

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

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№3
2026**

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

2026 • 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 IAAS and NAS RK, General Director of the Research Institute of Petroleum Refining and Petrochemicals (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960> <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the JSC "Phytochemistry Research and Production Center", (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

RAMAZANOV Tlekkaul 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazhi 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Corresponding Member of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

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:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ХҒАҚ және ҚР ҰҒА академигі, Мұнай өңдеу және мұнай-химиясы ғылыми-зерттеу институтының бас директоры (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960%2638>; <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция ұжымы:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мынжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, "Фитохимия" ғылыми-өндірістік орталығы " АҚ директоры (Қарағанды, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

РАМАЗАНОВ Тілеккабыл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

ОЛИВЬЕРО Росси Сесаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

ТИГІНЯНУ 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корея Биология және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIIBV), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанотехнология материалдары зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

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/29017135>

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағұлы, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

ӘБІШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арлан 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

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 Куәлік.

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 МАН и НАН РК, Генеральный директор НИИ нефтепереработки и нефтехимии (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960%3Cp%3Ehttps://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

АДЕКЕНОВ Сергезы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор АО "Научно-производственного центра "Фитохимия" (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

ОЛИВЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

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), (Дэжон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендинович, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИБАЕВ Нурғали Жабағаевич, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

АБИШЕВ Медеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

АБИЛМАТЖАНОВ 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

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», 2026

CONTENTS

PHYSICS

Aliuly A., Kaltayev A.

Aliuly A., Kaltayev A. Assessment of the Applicability of Similarity Laws for Centrifugal Pump Scaling Based on Hydrodynamic Modeling.....14

Baratov A.G., Sailaubek A., Serik A.S.

Synthesis and Investigation of a Narrow-Bandgap SrTaO₂N-Based Photocatalyst.....33

Nurbayev B., Dmitriyeva E., Kemelbekova A.

Modern Methods of Selective Lithium Leaching from Spent Lithium-Ion Batteries.....45

Seitov A., Amanzholov T.

Comparative Analysis of One-Dimensional Physical-Hydrodynamic Models of Centrifugal Flow in an Impeller for Mineralized Media.....60

Syzdykova A.M., Serikbayev N.S., Kutum B.B.

Local Kodama-Type Transformations and Integrability Limits of the Extended Fifth-Order Korteweg-de Vries Equation.....83

Ualikhanova U.A., Ussipkyzy T., Altayeva G.S., Razina O.V.

Calculation of the Screened $f(T)$ Gravity Model.....101

Zhadyranova A.A., Tsyba P.Yu., Ismail U.K., Yerzhan B.

Divergence-Free Deceleration Parameter, Kinematic Constraints from DESI DR2 and Cosmic Chronometers.....123

Zhenishan K., Bekov S.S., Syzdykova A.M.

The Influence of Gaussian Process Parameters on Reconstructing the Hubble Constant.....146

CHEMISTRY

Amangeldi B., Zhanikulov N., Taimasov B., Aitureev M., Dauletiyarov M.

Research of the Firing Processes and Whiteness of White Cement Clinkers.....155

Baisalova G.Zh., Bauyrzhanova G.B., Niyaz G.A., Taltenov A.A., Ainabayev A.A.

Study of the Chemical Composition of Ethanol Extracts of Lady's Mantle by Gas Chromatography-Mass Spectrometry.....169

Bishimbaev V.K., Kapsalyamov B.A.

Hydrogeochemical Indicators of Sulfuric-Acid Uranium Leaching Impact on Groundwater in Shieli and Zhanakorgan Districts.....183

Darmenbayeva A.S., Aubakirova R.A. Nurgaliyeva D.A., Abylkassova G.E., Abilmazhinova G.A.

Structural and Morphological Features of Polymer-Metal Functional Materials.....205

Dyusebaeva M.A., Berganayeva A.E., Ibragimova N.A., Utaraliev D.M., Berganayeva G.E.

Green synthesis of silver nanoparticles using the n-butanol fraction of Galega officinalis L.....223

Dyussembekova S.B., Utarova D.A., Kuspanov Zh.B., Daulbayev Ch.B., Abdikarimova U.A. Investigation of the Effect of SrTiO ₃ Heat Treatment on the Photocatalytic Efficiency of the \	
Decomposition of an Amphoteric Antibiotic.....	239
Issayeva U.B., Akhmetova G.S., Praliyev K.D., Malmakova A.E., Seilkhanov T.M. 1-Benzyl-4-(p-Fluorobenzoyloxyimino)Piperidine Hydrochloride as a Candidate for	
an Anti-Infective Agent.....	252
Kamunur K., Yskak M., Mussapyrova L. Effect of Chemical Modification of Sodium Lignosulfonate on Flotation Properties in the	
Barite – Calcite System.....	264
Kononov A., Kamunur K., Mussapyrova L., Assylkhanova D., Batkal A. Obtaining and Studying the Inorganic Flocculant Al–Fe–Mn Based on Modified Bentonite.....	276
Kurmangaliyeva A.1, Akhmetova F.2, Kareshova Zh.1, Iskakov R. PDMA-Modified Tagan Bentonite for Hydrogen Production in Catalytic Conversion	
of Hydrocarbons.....	292
Kurtebayeva A.A., Silvia Álvarez-Torrellas., Noor Haida Mohd Kaus., Gomes H.T., Kalmakhanova M.S. Corn-Cob-Derived Fe-Modified Activated Carbons for Paracetamol and Sulfamethoxazole	
Removal by Adsorption and Oxidative Treatment.....	307
Nadirov R.K., Nurtazina N.D., Ryskaliyeva R.G. Response Surface Modelling and Optimisation of Ilmenite Flotation Using a Modified	
Lignosulphonate Reagent.....	334
Nefedov A.N., Taikenova A.T., Imashev B.K., Nurislamov R.M., Leontyeva X. Quantum Computing in the Modeling of Corrosion Processes.....	350
Nurkenov O.A., Fazylov S.D., Syzdykov A.K., Kabiyeva S.K., Zhaslan R.K. Synthesis and Structural Study of 3,5-Dimethylisoxazole Sulfone Derivatives with Secondary	
Amines.....	365
Orazbekova R.S., Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S., Kaumenova G.B., Zhumabek M. Influence of Reaction Mixture Composition in Steam Reforming of Bioethanol on a High-Entropy	
Oxide Catalyst.....	382
Ryskaliyeva R.G., L.K. Beisembayeva, Osserov T.B. Hydrocyclone Classification of Balkhash Processing Plant Tailings.....	398
Sass A.S., Torlopov I.I., Rakhmetova K.S., Kenzin E.N., Zhurinov M. Formation and Maturation of Phosphate Coatings on Steel from an Alcohol-Based	
Phosphating Solution.....	418
Sdikova G.Zh., Dalabayeva N.S., Balkembay A.S., Sarova N.B., Zhaltyrbayeva N.K. Effect of Electrolyte Formulation on the Characteristics of Zinc-Based	
Electroplated Coatings.....	435
Seitkaliyeva N., Kussainova G., Zhursumbayeva M., Mohamad Ibrahim M.N., Abdiyev K. Study of the Flocculation Properties of Itaconic Acid-Based Copolymers.....	448

Sergazina S.M., Nurmukhanbetova N.N., Ostretsova I.B., Kamze A.R., Kassenova N.B. Comprehensive Assessment of Natural Drinking Water Quality and Statistical Analysis of Physicochemical Parameters.....	460
Talgatkyzy A., Nazhipkyzy M., Otenov A., Seitkazinova A., Issanbekova A. Wood Waste-Derived Organosolv Lignin-Based Carbon Nanofibers For Energy Storage Applications.....	475
Toktabayeva A.K., Makhayeva D.N., Rakhmetullayeva R.K., Rvaidarova G.O., Issenova G.D. Synthesis, Structure, and Physicochemical Properties of Sulfur-Containing Composites Based on Aniline, p-Phenylenediamine, Phenol, and Formaldehyde.....	498
Yeshmanova G.B., Smagulov D.U. Effect of Silicon-Based Particles on the Formation and Composition of PEO Coatings.....	517
Zhortarova A.A., Kubicek V., Ibrayev M.K., Panshina S.Y., Seidakhmetova R.B. N-Phosphorylation of Aminothiazoles and Amino-Thiadiazoles with P(III)- and P(V)-Reagents: Synthesis, Structure, and Biological Activity.....	538
Zhussupova A., Tyumentseva O., Antonyuk V. Comparative Study of the Kinetics and Energy Characteristics of Planetary Milling of Copper Smelting Dump Slag and Granulated Lead-Smelting Slag.....	552

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

Әлиұлы А., Калтаев А.

Гидродинамикалық модельдеу негізінде ортадан тепкіш сорғыларды масштабтауда ұқсастық заңдарының қолданылуын бағалау.....14

Баратов А.Ғ., Сайлаубек А., Серік А.С.

SrTaO_2N негізіндегі тар тыйым салынған аймақты фотокатализаторды алу және зерттеу.....33

Нұрбаев Б., Дмитриева Е., Кемелбекова А.

Пайдаланылған литий-ионды аккумуляторлардан литийді селективті шаймалаудың заманауи әдістері.....45

Сейтов А.Н., Аманжолов Т.Е.

Минералданған орталарға арналған жұмыс дөңгелегіндегі ортадан тепкіш ағыстың бірөлшемді физикалық–гидродинамикалық модельдерін салыстырмалы талдау.....60

Сыздыкова А.М., Серикбаев Н.С., Кутум Б.Б.

Кенетейлген бесінші ретті Кортевег-де Фриз тендеуінің локалды кодам типті түрлендіруі мен интегралдану шектері.....83

Уалиханова У.А., Үсіпқызы Т., Алтаева Г.С., Разина О.В.

Экрандалған $f(T)$ – гравитация моделінің есебі.....101

Жадыранова А.А., Цыба П.Ю., Исмаил Ү.Қ., Ержан Б.

Дивергенциясыз бәсеңдеу параметрі, DESI DR2 және космикалық хронометрлер деректері бойынша кинематикалық шектеулер.....123

Жеңіскан Қ., Беков С.С., Сыздыкова А.М.

Хаббл тұрақтысын реконструкциялауға Гаусстық процестер параметрлерінің әсері.....146

ХИМИЯ

Амангелді Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтүреев М., Даулетияров М.

Ақ цемент клинкерлерінің күйдіру процестерін және ақтығын зерттеу.....155

Байсалова Г.Ж., Бауыржанова Г.Б., Нияз Г.А., Талтенов А.А., Айнабаев А.А.

Газ хроматография-масс-спектрометрия әдісімен кәдімгі теңгежапырақ өсімдігінің этанолды сығындыларының химиялық құрамын зерттеу.....169

Бишимбаев В.К., Капсаямов Б.А.

Шиелі және Жаңақорған аудандарындағы уранды күкірт қышқылымен шаймалаудың жер асты суларына әсерінің гидрогеохимиялық көрсеткіштері.....183

Дарменбаева А.С., Аубакирова Р.А., Нурғалиева Д.А., Абылкасова Г.Е., Абилямжинова Г.А.

Полимер-металл функционалдық материалдардың құрылымдық-морфологиялық ерекшеліктері.....205

Дюсебаева М.А., Берганаева А.Е., Ибрагимова Н.А., Утаралиев Д.М., Берганаева Г.Е.

Galega officinalis L. өсімдігінің N-бутанолдық фракциясы арқылы күміс нанобөлшектерін жасыл синтездеу.....223

Дюсембекова С.Б., Утарова Д.А., Құспанов Ж.Б., Даулбаев Ч.Б., Әбдікәрімова Ұ.Ә. Термиялық өңделген SrTiO ₃ фотокатализаторларының екідайлы антибиотикті тиімді ыдыратуын зерттеу.....	239
Исаева Ұ.Б., Ахметова Г.С., Пірәлиев Қ.Ж., Малмакова А.Е., Сейлханов Т.М. Жұқпалы ауруларға қарсы кандидат ретінде 1-бензил-4-(П-фторбензоилоксиимино) пиперидин гидрохлориді.....	252
Қамұнұр Қ., Ысқақ М., Мусапирова Л. Барит–кальцит жүйесіндегі натрий лигносульфонатының флотациялық қасиеттеріне химиялық модификацияның әсері.....	264
Кононов А., Қамұнұр Қ., Мусапирова Л., Асылханова Д., Батқал А. Модификацияланған бентонит негізіндегі Al–Fe–Mn бейорганикалық флокулянтын алу және зерттеу.....	276
Қурманғалиева А.1, Ахметова Ф., Карешова Ж., Исаков Р. Көмірсутектердің каталитикалық конверсиясы арқылы сутек алуға арналған ПДМА-модификацияланған таған бентониті.....	292
Қуртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Noor Haida Mohd Kaus., Gomes H.T., Калмаханова М.С. Жүгері собықтарынан алынған темірмен модификацияланған белсендірілген көмірлермен парацетамол мен сульфаметоксазолды адсорбциялық-тотығу жолымен жою.....	307
Надиров Р.К., Нуртазина Н.Д., Рыскалиева Р.Г. Модификацияланған лигносульфонатты реагентті қолдану арқылы ильменит флотациясының жауап бетін модельдеу және оңтайландыру.....	334
Нефедов А.Н., Тайекенова А.Т., Имашев Б.К., Нурисламов Р.М., Леонтьева К.А. Коррозиялық процестерді модельдеудегі кванттық есептеулер.....	350
Нүркенов О.А., Фазылов С.Д., Сыздықов А.К., Қабиева С.Қ., Жаслан Р.К. Екіншілік аминдермен 3,5-диметилизоксазолдың сульфотуындыларын синтездеу және құрылымдық зерттеу.....	365
Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжұманова Т.С., Кауменова Г.Б., Жұмабек М. Жоғары энтропиялық оксид катализаторы қатысында биоэтанолдың бу риформингісіне реакциялық қоспа құрамының әсері.....	382
Рыскалиева Р.Г., Бейсембаева Л.К., Осеров Т.Б. Балқаш байыту фабрикасының байыту қалдықтарын гидроциклондық классификациялау.....	398
Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Кензин Э.Н., Жұрынов М. Спирт негізіндегі фосфаттау ерітіндісінен болат бетінде фосфатты жабындардың қалыптасуы және жетілуі.....	418
Сдикова Г.Ж., Далабаева Н.С., Балкембай А.С., Сарова Н.Б., Жалтырбаева Н.К. Мырыш негізіндегі гальваникалық қаптамалардың қасиеттеріне электролит құрамының әсері.....	435

Сейтқалиева Н., Құсаинова Г., Жүрсімбаева М., Мохамад Ибрагим М.Н., Әбдиев Қ. Итакон қышылы негізіндегі сополимерлердің флокуляциялық қасиеттерін зерттеу.....	448
Сергазина С.М., Нұрмұханбетова Н.Н., Острцова И.Б., Камзе А.Р., Касенова Н.Б. Табиғи ауыз су сапасын кешенді бағалау және физика-химиялық көрсеткіштерге статистикалық талдау.....	460
Талгатқызы Ә., Нажипқызы М., Өтенов Ә., Сейтқазинаева Ә., Исанбекова А. Ағаш қалдықтарынан алынған органосольв лигнин негізіндегі көміртеккі талшықтарды энергия сақтау жүйелерінде қолдану.....	475
Тоқтабаева Ә.Қ., Махаева Д.Н., Рахметуллаева Р.Қ., Рвайдарова Г.О., Исенова Г.Д. Анилин, п-фенилендиамин, фенол және формальдегид негізіндегі күкіртқұрамды композиттердің синтезі, құрылымы және физика-химиялық қасиеттері.....	498
Ешманова Г.Б., Смағұлов Д.У. Кремний негізіндегі бөлшектердің ПЭО жабындарының қалыптасуы мен құрамына әсері.....	517
Жортарова А.А., Kubicek V., Ибраев М.Қ., Паньшина С.Ю., Сейдахметова Р.Б. P(III) және P(V) реагенттерімен аминотиазолдар мен аминок-тиадиазолдарды N-фосфорлирлеу: синтезі, құрылымы және биологиялық белсенділігі.....	538
Жусупова А., Тюменцева О., Антонюк В. Үйінді мыс балқыту шлагы мен қорғасын балқытудың түйіршіктелген шлагын планетарлық ұнтақтау кинетикасы мен энергетикасын салыстырмалы зерттеу.....	552

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Әлиұлы А., Калтаев А.

Оценка применимости законов подобия при масштабировании центробежных насосов на основе гидродинамического моделирования.....14

Баратов А.Г., Сайлаубек А., Серік А.С.Получение и исследование узкозонного фотокатализатора на основе SrTaO_2N33**Нұрбаев Б., Дмитриева Е., Кемелбекова А.**

Современные методы селективного выщелачивания лития из отработанных литий-ионных аккумуляторов.....45

Сейтов А.Н., Аманжолов Т.Е.

Сравнительный анализ одномерных физико-гидродинамических моделей центробежного течения в рабочем колесе для минерализованных сред.....60

Сыздыкова А.М., Серикбаев Н.С., Кутум Б.Б.

Локальные преобразование типа кодамы и пределы интегрируемости расширенного уравнения Кортевега-де Фриза пятого порядка.....83

Уалиханова У.А., Усипкызы Т., Алтаева Г.С., Разина О.В.Расчёт экранированной модели $f(T)$ -гравитации.....101**Жадыранова А.А., Цыба П.Ю., Исмаил У.Қ., Ержан Б.**

Дивергентно-свободный параметр замедления, кинематические ограничения по данным DESI DR2 и космических хронометров.....123

Женискан К., Беков С.С., Сыздыкова А.М.

Влияние параметров Гауссового процесса на реконструкцию постоянной Хаббла.....146

ХИМИЯ

Амангелди Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтурсев М., Даулетияров М.

Исследование процессов обжига и белизны клинкеров белых цементов.....155

Байсалова Г.Ж., Бауыржанова Г.Б., Нияз Г.А., Талтенов А.А., Айнабаев А.А.

Изучение химического состава этанольных экстрактов манжетки обыкновенной методом газ хроматографии-масс-спектрометрии.....169

Бишимбаев В.К., Капсалямов Б.А.

Гидрогеохимические индикаторы воздействия сернокислотного выщелачивания урана на подземные воды районов Шиели и Жанакоргана.....183

Дарменбаева А.С., Аубакирова Р.А., Нургалиева Д.А., Абылкасова Г.Е., Абилямажинова Г.А.

Структурно-морфологические особенности полимер-металлических функциональных материалов.....205

Дюсебаева М.А., Берганаева А.Е., Ибрагимова Н.А., Утаралиев Д.М., Берганаева Г.Е. Зеленый синтез серебряных наночастиц с использованием N-бутанольной фракции Galega Officinalis L.....	223
Дюсембекова С.Б., Утарова Д.А., Куспанов Ж.Б., Даулбаев Ч.Б., Абдикаримова У.А. Исследование влияния термической обработки SrTiO ₃ на фотокаталитической эффективности разложения амфотерного антибиотика.....	239
Исаева У.Б., Ахметова Г.С., Пралиев К.Д., Малмакова А.Е., Сейлханов Т.М. Гидрохлорид 1-бензил-4-(п-фторбензоилоксиимино) пиперидина в качестве кандидата в противомикробное средство.....	252
Қамұнұр Қ., Ысқақ М., Мұсапирова Л. Влияние химической модификации лигносульфоната натрия на его флотационные свойства в системе барит–кальцит.....	264
Кононов А., Қамұнұр Қ., Мұсапирова Л., Асылханова Д., Батқал А. Получение и исследование неорганического флокулянта Al–Fe–Mn на основе модифицированного бентонита.....	276
Курмангалиева А., Ахметова Ф., Карешова Ж., Исаков Р. ПДМА-модифицированный таганский бентонит для получения водорода при каталитической конверсии углеводов.....	292
Куртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Noor Haida Mohd Kaus., Gomes H.T., Калмаханова М.С. Модифицированные железом активированные угли из кукурузных початков для адсорбционно-окислительного удаления парацетамола и сульфаметоксазола.....	307
Надиров Р.К., Нуртазина Н.Д., Рыскалиева Р.Г. Моделирование поверхности отклика и оптимизация флотации ильменита с использованием модифицированного лигносульфонатного реагента.....	334
Нефедов А.Н., Тайкенова А.Т., Имашев Б.К., Нурисламов Р.М., Леонтьева К.А. Квантовые вычисления в моделировании коррозионных процессов.....	350
Нуркенов О.А., Фазылов С.Д., Сыздыков А.К., Кабиева С.К., Жаслан Р.К. Синтез и структурное исследование сульфопроизводных 3,5-диметилизоксазола совторичными аминами.....	365
Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжұманова Т.С., Кауменова Г.Б., Жумабек М. Влияние состава реакционной смеси в паровом риформинге биоэтанола на высокоэнтропийном оксидном катализаторе.....	382
Рыскалиева Р.Г., Бейсембаева Л.К., Осеров Т.Б. Гидроциклонная классификация хвостов обогащения Балхашской обогажительной фабрики.....	398
Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Кензин Э.Н., Журинов М. Формирование и созревание фосфатных покрытий на стали из фосфатирующего раствора на основе спирта.....	418

Сдикова Г.Ж., Далабаева Н.С., Балкембай А.С., Сарова Н.Б., Жалтырбаева Н.К. Влияние состава электролита на свойства гальванических покрытий на основе цинка.....	435
Сейткалиева Н., Кусаинова Г., Журсумбаева М., Мохамад Ибрагим М.Н., Абдиев К. Исследование флокулирующих свойств сополимеров на основе итаконовой кислоты.....	448
Сергазина С.М., Нурмуханбетова Н.Н., Острцова Н.Б., Камзе А.Р., Касенова Н.Б. Комплексная оценка качества природной питьевой воды и статистический анализ физико-химических показателей.....	460
Талгаткызы А., Нажипкызы М., Отенов А., Сейтказинова А., Исанбекова А. Углеродные волокна на основе органосольв лигнина, полученного из древесных отходов, для применения в системах хранения энергии.....	475
Токтабаева А.К., Махаева Д.Н., Рахметуллаева Р.К., Рвайдарова Г.О., Исенова Г.Д. Синтез, структура и физико-химические свойства серосодержащих композитов на основе анилина, п-фенилендиамина, фенола и формальдегида.....	498
Ешманова Г.Б., Смагулов Д.У. Влияние частиц на основе кремния на формирование и состав ПЭО покрытий.....	517
Жортарова А.А., Kubicek V., Ибраев М.К., Панышина С.Ю., Сейдахметова Р.Б. N-фосфорилирование аминотиазолов и аминок-тиадиазолов с помощью реагентов Р(III) и Р(V): синтез, структура и биологическая активность.....	538
Жусупова А., Тюменцева О., Антонюк В. Сравнительное исследование кинетики и энергетики планетарного измельчения отвального медеплавильного шлака и гранулированного шлака свинцовой плавки.....	553

ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 3.
Number 359 (2026), 448-459

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.486>

UDC: 544.77.03

IRSTI: 31.15.37

©Seitkaliyeva N.¹, Kussainova G.^{1*}, Zhursumbayeva M.¹, Mohamad Ibrahim M.N.², Abdiyev K.¹, 2026.

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan;

²Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia.

*E-mail: g.kussainova@satbayev.university

STUDY OF THE FLOCCULATION PROPERTIES OF ITACONIC ACID-BASED COPOLYMERS

Seitkaliyeva Nurgul — Candidate of Chemical Sciences, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: n.seitkaliyeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0003-4133-1749>;

Kussainova Gulsara — PhD, Researcher, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: g.kussainova@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0003-0990-9002>;

Zhursumbayeva Mariyamkul — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: m.zhursumbayeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0001-9083-5754>;

Mohamad-Ibrahim — PhD, Professor, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia,

E-mail: mnm@usm.my, <https://orcid.org/0000-0002-6784-5775>;

Abdiyev Kaldibek — Doctor of Chemical Sciences, Professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: k.abdiyev@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-2248-6203>.

Abstract. Relevance. The rapid development of industry and the resulting increase in anthropogenic pressure on the environment have led to a growing need for effective methods for removing dispersed and colloidal pollutants from industrial and natural wastewater. In this regard, the use of high-molecular-weight flocculants capable of accelerating floc formation and sedimentation is becoming increasingly important. Consequently, flocculation is considered one of the most effective methods for industrial wastewater treatment. From this perspective, polyampholytes containing both cationic and anionic functional groups are of particular interest because they can interact with pollutant particles of different natures.

Objective. The aim of this study was to investigate the flocculation properties of a copolymer of [(3-methacryloylamino) propyl] trimethylammonium chloride (TMAPMACh) and itaconic acid (IA).

Results and conclusions. The experimental methodology was based on determining the flocculation properties of the copolymer by measuring the change in the optical density of a bentonite suspension over time in the presence of the flocculant. The

optical density of the suspension was measured at a wavelength of 546 nm using an i3 UV–VIS spectrophotometer (China). A suspension of bentonite obtained from the Pogodaevskoye deposit in Western Kazakhstan was used as the test system.

The effect of the molar ratio of TMAPMACH to IA in the copolymer on its flocculation properties was also investigated. The molar ratios of the comonomers were varied at 20:80, 50:50, and 80:20. The results showed that the copolymer synthesized from an initial monomer mixture with a TMAPMACH:IA molar ratio of 50:50 exhibited the highest flocculation efficiency.

In addition, the effect of the TMAPMACH–IA copolymer on the thixotropic properties of bentonite-based drilling fluids was investigated.

Keywords: flocculation, itaconic acid, polyampholytes, polymeric flocculants, environment

***For citations:** Seitkaliyeva N., Kussainova G., Zhursumbayeva M., Mohamad Ibrahim M.N., Abdiyev K. Study of the Flocculation Properties of Itaconic Acid-Based Copolymers. Academic Journal of Physical and Chemical Sciences. 2026. No.3. Pp. 448-459. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.486>*

©Сейтқалиева Н.¹, Кусайнова Г.^{1*}, Жүрсімбаева М.¹, Мохамад Ибрагим М.Н.², Әбдиев Қ.¹, 2026.

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан;

²Universiti Sains Malaysia, Пенанг, Малайзия.

*E-mail: g.kussainova@satbayev.university

ИТАКОН ҚЫШЫЛЫ НЕГІЗІНДЕГІ СОПОЛИМЕРЛЕРДІҢ ФЛОКУЛЯЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Сейтқалиева Нургүль — химия ғылымдарының кандидаты, Satbayev University, Алматы, Қазақстан,

E-mail: n.seitkaliyeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0003-4133-1749>;

Кусайнова Гүлсара — PhD, Satbayev University, Алматы, Қазақстан,

E-mail: g.kussainova@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0003-0990-9002>;

Жүрсімбаева Мариамкүл — химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Satbayev University, Алматы, Қазақстан,

E-mail: m.zhursumbayeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0001-9083-5754>;

Мохамад Насир Мохамад Ибрагим — PhD, профессор, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia,

E-mail: mnm@usm.my, <https://orcid.org/0000-0002-6784-5775>;

Әбдиев Қалдыбек — химия ғылымдарының докторы, профессор, Satbayev University, Алматы, Қазақстан,

E-mail: k.abdiyev@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-2248-6203>.

Аннотация. *Өзектілігі.* Қазіргі таңда өнеркәсіптің қарқынды дамуы және соған байланысты қоршаған ортаға антропогендік әсердің күшеюіне байланысты өнеркәсіптік және табиғи ағын суларды дисперстік және коллоидтық ластағышық бөлшектерден тазартудың тиімді әдістерін әзірлеудің маңыздылығы артуда. Осыған байланысты флокулардың түзілу үдерісін және тұнуын жеделдететін

жоғары молекулалық флокулянттарды қолдану маңыздылығы арта түсуде. Сондықтан флокуляция өнеркәсіптік ағын суларды тазарту кезінде қолданылатын ең тиімді әдістердің бірі болып табылады. Осы тұрғыдан қарағанда, құрамында бір мезгілде катиондық және аниондық функционалдық топтар болатын полиамфолиттер ерекше қызығушылық тудыруда, өйткені олар табиғаты әртүрлі ластағыш бөлшектермен әрекеттесуді қамтамасыз ете алады.

Мақсаты. Бұл жұмыстың мақсаты – [(3-метакрилоиламино)пропил] үшметиламмоний хлориді (ТМАПМАХ) мен итакон қышқылы (ИК) сополимерінің флокуляциялық қасиеттерін зерттеу.

Нәтижелері мен қорытындылар. Жұмыстың әдістемесі флокулянт қатысында бентонит сазбалшығы суспензиясының оптикалық тығыздығының уақытқа байланысты өзгерісін өлшеу арқылы сополимердің флокуляциялық қасиеттерін анықтауға негізделген. Суспензияның оптикалық тығыздығы 546 нм толқын ұзындығында із UV-VIS (Қытай) спектрофотометрінің көмегімен өлшенді. Зерттеу нысаны ретінде Погодаев кен орнынан (Батыс Қазақстан) алынған бентонит сазбалшығының суспензиясы қарастырылды.

Сонымен бірге, ТМАПМАХ–ИК сополимерінің мольдік құрамының оның флокуляциялық қасиетіне әсері зерттелді. Сополимердің мольдік құрамы 20:80, 50:50 және 80:20 аралығында өзгертілді. Зерттеу барысында бастапқы құрамы [ТМАПМАХ]:[ИК]=50:50 мол. % мономерлер қоспасынан синтезделген сополимер ең жоғары флокуляциялық қасиетке ие екендігі анықталды.

Сондай-ақ ТМАПМАХ–ИК сополимерінің бентонит сазбалшығы негізіндегі бұрғылау ерітінділерінің тиксотропиялық қасиетіне әсері де зерттелді.

Түйін сөздер: флокуляция, итакон қышқылы, полиамфолиттер, полимерлік флокулянттар, қоршаған орта

©Сейткалиева Н.¹, Кусайнова Г.^{1*}, Журсумбаева М.¹,

Мохамад Ибрагим М.Н.², Абдиев К.¹, 2026.

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан;

²Universiti Sains Malaysia, Пенанг, Малайзия.

*E-mail: g.kussainova@satbayev.university

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛОКУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ИТАКОНОВОЙ КИСЛОТЫ

Сейткалиева Нургүль — кандидат химических наук, Satbayev University, Алматы, Казахстан,
E-mail: n.seitkaliyeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0003-4133-1749>

Кусайнова Гульсара — PhD, Satbayev University, Алматы, Казахстан,
E-mail: g.kussainova@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0003-0990-9002>;

Журсумбаева Мариамгүль — кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан,
E-mail: m.zhursumbayeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0001-9083-5754>;

Мохамад Насир Мохамад Ибрагим — PhD, профессор, Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia,
E-mail: mnm@usm.my, <https://orcid.org/0000-0002-6784-5775>;

Абдиев Қалдибек — доктор химических наук, профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан,
E-mail: k.abdiyev@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-2248-6203>.



Аннотация. *Актуальность.* В настоящее время в связи с быстрым развитием промышленности и усилением антропогенного воздействия на окружающую среду возрастает актуальность разработки эффективных методов очистки промышленных и природных сточных вод от дисперсных и коллоидных загрязняющих частиц. В связи с этим все большее значение приобретает применение высокомолекулярных флокулянтов, ускоряющих процессы образования и осаждения флокул. Поэтому флокуляция является одним из наиболее эффективных методов, применяемых при очистке промышленных сточных вод. С этой точки зрения особый интерес представляют полиамфолиты, содержащие одновременно катионные и анионные функциональные группы, поскольку они способны взаимодействовать с загрязняющими частицами различной природы.

Цель. Цель данной работы — исследование флокулирующих свойств сополимера [(3-метакрилоиламино) пропил] триметиламмоний хлорида (ТМАПМАХ) и итаконовой кислоты (ИК).

Результаты и выводы. Методика работы основана на определении флокулирующих свойств сополимера путем измерения изменения оптической плотности суспензии бентонитовой глины во времени в присутствии флокулянта. Оптическую плотность суспензии измеряли при длине волны 546 нм с использованием спектрофотометра i3 UV-VIS (Китай). В качестве объекта исследования использовали суспензию бентонитовой глины, добытой на месторождении Погодаевское (Западный Казахстан).

Также было исследовано влияние мольного состава сополимера ТМАПМАХ–ИК на его флокулирующие свойства. Мольное соотношение сополимера варьировали в диапазоне 20:80, 50:50 и 80:20. В ходе исследования было установлено, что сополимер, синтезированный из исходной смеси мономеров состава [ТМАПМАХ]:[ИК] = 50:50 мол. %, обладает наиболее высокой флокулирующей активностью.

Кроме того, было исследовано влияние сополимера ТМАПМАХ–ИК на тиксотропные свойства буровых растворов на основе бентонитовой глины.

Ключевые слова: флокуляция, итаконовая кислота, полиамфолиты, полимерные флокулянты, окружающая среда

Kіріспе. Соңғы жылдардағы дамушы елдерде халық санының тез өсуі, урбанизация және экономикалық өрлеу табиғи су ресурстарын пайдалану көлемінің артуына және су сапасының нашарлауына себеп болып отыр (Sharma et al., 2022). Сонымен бірге сүт өнімдері, целлюлоза, қағаз (Martinez-Burgos et al., 2021, Amor et al., 2019), тоқыма (Teixeira et al., 2022) және фармацевтика (Guo et al., 2015) сияқты өнеркәсіп салаларының дамуы да ағынды сулар көлемінің артуына үлес қосуда. Экологиялық талаптардың күшеюі өндірістік ағын суларды тазартудың қолжетімді және тиімді әдістерін қолдану маңыздылығын арттыруда. Солардың ішінде кең таралған тиімді әдістердің бірі - ол судан ластағыш дисперстік және коллоидтық бөлшектерді коагуляция–флокуляция әдістері

арқылы тұндырып, бөліп алу. Қазіргі зерттеу жұмыстары дәстүрлі коагулянттарды жетілдіруге және жоғары тиімділік пен биологиялық ыдырағыштық қасиетке ие экологиялық қауіпсіз табиғи флокулянттарды жасауға бағытталған. Сонымен бірге, флокуляцияның физика-химиялық аспектілерін түсінуде елеулі алға басу болғанымен, көптеген инженерлік және биологиялық процестерге елеулі әсер ететін турбуленттіліктің флокуляцияға ықпалы әлі де жеткілікті зерттелмеген (Oyegbile et al., 2016).

Осыған орай коагуляция–флокуляция процестерін дамыту және оңтайландыру ағынды суларды тазарту технологиясының маңызды бағыттарының бірі болып табылады (Teh et al., 2016, Ajao et al., 2018).

Әдебиеттік шолу. Флокулянттар флокуляция процесінде негізгі рөл атқаратындықтан, жоғары тиімді әрі арзан флокулянттарды жасау көптеген зерттеулерде өзекті мәселе болып саналуда. Полимерлі флокулянттардың тиімділігі бөлшектерді физикалық түрде ұстап қалуға қабілетті макромолекулалық торлардың түзілуімен, сондай-ақ ерітіндідегі полимер конформациясының өзгеру мүмкіндігімен түсіндіріледі. Осыған байланысты полимер тізбектерінің пішіні қоршаған ортадағы немесе оларға қосылған коллоидтық бөлшектердің құрылымымен үйлеседі. Адсорбцияланған макромолекулалар релаксация процесіне ұшырауы мүмкін: ластаушы бөлшектердің бетінде шамадан тыс жазылып, тегістеліп орналасқан кезде, олар басқа бөлшектермен байланысу қабілетін жоғалтады. (Jiang et al., 2020).

Флокуляция процесінде бірнеше механизм бір мезгілде маңызды рөл атқарды: зарядтың бейтараптануы, адсорбциялық-көпіршелік (bridging) механизм және молекулааралық гидрофобтық ассоциация. Осылайша, жүргізілген зерттеу мұнаймен ластанған ағынды суларды тазартуға арналған тиімді әрі перспективалы флокулянтты ұсынумен қатар, су тазарту технологияларына арналған жоғары өнімді флокулянттарды әзірлеудің жаңа бағытын көрсетеді (Zhou et al., 2019).

Флокуляция процесіне елеулі әсер ететін тағы бір фактор — флокулянттың концентрациясы немесе оның оңтайлы дозасы. Флокулянт концентрациясының жеткіліксіз болуы да, шамадан тыс жоғары болуы да процестің тиімділігін төмендетеді. Тағы бір маңызды фактор — флокуляцияның тиісті ұзақтығы. Ол ерітіндідегі қоспалардың түрі мен мөлшеріне, сондай-ақ қолданылатын флокулянттың түріне байланысты болады. Уақыт өте келе үлпектердің (флоктардың) мөлшері, пішіні, тығыздығы және тұну жылдамдығы өзгертіндіктен, олардың гидродинамикалық тұрақсыздығы да флокуляция процесінің жүруіне әсер етеді. (Mishra et al., 2025, Ульрих және т.б., 2023).

Зарядтық қасиеттеріне байланысты флокулянттардың құрамында оң және теріс зарядталған функционалдық топтар бір мезгілде болуы мүмкін. Мұндай полимерлер- **полиамфолиттер** деп аталады. Полиамфолиттік флокулянттарды қолдану қарама-қарсы зарядталған бірнеше ластағыштарды бір мезгілде ағынды судан бөліп алу қажет болған жағдайда ерекше тиімді. Полиамфолиттердің осы ерекше класына қатысты жан-жақты шолу еңбектері әдебиеттерде кеңінен жарияланған (Kudaibergenov et al., 2024).

Флокуляция және бактерияға қарсы әсер ету механизмдері флокуляция тиімділігінің айқын көрсеткіштері. Тәжірибе нәтижелері көрсеткендей, крахмал негізіндегі флокулянттар үш түрлі модельдік су үлгілеріне қатысты жоғары флокуляциялық тиімділік көрсетіп қана қоймай, сонымен қатар айқын бактерияға қарсы қасиетке де ие болды (Huang et al., 2017).

Қазіргі таңда биоцидтік қасиеті жоғары әрі тиімді флокулянттарды синтездеу ғалымдар алдына қойылған өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Соған сәйкес ұсынылып отырған жұмыста N-[(3-триметиламино)пропил] үшметил аммоний хлориді мен итакон қышқылы негізінде синтезделген жаңа полиамфолит-сополимерлердің флокуляциялық қасиеттері зерттелді. Сополимер құрамындағы ТМАПМАХ - тың төртіншілік аммоний топтары сополимерге катиондық сипат берсе, итакон қышқылының екі карбоксил тобы полимердің аниондық-функционалдық қасиеттерін қалыптастырады. Екіншіден ИҚ және ТМАПМАХ мономерлері полимерлік қосылысқа бактерицидтік қасиет береді (Abdiyev et al., 2024, Кусаинова, 2026). ТМАПМАХ және ИҚ мономерлері қолжетімді өндірістік және табиғи мономерлер. ИҚ-табиғи метаболит, ол кейбір саңырауқұлақтар (мысалы, *Aspergillus terreus*) мен өсімдіктер арқылы өндіріледі. Сондықтан, ТМАПМАХ-ИҚ сополимерінің биологиялық жолмен ыдырау қасиеті жоғары болады, яғни қоршаған ортаға тигізетін зияны минимальды болады. Демек, ТМАПМАХ-ИҚ сополимерін экологиялық қауіпсіз қосылыс деп атауға болады

Материалдар мен әдістер. Құрамы 20:80; 40:60; 50:50; 60:40 және 80:20 мол. % тең [ТМАПМАХ]:[ИҚ] мономерлер қоспасынан синтезделген ТМАПМАХ-ИҚ сополимерлерінің (Кусаинова, 2026) судағы 0.1 мас. % ерітінділері дайындалды.

ТМАПМАХ-ИҚ сополимерінің флокуляциялық қасиеттері Погодаевское кенорнының (Батыс Қазақстан) бентонит сазбалшығы негізінде зерттелді. Сазбалшық алдын-ала диірменде 330 айн/мин 10 минут жағдайда ұнтақталып. Ары қарай, бентонит ұнтағы тесіктерінің диаметрі 0.2 мм-ден аспайтын електен өткізіліп, одан кейін одан 0.3 мас. % судағы суспензиясы дайындалды. Сазбалшық толық ісінуі үшін суспензия 24 сағатқа қалдырылды (Orynbayev et al., 2023).

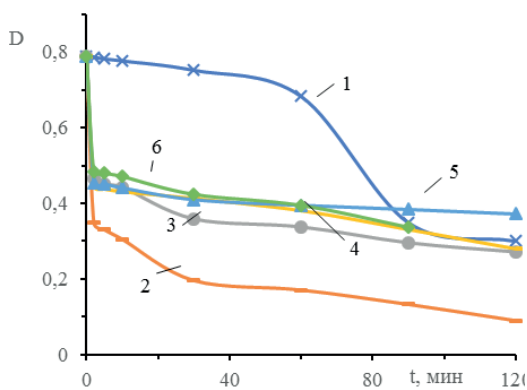
Сополимерлердің флокуляциялық қасиеттерін анықтау. Суспензияны тұндыру процесінің ұзақтығы дисперстік бөлшектердің шөгу жылдамдығына тікелей байланысты. Дисперстік фаза бөлшектерінің флокуляциялану дәрежесін, яғни суды ұсақ бөлшектерден тазарту тиімділігін суспензияның оптикалық тығыздығын (D) өлшеу арқылы анықтауға болады (Abdiyev et al., 2022). Суспензияның оптикалық тығыздығы i3 UV-VIS спектрофотометрінде 546 нм толқын ұзындығында өлшенді. Оптикалық тығыздық 3 рет өлшеніп, соңында орташа арифметикалық мәні алынды. Оптикалық тығыздықты өлшеудің салыстырмалы қателігі 2 %-дан асқан жоқ (Кусаинова, 2026).

Флокуляцияның максималды мәнін қамтамасыз ететін сополимердің оңтайлы концентрациясын анықтау мақсатында көлемі 20 мл (концентрациясы 0.3 мас. %) бентонит суспензиясына 0.1; 0.3; 0.5; 0.8 және 1 мл (сәйкесінше, 2.1; 6.3; 10.4; 16.7; 20.8 мг сополимер/ грамм бентонит) сополимер ерітінділері құйылды. Сонан

соң суспензия мұқият араластырылып, ары қарай 120 минут бойы суспензияның оптикалық тығыздығы өлшенді.

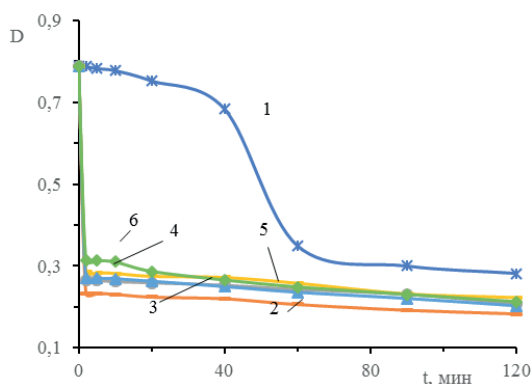
Сонымен бірге, максимал флокуляцияны қамтамасыз ететін сополимердің оңтайлы мольдік құрамы да анықталды. Алынған мәліметтер бойынша суспензияны бентонит сазбалшығы бөлшектерінен тазарту дәрежесі есептелді.

Нәтижелер мен талқылаулар. 1-3 суреттерде (Кусаинова, 2026) құрамы 20:80; 50:50 және 80:20 мол. % мономерлер қоспаларынан синтезделген ТМАПМАХ-ИҚ сополимерлерінің қатысында бентонит суспензиясының оптикалық тығыздығының сополимер концентрациясы мен уақытқа байланысты өзгерістері көрсетілген.



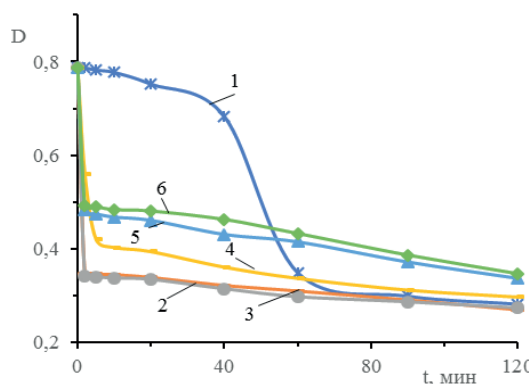
1 - Соплимер қосылмаған суспензия; Соплимер концентрациясы (мгСП/гБ): 2 - 2.1; 3 - 6.3; 4 - 10.4; 5 - 16.7 және 6 - 20.8.

Сурет 1. Құрамы 80:20 мол. % мономерлер қоспасынан синтезделген ТМАПМАХ-ИҚ сополимерінің қатысында бентонит суспензиясының оптикалық тығыздығының полимер концентрациясы мен уақытқа байланысты өзгерісі.



1 - Соплимер қосылмаған суспензия; Соплимер концентрациясы (мгСП/гБ): 2 - 2.1; 3 - 6.3; 4 - 10.4; 5 - 16.7 және 6 - 20.8.

Сурет 2. Құрамы 50:50 мол. % мономерлер қоспасынан синтезделген ТМАПМАХ-ИҚ сополимерінің қатысында бентонит суспензиясының оптикалық тығыздығының полимер концентрациясы мен уақытқа байланысты өзгерісі.

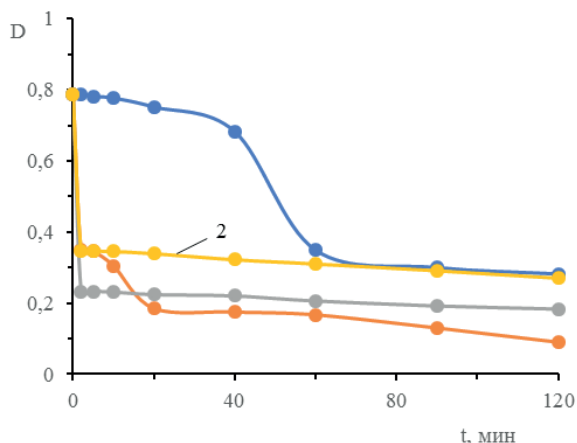


1-Сополимер қосылмаған суспензия; Сополимер концентрациясы (мгСП/гБ): 2-2.1; 3-6.3; 4-10.4; 5-16.7 және 6-20.8.

Сурет 3. Құрамы 20:80 мол. % мономерлер қоспасынан синтезделген ТМАПМАХ-ИҚ сополимерінің қатысында бентонит суспензиясының оптикалық тығыздығының полимер концентрациясы мен уақытқа байланысты өзгерісі.

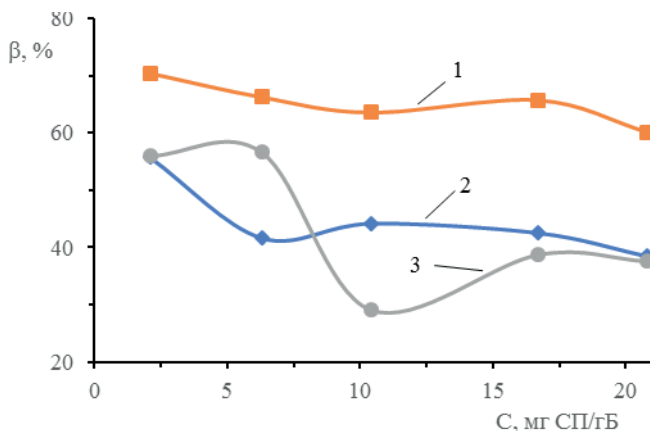
Тәжірибелік мәндерді талдай отырып мынадай тұжырым жасауға болады: суспензияға ТМАПМАХ-ИҚ (құрамы 20:80; 50:50 және 80:20 мол. %) сополимерін қосқанда 2.1 мг СП/гБ концентрациядан бастап суспензия бөлшектерінің флокуляциясы қарқынды жүре бастайды.

Ал синтезделген ТМАПМАХ-ИҚ сополимерінің флокуляциялық қасиетіне оның мольдік құрамының әсерін зерттеу барысында бастапқы құрамы 50:50 моль % мономерлер қоспасынан синтезделген сополимердің флокуляциялық қасиеті басқаларына қарағанда жоғары екендігі анықталды (сурет 5). Сонда флокуляциялау тиімділігі орташа есеппен 65-70% құрады.



1 - Сополимер қосылмаған суспензия; Сополимер құрамы [ТМАПМАХ]:[ИҚ]: 2–20:80; 3–50:50 және 4–80:20 мол. %.

Сурет 4. Бентонит суспензиясының оптикалық тығыздығының ТМАПМАХ-ИҚ (концентрациясы 2.1 мг СП/гБ) сополимерінің мольдік құрамы мен уақытқа байланысты өзгерісі.

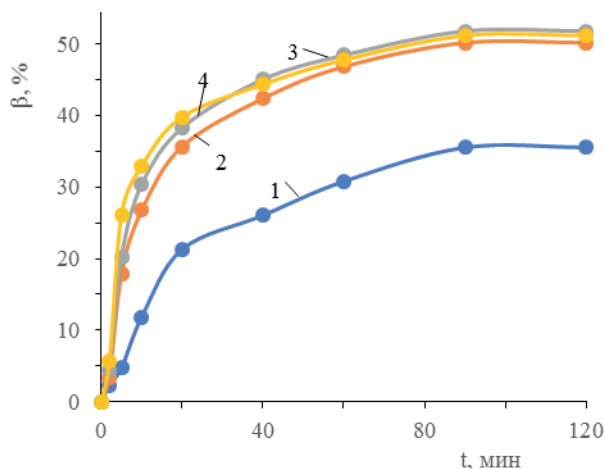


Сополімер кұрамы [ТМАПМАХ]:[ІК]: 1 - 50:50; 2- 80:20 және 3 - 20:80 мол. %.

Сурет 5. Бентонит суспензиясындағы бөлшектердің флокуляциялану тиімділігіне сополімер кұрамы мен концентрациясының әсері.

Мұнай-газ ұңғымаларын бұрғылау процесінде сазбалшықты ерітінділерді қолдану технологиялық тұрғыдан қажеттілік болып табылады, дегенмен олардың жұмыс істеп болған қалдықтары қоршаған ортаға елеулі зиян келтіру қауыпын тудырады. Осыған байланысты кұрамында саз минералдары, тау жынысының бөлшектері, барит, полимерлік қосылыстар және кейбір жағдайларда мұнай қалдықтары кездесетін бұрғылау қалдықтарын кәдеге жарату — өндірістік шығындарды төмендетумен қатар экологиялық жағдайды жақсартуға мүмкіндік береді. Қазіргі таңда пайдаланылған бұрғылау сұйықтықтарын тазарту үшін механикалық сүзу, химиялық реагенттермен өңдеу және мембраналық технологиялар жиі қолданылады. Сонымен қатар, коагуляция-флокуляция әдісін енгізу арқылы қатты дисперсті бөлшектерді ірілендіріп, фазаларды тиімді ажыратуға және бұрғылау ерітінділерін қайта пайдалануға жол ашылады (Қусаинова, 2025).

Зерттеу барысында алынған ТМАПМАХ-ІК сополімерінің бентонит сазбалшығы (20 мас. %) негізіндегі бұрғылау ерітінділеріндегі қатты бөлшектерді тұндырудағы флокуляциялық белсенділігі бағаланды (6-сурет). Нәтижелер көрсеткендей, бұл сополімер жоғары тиімділікке ие реагент болып табылады (Қусаинова, 2026).

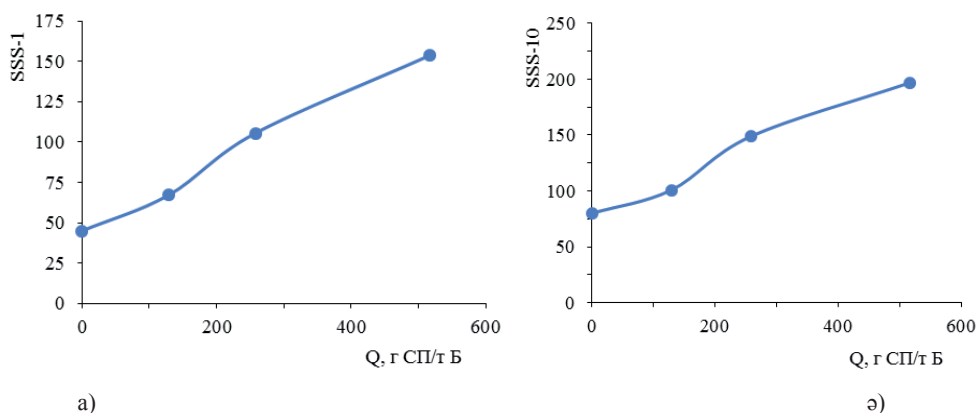


Бұрғылау ерітіндісіндегі сополимердің концентрациясы (мгСП/гБ): 1-сополимер қоспағанда, 2 – 1,67; 3 – 3,34 және 4 – 8,33.

Сурет 6. 50:50 мол. % мономерлер қоспасынан синтезделген ТМАПМАХ-ИҚ сополимерінің бентонит сазбалшығы негізіндегі бұрғылау ерітіндісінің флокуляциясына әсері.

МАПМАХ-ИҚ сополимерінің флокуляциялау қабілетінің жоғары болуы оның макромолекулалық құрылымының дифильдік сипатымен, яғни гидрофильдік-липофильдік тепе-теңдігінің (ГЛБ) оңтайлы мәнге ие болуымен түсіндіріледі. Флокулянт молекуласындағы полярлы функционалдық топтар бір уақытта бірнеше дисперсті бөлшекпен электростатикалық өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді. Ал гидрофобты көмірсутек тізбектері бөлшектер арасындағы тартылыс күшін арттырады. Осының нәтижесінде ұсақ бөлшектер бірігіп, ірі агрегаттар түзеді де, гравитациялық күш әсерінен ыдыс түбіне жылдам шөгейді (Кусаинова, 2026).

Сонымен қатар, синтезделген сополимерлерді сазбалшықты бұрғылау ерітінділерінің тиксотроптық қасиеттерін реттейтін құрылымтүзуші реагент ретінде қолдану мүмкіндігін анықтау мақсатында бентонит суспензиясының статикалық ығысу кернеуіне полимер концентрациясының әсері зерттелді. Атап айтқанда, сополимер қосылған жүйенің 1 минут (SSS^1) және 10 минут (SSS^{10}) тыныштықтан кейінгі статикалық ығысу кернеуінің өзгерісі анықталды (7-сурет).



Сурет 7. ТМАПМАХ-ИҚ сополимері концентрациясының бентонит сазбалшығы суспензиясының (20 мас. %) 1 минут (а) және 10 минут (б) өткеннен кейінге статикалық ығысу кернеуіне әсері.

Алынған деректерден байқағанымыздай, зерттелген сополимерді 20%-дық бентонит суспензиясына енгізгенде статикалық ығысу кернеуі 2–4 есеге дейін артады. Бұл құбылыс сополимер макромолекулаларының арасында берік молекулааралық байланыстардың түзілетінін және олардың тиімді құрылымтүзуші реагенттер қатарына жататынын дәлелдейді.

Осылайша, тәжірибелік нәтижелерге сүйене отырып, ТМАПМАХ-ИҚ сополимерлерін сазбалшықты бұрғылау ерітінділерінің реологиялық (тиксотроптық) параметрлерін реттеу үшін, сондай-ақ ұңғыма қабырғаларының беріктігін арттыру мақсатында құрылымтүзуші қоспа ретінде пайдалануға болатындығы қорытындыланды (Кусаинова, 2026).

References

- Abdiyev K.Zh., Kussainova G.K., Mohamad Ibrahim M.N., Zhurumbayeva M.B., Seilkhanov T.M., Shakhmetova D.N., Toktarbay Zh. (2024). A Polyampholyte based on Itaconic acid and [(3-methacryloylamino) propyl]-trimethylammonium Chloride: synthesis and study of biocidal properties. *ES Materials & Manufacturing*. – Vol. 25. – P. 1218. <http://dx.doi.org/10.30919/esmm1218> (in Eng.).
- Abdiyev K.Zh., Maric M., Orynbayev B.Y., Toktarbay Zh., Zhurumbaeva M.B., Seitkaliyeva N.Z. (2022). Flocculating properties of 2-acrylamido-2-methyl-1-propane sulfonic acid-co-allylamine polyampholytic copolymers. *Polymer Bulletin*. – Vol. 79(12). – P. 10741-10756. <https://doi.org/10.1007/s00289-021-03994-2>. (in Eng.).
- Ajao V., Bruning H., Rijnaarts H., Temmink H. (2018). Natural flocculants from fresh and saline wastewater: Comparative properties and flocculation performances. *Chem. Eng. J.* – Vol. 349. – P. 622-632. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.05.123> (in Eng.).
- Amor C., Marchão L., Lucas M. S., & Peres J. A. (2019). Application of Advanced Oxidation Processes for the Treatment of Recalcitrant Agro-Industrial Wastewater: A Review. *Water*. – Vol. 11(2). – P. 205. <https://doi.org/10.3390/w11020205> (in Eng.).
- Guo R.; Xie X.; Chen J. (2015). The Degradation of Antibiotic Amoxicillin in the Fenton-Activated Sludge Combined System. *Environ. Technol.* – Vol. 36. – P. 844-851. <https://doi.org/10.1080/09593330.2014.963696> (in Eng.).
- Huang M., Zhouzhou L., Aimin L., Hu Y. (2017). Dual functionality of a graft starch flocculant: Flocculation and antibacterial performance. *Journal of Environmental Management*. – Vol. 196. – P. 63-71. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.02.078> (in Eng.).

Jiang X., Lou C., Hua F., Deng H., Tian X. (2020). Cellulose nanocrystals-based flocculants for highspeed and high-efficiency decolorization of colored effluents. *Journal of Cleaner Production*. – Vol. 251. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119749> (in Eng.).

Kudaibergenov S.E. (2024). *Polyampholytes Adv. Poly. Sci. Emerging Technol.* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003431404> (in Eng.).

Kussainova G. (2026). *Munai kasipshilik tekhnologiyalarynda koldanuga arnalgan vinil monomerleri negizindegi zhana biocidtik flokulyanttar* [New biocidal flocculants based on vinyl monomers for application in oil field technologies]. [Doctoral dissertation, Satbayev University]. https://nauka.kz/upload/files/Кусайнова_Г.К._PhD_c_CII.docx (in Kaz.).

Martinez-Burgos W.J., Bittencourt Sydney E., Bianchi Pedroni Medeiros A., Magalhães A.I., de Carvalho J.C., Karp S.G., de Souza Vandenbergh L.P., Junior Letti, L.A., Thomaz Soccol, V., de Melo Pereira G.V. et al. (2021). Agro-industrial wastewater in a circular economy: Characteristics, impacts and applications for bioenergy and biochemicals. *Bioresour Technol.* – Vol. 341. – P. 125795 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125795> (in Eng.).

Mishra B., Kallem P., Yadavalli R. et al. (2025) Industrial wastewater treatment using extracellular polymer substances/bioflocculants: a review. *Appl Water Sci.* – Vol. 15. – P. 58. <https://doi.org/10.1007/s13201-025-02401-9> (in Eng.).

Orynbayev B.Ye., Zhurumbayeva M.B., Seitkaliyeva N.Zh., Abdiyev K.Zh. (2023) Flocculating and biocidal properties of copolymer of N,N-dimethyl-N,N-diallyl ammonium chloride with N,N dimethylaminopropyl methacrylamide. *Chem. J. Kaz.* – Vol. 3(83). – P. 5-14. <https://doi.org/10.51580/2023-3.2710-1185.23> (in Kaz.).

Oyegbile B., Ay P., Narra S. (2016). *Environmental Engineering Research*. – Vol. 21(1). – P. 1-14. <https://doi.org/10.4491/eer.2015.086> (in Eng.).

Rabiee A., Ershad-Langroudi A., Jamshidi H. (2014). Polyacrylamide-based polyampholytes and their applications. *Rev. Chem. Eng.* – Vol. 30(5). – P. 501-519. <https://doi.org/10.1515/revce-2014-0004> (in Eng.).

Sharma M.K., Tyagi V.K., Singh N.K. et al. (2022). Sustainable technologies for on-site domestic wastewater treatment: a review with technical approach. *Environ Dev Sustain.* – Vol. 24. – P. 3039-3090. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01599-3> (in Eng.).

Teh C.Y., Budiman P.M., Shak K.P.Y., Wu T.Y. (2016). Recent Advancement of Coagulation–Flocculation and Its Application in Wastewater Treatment. *Ind. Eng. Chem. Res.* – Vol. 55(16). – P. 4363-4389. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.5b04703> (in Eng.).

Teixeira A.R., Jorge N., Fernandes J.R., Lucas M.S., Peres J.A. (2022). Textile Dye Removal by Acacia Dealbata Link. Pollen Adsorption Combined with UV-A/NTA/Fenton Process. *Top. Catal.* – Vol. 65. – P. 1045-1061. <https://doi.org/10.1007/s11244-022-01655-w> (in Eng.).

Ul'rikh E.V., Barkova A.S., 2023. Ispol'zovanie flokulyantov dlya ochistki stochnykh vod. [Use of flocculants for wastewater treatment] *Ecosystem Transformation*. – Vol. 6(1). – P. 168-187. <https://doi.org/10.23859/estr-220525> (in Rus.).

Zhou Y., Zheng H., Huang Y., Zheng X., Liu Z., An Y., Zhao Ch. & Liu Y. (2019). Hydrophobic modification of cationic microblocked polyacrylamide and its enhanced flocculation performance for oily wastewater treatment. *J Mater Sci.* – Vol. 54. – P. 10024-10040. <https://doi.org/10.1007/s10853-019-03601-w> (in Eng.).

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty)

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 work described 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 originality detection service Cross Check <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.

Requirements for articles design for publication in the journal are available on the websites:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

Managing Editor: T. Apendiev
Editors: D.S. Alenov, A. Shormakova
Computer layout: G.D. Zhadyranova

Signed for print: September 29, 2026
Format: 70×90 1/16. 34.5 printed sheets. Order No. 3.

*«Central Asian Academic Research Center» LLP
Almaty, Shevchenko Street, 28*