tian W. (2022) Crown Ether-Based Supramolecular Polymers: From Synthesis to Self-Assembly. *Macromolecular Rapid Communications*, 43(14), 2100775. (in Eng.)

Ergozhin E.E., Kurmanaliev M.K. (1994) Polimery na osnove kraun-soedinenij [Polymers based on crown compounds], *Almaty: Gylym.* — P. 272 (in Russian)

Ergozhin E.E., Kurmanaliev M.K. (1995) Polikraunefiry, problemy i perspektivy [Polycrown ethers, problems and prospects]. *Izvestiya NAS RK. Series of chemical.* — №1. — P. 4–257. (in Russian)

Ergozhin E.E., Kurmanaliev M.K. (2010). *Osnovy ionnogo obmena [Fundamentals of ion exchange]*, *Almaty, Almanac.* — 274 p. (in Russian)

Ergozhin E.E., Kurmanaliev M.K., Idrisova K.S. (1991) Sintez i issledovanie svojstv kraunsoederzhashchih polisulf'fonamidov [Synthesis and study of the properties of crown-containing polysulfonamides]. *Reports of the USSR Academy of Sciences.* Vol.320, No.6. — P.1389–1391. (in Russian)

Gargol M., Podkoscielna B. (2022) Synthesis and Characterization of Polymeric Blends Containing Polysulfone Based on Cyclic Bisphenol. *Polymers*, 14. — P. 3148–68 (in Eng.)

Huang, F., & Scherman, O. A. (2012). *Supramolecular polymers.* *Chemical Society Reviews*, 41(18). — P. 5879–5880.

Jonathan W. Steed, Jerry L. Atwood. *Supramolecular Chemistry*, 3rd Edition. John Wiley&Sons. (2022). — 1216 p. (in Eng.)

Liu, Y., Wang, Z., & Zhang, X. (2012). Characterization of supramolecular polymers. *Chemical Society Reviews*, 41(18). — P. 5922–5932. (in Eng.)

Voloshina N.S., Kamalov G.S. (2014) Kraun-efiry, immobilizovannye na poverhnosti polimernyh materialov i kremnezema [Crown ethers immobilized on the surface of polymeric materials and silica]. *Surface physicochemistry and material protection.* Vol. 50, No. 5. — P. 483–495/ (in Russian)

Yakshin V.V., Vilkova O.M., Tsarenko N.A., Tsivadze A.Yu. (2010) Metal extraction from nitric acid solutions by the macrocyclic endoreceptor dicyclohexyl-18-crown-6 immobilized in a polymer matrix. *Doklady Chemistry.* 430(2). — P. 54–57. (in Eng.)

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP

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 journals of the Central Asian Academic Research Center LLP 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 Central Asian Academic Research Center LLP 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 Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

**[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)
ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)
<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>**

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*
Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 3.09.2025.

Формат 60x88¹/₈.
18,0 п.л. Заказ 3.