

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

2024 • 4



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ  
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

# БАЯНДАМАЛАРЫ

---

## ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»

## REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

**БАС РЕДАКТОР:**

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 11

**РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:**

**РАМАЗАНОВ Тілекқабыл Сәбитұлы**, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 26

**РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы**, (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 23

**САНГ-СУ Квак**, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корея биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

**БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы**, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 12

**ӘБИЕВ Руфат**, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

**ЛЮКШИН Вячеслав Ноганович**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Акушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі, (Чебоксары, Ресей), Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, Хамдар аль-Маджид Хамдард университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжін профессоры, (Карачи, Пәкістан), Н = 21

**ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович**, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ), Н = 27

**КАЛАНДРА Пьетро**, Ph.D (физика), нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), Н = 26

**МАЛЫМ Анна**, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша), Н = 22

**БАЙМҰҚАНОВ Дастан Асылбекұлы**, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі, "Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС мал шаруашылығы және ветеринарлық медицина департаментінің бас ғылыми қызметкері (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н=1

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), Н = 42

**ҚАШИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

**БОШҚАЕВ Қуантай Авағзыұлы**, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

**QUEVEDO Nemandó**, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), Н = 28

**ЖҮСПІНОВ Марат Абжанұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 7

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), Н = 5

**ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 5

**ХАРИН Станислав Николаевич**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

**ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 12

**«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»**

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

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ93ZYU00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы құалық.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология және физика ғылымдары.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219 бөл.; тел.: 272-13-19

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

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич**, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), Н = 11

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**РАМАЗАНОВ Тлексабул Сабитович**, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 26

**РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич**, (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 23

**САНГ-СУ Квак**, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), Н = 34

**БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендирович**, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан), Н = 12

**АБИЕВ Руфат**, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), Н = 14

**ЛОКШИН Вячеслав Нотанович**, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан), Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия), Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), Н = 21

**ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович**, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (СПША), Н = 27

**КАЛАНДРА Пьетро**, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктур-рваных материалов (Рим, Италия), Н = 26

**МАЛЫМ Анна**, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша), Н = 22

**БАЙМУКАНОВ Дастанбек Асылбекович**, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент НАН РК, главный научный сотрудник Департамента животноводства и ветеринарной медицины ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии» (Нур-Султан, Казахстан), Н = 1

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), Н = 42

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 7

**БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич**, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 10

**QUEVEDO Hernando**, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), Н = 28

**ЖУСУНОВ Марат Абжанович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 7

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), Н = 5

**ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 5

**ХАРИН Станислав Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), Н = 10

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 12

**Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»**

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

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы). Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ93VPY00025418**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии, медицины и физические науки.*

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; ком. 219; тел. 272-13-19

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

**EDITOR IN CHIEF:**

**BENBERIN Valery Vasilievich**, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), H = 11

**EDITORIAL BOARD:**

**RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 26

**RAMANKULOV Erlan Mirkhaidarovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 23

**SANG-SOO Kwak**, PhD in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), H = 34

**BERSIMBAEV Rakhmetkazi Iskendirovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 12

**ABIYEV 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), H = 14

**LOKSHIN Vyacheslav Notanovich**, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan), H = 8

**SEMENOV Vladimir Grigorievich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia), H = 23

**PHARUK Asana Dar**, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), H = 21

**TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich**, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA), H = 27

**CALANDRA Pietro**, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), H = 26

**MALM Anna, Doctor of Pharmacy**, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland), H = 22

**BAIMUKANOV Dastanbek Asylbekovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the NAS RK, Chief Researcher of the department of animal husbandry and veterinary medicine, Research and Production Center for Livestock and Veterinary Medicine Limited Liability Company (Nur-Sultan, Kazakhstan), H=1

**TIGHINEANU Ion Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), H = 42

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich**, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 7

**BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich**, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

**QUEVEDO Hemando**, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), H = 28

**ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 7

**KOVALEV Alexander Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), H = 5

**TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 5

**KHARIN Stanislav Nikolayevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

**DAVLETOV Askar Erbulanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 12

---

**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

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

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine and physical sciences.*

Periodicity: 4 times a year. Circulation: 300 copies.

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

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

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 352 (2024), 146–156

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.315>

УДК 541.132/49

**T.K. Jumadilov<sup>1,2</sup>, G.T. Dyussebayeva<sup>1,2</sup>, Zh.S. Mukatayeva<sup>2</sup>  
J.V. Gražulevicius<sup>3</sup>, 2024.**

<sup>1</sup>A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania.

E-mail: [g\\_gazinovna@mail.ru](mailto:g_gazinovna@mail.ru)

## INVESTIGATION OF ELECTROCHEMICAL AND CONFORMATIONAL PROPERTIES OF INTERPOLYMER SYSTEMS OF CATIONITE KU-2-8 AND ANIONITE P4VP

**Jumadilov Talkybek Kozhatayevich** – Doctor of Chemical Sciences, Professor, A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan, E-mail: [jumadilov@mail.ru](mailto:jumadilov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9505-3719>;

**Dyussebayeva Gulnur Toktagazinovna** – PhD student, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: [g\\_gazinovna@mail.ru](mailto:g_gazinovna@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-2721-997X>;

**Mukatayeva Zhazira Sagatbekovna** – Candidate of Chemical Sciences, associated Professor, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan, E-mail: [jazira-1974@mail.ru](mailto:jazira-1974@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-1584-5810>;

**Gražulevicius Juozas Vidas** – Full professor, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania, E-mail: [juozas.grazulevicius@ktu.lt](mailto:juozas.grazulevicius@ktu.lt), <https://orcid.org/0000-0002-4408-9727>.

**Abstract.** As a result of remote interaction, changes in the electrochemical and conformational properties of the interpolymer system KU-2-8:P4VP were studied. Interpolymer systems consisting of KU-2-8 (cationite) and P4VP (anionite) were chosen as objects of study. As a result of remote interaction of the studied polymers, it was found that their mutual activation leads to a significant change in their electrochemical and conformational properties. During the experiment, the polymers KU-2-8:P4VP in the ratio of 5:1 showed the lowest values of specific conductivity, since the process of proton association prevailed over the process of dissociation of carboxyl groups. At different time intervals (1, 2.5, 6 and 24 hours), the pH value of the interpolymer system KU-2-8:P4VP underwent significant changes. In the 5:1 ratio, the hydrogen indicator increased slightly after 2.5 hours and then decreased again, resulting in a deviation from the overall pH trend. This suggests that a more complex chemical process may have occurred at the beginning of the experiment. The highest conductivity values were determined in the 4:2 ratio of the interpolymer systems. As a result of remote interaction at a distance, the conductivity value in the aqueous medium at the 4:2 ratio increased to a maximum point of 5.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  within 6 h. The pH of the medium decreased to 4.8 after a day compared to the initial level at this ratio, this change is explained by the

distribution of intermolecular bonds. In aqueous media, when the main anionite is P4VP in the ratio of 4:2, the degree of swelling reaches a maximum value of 5.45 after 6 hours. In the ratios of 3:3 and 1:5 no areas of change in electrical conductivity were observed. According to the results obtained, certain changes in specific conductivity, pH of the medium and swelling ratio are observed in all molar ratios of polymers. The result of the study revealed that the change in the polymer pairs and state in the interpolymer system affects the specific electrical conductivity. These data showed that the ratio of ionized and dissociated groups in the interpolymer chain varies normally.

**Keywords:** ion exchangers, interpolymer system, cationite KU-2-8, anionite P4VP, specific conductivity, pH value, swelling coefficient, range effect, activation

©Т.К. Джумадилов<sup>1,2</sup>, Г.Т. Дюсембаева<sup>1,2</sup>, Ж.С. Мукатаева<sup>2</sup>,  
Ю.В. Гражулявичюс<sup>3</sup>, 2024.

<sup>1</sup>«Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ,  
Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>Каунас технологиялық университеті, Каунас, Литва.

E-mail: g\_gazinovna@mail.ru

## КАТИОНИТ КУ-2-8 ЖӘНЕ АНИОНИТ П4ВП ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ КОНФОРМАЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Джумадилов Талкыбек Қожатаевич – Химия ғылымдарының докторы, профессор «Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан, E-mail: jumadilov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9505-3719>;

Дюсембаева Гульнур Токтаргазиновна – PhD докторант, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан, E-mail: g\_gazinovna@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2721-997X>;

Мукатаева Жазира Сағатбековна – Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан, E-mail: jazira-1974@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1584-5810>;

Гражулявичюс Юозас Видас – Химия ғылымдарының докторы, профессор, Каунас технологиялық университеті, Каунас, Литва; E-mail: juozas.grazulevicius@ktu.lt, <https://orcid.org/0000-0002-4408-9727>;

**Аннотация.** КУ-2-8:П4ВП интерполимерлік жүйесінің қашықтықтан өзара әрекеттесуі нәтижесінде электрохимиялық және конформациялық қасиеттерінің өзгерістері зерттелді. Бұл жұмыста КУ-2-8 (катионалмастырғыш) және П4ВП (анион алмастырғыш) тұратын интерполимерлі жүйелер зерттеу объектісі ретінде таңдап алынды. Зерттелетін полимерлердің қашықтықтан өзара әрекеттесуі нәтижесінде олардың өзара активтенуі электрохимиялық және конформациялық қасиеттерінің айтарлықтай өзгеруіне әкелетіні анықталды. Тәжірибие барысында КУ-2-8:П4ВП полимерлерінің 5:1 қатынасында меншікті электрөткізгіштік көрсеткіштері ең төменгі мәнге ие болды, өйткені протондардың бірігу процесі, карбоксил топтардың



диссоциация процесіне қарағанда басым болды. Әр түрлі уақыт аралықтарында (1, 2.5, 6 және 24 сағат) КУ-2-8:П4ВП интерполимерлік жүйесінің рН шамасы үлкен өзгерістерді көрсетті. 5:1 қатынасында сутектік көрсеткіш 2.5 сағатта біршама жоғарылап, қайта төмендеген, мұнда рН жалпы тенденциядан ауытқу байқалады, ал ісіну коэффициентінде полимер бөлшектерінің өлшемдері сулы ортада қозғала алмай аса қатты өзгеріске ұшырамағаны байқалады. Бұл тәжірбиенің басында күрделірек химиялық процестің болуы мүмкін екенін көрсетеді. Интерполимерлі жүйелердің 4:2 қатынасында ең жоғарғы электрөткізгіштік мәндері анықталды. Қашықтықтан өзара әрекеттесу нәтижесінде 4:2 қатынасында сулы ортадағы электрөткізгіштік мәні 6 сағат ішінде 5.5мкСм/См ең жоғарғы нүктесіне көтерілген. Ортаның рН көрсеткіші осы қатынаста бастапқы деңгеймен салыстырғанда бір тәуліктен кейін 4.8-ге дейін төмендеді, бұл өзгеріс молекула аралық байланыстар таралуымен түсіндіріледі. Сулы ортада негізгі анионит П4ВП болғанда 4:2 қатынасында 6 сағаттан кейін ісіну дәрежесі 5.45 максимум мәніне жетті. 3:3 және 1:5 қатынастарында электрөткізгіштік мәнінде ешқандай өзгеріс аймақтары байқалмады. Алынған зерттеулердің көрсеткіштеріне сүйенсек, полимерлердің барлық мольдік қатынастарында меншікті электрөткізгіштіктің, рН ортасының және ісіну коэффициентінің біршама өзгерістері байқалған. Зерттеу нәтижесінде интерполимерлі жүйедегі полимерлердің жұптары мен күйін өзгерту, меншікті электрөткізгіштікке әсер ететіндігі анықталды. Бұл мәліметтер буынаралық тізбек бойындағы ионданған және диссоциацияланған топтардың ара қатынасының қалыпты өзгеретінін көрсетті.

**Түйін сөздер:** ионалмастырғыштар, интерполимерлік жүйе, катионит КУ-2-8, анионит П4ВП, меншікті электрөткізгіштік, рН көрсеткіші, ісіну дәрежесі, қашықтан өзара әрекеттесу, активация.

**Т.К. Джумадилов<sup>1,2</sup>, Г.Т. Дюсембаева<sup>1,2</sup>, Ж.С. Мукатаева<sup>2</sup>,  
Ю.В. Гражулявичюс<sup>3</sup>, 2024.**

<sup>1</sup>АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский национальный педагогический университет имени Абая,  
Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Каунасский технологический университет, Каунас, Литва.

E-mail: g\_gazinovna@mail.ru

## **ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И КОНФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ КАТИОНИТА КУ-2-8 И АНИОНИТА П4ВП**

Джумадилов Талқыбек Қожатаевич – Доктор химических наук, профессор АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан, E-mail: jumadilov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9505-3719>;

Дюсембаева Гульнур Токтаргазиновна – PhD докторант, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан, E-mail: g\_gazinovna@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2721-997X>;

**Мукатаева Жазира Сагатбековна** – кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан, E-mail: jazira-1974@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1584-5810>;

**Гражулявичюс Юозас Видас** – Доктор химических наук, профессор, Каунасский технологический университет, Каунас, Литва, E-mail: juozas.grazulevicius@ktu.lt, <https://orcid.org/0000-0002-4408-9727>.

**Аннотация.** В результате дистанционного взаимодействия были изучены изменения электрохимических и конформационных свойств интерполимерной системы КУ-2-8:П4ВП. В качестве объектов исследования были выбраны интерполимерные системы, состоящие из КУ-2-8 (катионит) и П4ВП (анионит). В результате дистанционного взаимодействия исследованных полимеров установлено, что их взаимная активация приводит к значительному изменению их электрохимических и конформационных свойств. В ходе эксперимента полимеры КУ-2-8: П4ВП в соотношении 5:1 показали самые низкие значения удельной электропроводности, поскольку процесс объединения протонов преобладал над процессом диссоциации карбоксильных групп. В разные промежутки времени (1, 2.5, 6 и 24 часа) значение рН интерполимерной системы КУ-2-8: П4ВП претерпело значительные изменения. В соотношении 5:1 показатель водорода незначительно увеличивается через 2.5 часа, а затем снова снижается, что приводит к отклонению от общего тренда рН. Это говорит о том, что в начале эксперимента мог происходить более сложный химический процесс. Наибольшие значения электропроводности были определены в соотношении интерполимерных систем 4:2. В результате дистанционного взаимодействия на расстоянии значение проводимости в водной среде при соотношении 4:2 увеличилось до максимальной точки 5.5 мкСм/см в течении 6 часов. рН среда через сутки снизилась до 4.8 по сравнению с исходным уровнем в этом соотношении, такое изменение объясняется распределением межмолекулярных связей. В водных средах, когда основным анионитом является П4ВП в соотношении 4:2, степень набухания достигает максимального значения 5.45 через 6 часов. В соотношениях 3:3 и 1:5 областей изменения электропроводности не наблюдалось. По результатам полученных исследований определенные изменения удельной электропроводности, рН среды и коэффициента набухания наблюдаются во всех мольных соотношениях полимеров. В результате исследования установлено, что изменение пар и состояния полимеров в интерполимерной системе влияет на удельную электропроводность. Эти данные показали, что соотношение ионизированных и диссоциированных групп в межпоколенческой цепочке изменяется в норме.

**Ключевые слова:** ионообменники, интерполимерная система, катионит КУ-2-8, анионит П4ВП, удельная электропроводность, показатель рН, коэффициент набухания, эффект дальнего действия, активация.

**Кіріспе.** Қазіргі таңда кеңінен қолданылатын ион алмастырғыш шайырлардың өнеркәсіптік қолданылуы шектеулі, себебі синтетикалық ион алмастырғыштардың әр түрлі иондары бар технологиялық ерітінділердегі тиімділігі мен селективтілігі төмен (Lee, et al, 2020; Muhammad, et al, 2018). Ион алмастырғыштар – бұл ерімейтін,



қатты полимерлер, электролит ерітінділерінде және органикалық еріткіштерде белгілі бір дәрежеде ісінеді (Smolinska, et al, 2020). Ион алмастырғыш шайырлар әртүрлі бөлу, тазарту және дезинфекциялау процестерінде кеңінен қолданылады (Luigi, et al, 2020). Ион алмастырғыш шайырлар суда ісінуге қабілетті, бұл гидратацияға жарамды гидрофильді тұрақталған топтардың болуына байланысты. Дегенмен, шексіз ісінуге көлденең байланыстар арқылы кедергі жасалады (Oyen, et al, 2020; Shalla, et al, 2019). Интерполимерлік жүйелерді зерттеуге арналған жұмыстар полимерлердің өзара активтенуі электрохимиялық, көлемдік гравиметриялық қасиеттерінің өзгеруіне айтарлықтай әсер ететінін көрсетті (Jumadilov, et al, 2023). Интерполимерлік жүйелер- бұл кемінде екі полимерден құрылған және ортақ еріткіші бар көпкомпонентті жүйе. Интерполимерлік жүйелер меншікті электрөткізгіштік, рН және гравиметрияны өлшеу әдістерімен зерттелді (Utesheva, et al, 2022). Зерттеулердің нәтижесінде алынған деректер полимерлердің қашықтықтан әрекеттесуі нәтижесінде олардың электрохимиялық және конформациялық қасиеттерінің айтарлықтай өзгеруіне әкелетін өзара активтенуі орын алатыны анықталды (Jumadilov, et al, 2021). Оған себеп екі полимерде де иондалған топтардың қосымша тығыздығы қалыптасады. Бұл тығыздық активтелмеген полимерлердің тығыздығынан әлдеқайда жоғары болады (Jumadilov, et al, 2023). Осыған байланысты бұл жұмыстың басты мақсаты макромолекулалық сорбенттер ретінде кеңінен қолданылатын өнеркәсіптік ионалмастырғыш шайырлар катионит КУ-2-8 және анионит П4ВП интерполимерлі жүйесінің өзара активтелу ерекшеліктерін зерттеу болып табылады.

### **Материалдар мен әдістер (Тәжірбиелік бөлім)**

*Электрохимиялық зерттеулер:* Электр өткізгіштігін анықтау үшін кондуктометр Expert 002 (Эконикс-сарапшы, Мәскеу, Ресей Федерациясы) қолданылды. рН мәндерін өлшеу үшін 827 рН-Lab (Metrohm, Herizau, Швейцария) жүргізілді. Ісіну коэффициентін (Кі) есептеу үшін, ісінген полимерлер үлгілерінің массасы SHIMADZU AY220 электронды аналитикалық таразысында (Жапония) өлшенді.

*Зерттеу материалдары:* КУ-2-8 ( $H^+$  формасы) ион алмастырғыш шайыр, сыйымдылығы жоғары, күшті қышқыл сорбент және П4ВП ( $OH^-$  формасы) поли-4-винилпиридинді гидрогель. Аталған иониттер негізінде мольдік қатынастары әртүрлі интерполимерлі жүйелер құрылды. Зерттеу жұмыстары тазартылған суда қалыпты бөлме температурасында жүргізілді. Сулы ерітіндінің электрохимиялық өзгерістері (меншікті электрөткізгіштік, рН) әр түрлі уақыт интервалында өлшенді. Ісіну коэффициентін бос бюкс салмағын полимер салынған бюкс салмағынан шегеру арқылы есептелінді.

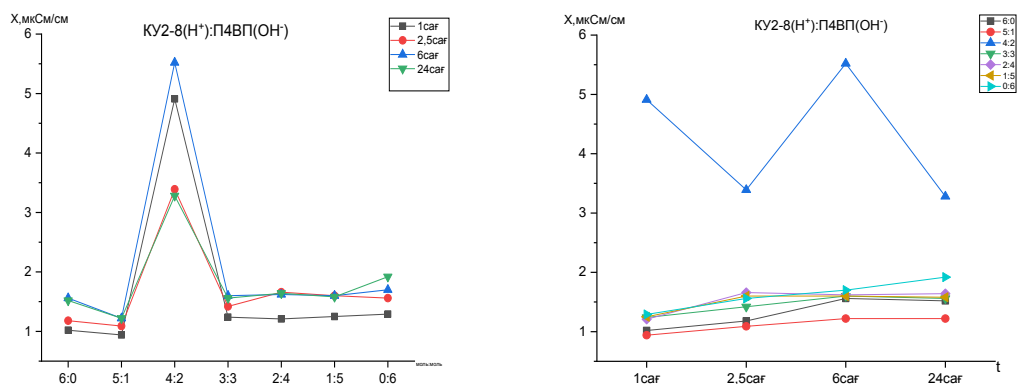
### **Нәтижелер және оларды талқылау.**

Бұл мақалада зерттеу жұмысының мақсаты – интерполимерлік жүйедегі компоненттердің өзара активтену өзгерісін анықтау болғандықтан, біз осы полимерлердің, яғни катионит (КУ-2-8) және анионит (П4ВП) электрохимиялық қасиеттерін кондуктометрлік, рН метрлік әдістермен қарастырдық. КУ-2-8:П4ВП

интерполимерлі жүйесінің меншікті электрөткізгіштігінің сулы ортада уақыт пен полимерлердің мольдік қатынастарына байланысты өзгеріс аймақтары зерттеліп, сипатталды.

Бұрынғы жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде полимерлер электрохимиялық және көлемдік-гидродинамикалық қасиеттерін өзгерте отырып, әртүрлі мольдік қатынастарда бір-бірімен қашықтықтан әрекеттесетіні анықталған болатын (Jumadilov, et al, 2023). Полимерлердің электрохимиялық қасиеттерін зерттеу қашықтықтан әрекет ету кезінде полимерлік құрылымдардың жоғары ионизацияланған аудандарының пайда болуын болжауға мүмкіндік береді. Сулы ортада интерполимерлі жүйелердің болуы ерітіндінің электрохимиялық тепе-теңдігінің өзгеруіне және түрлі процестердің іске асуына ықпал етеді. КУ-2-8:П4ВП интерполимерлі жүйесінің меншікті электрөткізгіштігінің сулы ортада уақыт пен полимерлердің мольдік қатынастарына байланысты түрленуі 1- суретте бейнеленген. Бұл графикте КУ-2-8:П4ВП интерполимерлі жүйесінің 6:0 қатынасындағы электрөткізгіштік мәндерінің айтарлықтай өзгермейтіндігі байқалады, оның себебі ерітіндіде тек бір полимер түрі болған кезде, ерітіндінің жоғары иондалған күйге түсе алмайтынын білдіреді. Бұл көрсеткіш төменгі электрөткізгіштік мәндерінің пайда болуына әкеледі. Жеке катионит КУ-2-8 қатысында, зерттеудің басында және соңында электрөткізгіштік мәндерінде айырмашылықтар байқалмайды.

Тәжірбие барысында КУ-2-8:П4ВП полимерлерінің 5:1 қатынасында электрөткізгіштік ең төменгі мәнге ие болды, өйткені протондардың бірігу процесі, карбоксил топтардың диссоциация процесіне қарағанда басым болды.



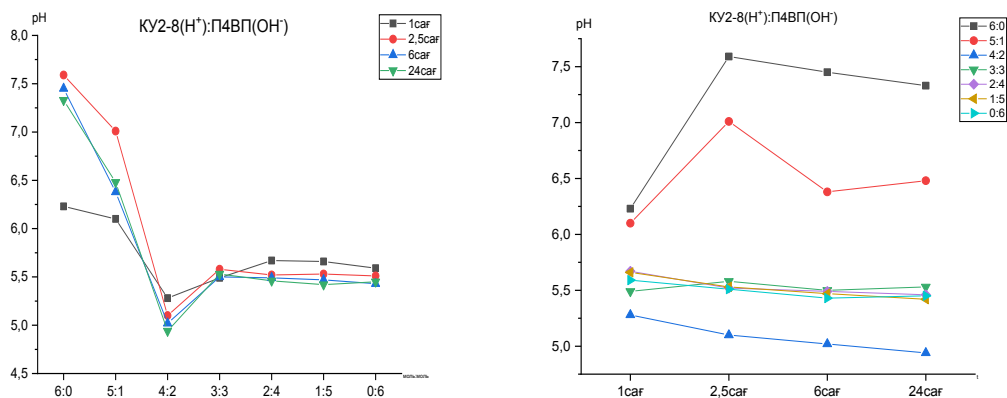
Сурет 1. КУ2-8:П4ВП интерполимерлі жүйесінің меншікті электрөткізгіштік көрсеткіштерінің мольдік қатынастарына және уақытқа байланысты өзгерісі

Қашықтықтан өзара әрекеттесу нәтижесінде 4:2 қатынасында сулы ортадағы электрөткізгіштік мәні 6 сағат ішінде 5.5мкСм/См ең жоғарғы нүктесіне көтерілген, бұл полимерлердің бір-біріне қашықтан әсер етуі нәтижесінде, қосымша иондардың пайда болуымен түсіндіріледі. Дәл осы қатынаста барлық уақытта(1, 2.5, 6 және 24 сағат) электрөткізгіштік көрсеткіші максимум мәндерге

ие болды. Көрсетілген қисықта максимум нүктенің болуы, күшті электролиттердің сұйытылған ерітінділерінде иондардың қозғалу жылдамдығы концентрацияға аса тәуелді болмайтынын білдіреді. КУ-2-8:П4ВП интерполимерлік жүйелерінің 4:2 қатынасында электрөткізгіштік көрсеткіштерінде уақытқа байланысты біршама ауытқулар байқалады. Органың электрөткізгіштігі 1 сағаттан соң жоғары мәнгежетіп, 2.5 сағатта төмендеді, ал 6 сағаттан кейін қайта көтерілді, бірақ бір тәулікке жеткенде қайтадан төмендеді.

Жүйеде екі полимердің белгілі бір мольдік қатынасында электрөткізгіштіктің жоғарғы нүктесінің болуы, протонның азот гетероатомына қосылуына гөрі, карбонил топтарының диссоциациясының басымырақ екендігімен түсіндіріледі. Судың электрөткізгіштігі 3:3 және 1:5 қатынастарында әртүрлі уақыт кезеңдерінде тұрақты болды, ешқандай өзгеріс аймақтары байқалмады. 0:6 қатынасында электрөткізгіштік мәндерінде аса көп өзгерістер байқалмайтындығын көруге болады. Сондай-ақ, ерітіндіде тек бір полимер түрі болғанда екінші полимердің болмауы ерітіндінің жоғары зарядталғандәрежеге жетуіне мүмкіндік бермейді, бұл жағдай ерітіндінің қажетті физика-химиялық қасиеттерінеқол жеткізу үшін әртүрлі полимерлер арасындағы өзара әрекеттестіктің маңыздылығын көрсетеді.

2-суретте КУ-2-8:П4ВП интерполимерлі жүйесінің рН шамасының әр түрлі мольдік қатынастары мен уақытқа тәуелділігі көрсетілген. Қашықтықтан өзара әсер ету нәтижесінде КУ-2-8:П4ВП интерполимерлі жүйесінде барлық уақыт кезеңдерінде 6:0 қатынасында 2.5 сағаттан кейін ортаның рН мәні максимумға 7.65-ке дейін көтерілген. Әр түрлі уақыт аралықтарында (1; 2.5; 6 және 24 сағат) КУ-2-8:П4ВП интерполимерлік жүйесінің рН шамасы үлкен өзгерістерді көрсетті. Уақытқа байланысты өзгерістер 6:0 қатынасында 1 сағатта 6.2-ге төмендегеннен кейін, 2.5 сағаттан соң бірден көтерілді.



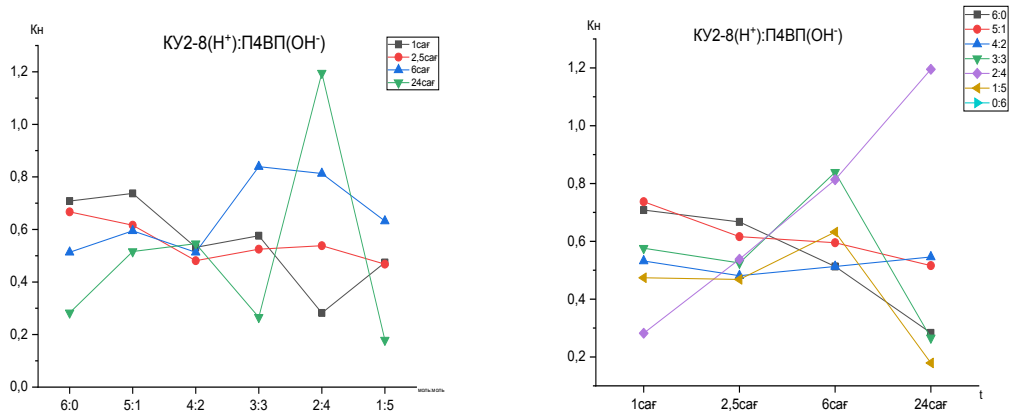
Сурет 2. КУ2-8:П4ВП интерполимерлі жүйесінің рН ортасының мольдік қатынастарына және уақытқа байланысты өзгерісі

5:1 қатынасында сутектік көрсеткіш 2.5 сағатта біршама жоғарылап, қайта төмендеген, мұнда рН жалпы тенденциядан ауытқу байқалады. Бұл тәжірибенің

басында күрделірек химиялық процестің болуы мүмкін екенін көрсетеді. Бұл кезде полимер тізбектерінің диссоциациялануымен байланысты әсерлер ортаның рН-на толық әсер етпеуі немесе ерітіндінің рН-ын уақытша тұрақтандыратын ион алмасу процесі орын алғандығын болжауға болады. Жүйеде сулы ортаның рН мәні гидроксил иондарының санының басым екенін көрсетеді. Бұл құбылыс азот атомының су молекуласымен әрекеттесуі нәтижесінде сулы ерітіндіге гидроксил иондарының бөлінуі мен басқа реакциялардың әсерінен болуы мүмкін.

Ортаның рН көрсеткіші 4:2 қатынасында бастапқы деңгеймен салыстырғанда бір тәуліктен кейін 4.8-ге дейін төмендеді, бұл өзгеріс молекула аралық байланыстар таралуымен түсіндіріледі. Уақыт өткен сайын полимерлердің барлық қатынасында дерлік рН мәнінің төмендегені және сутек иондарының концентрациясының артқаны байқалады. Бұл құбылыс П4ВП гидрогелінің амин топтарының протондануымен және сулы ортадағы еркін протондар концентрациясының жоғарлауымен түсіндіріледі. рН мәнінің төмендеуі ерітіндінің қышқылдығының артуына себеп болатын химиялық процестердің пайда болуын білдіреді. Зерттеу барысында 6 және 24 сағаттан кейін полимерлердің 3:3; 2:4 және 1:5 қатынастарында айтарлықтай өзгерістер байқалмаған, рН мәні біртіндеп төмендеген.

3-ші суретте П4ВП қатысында КУ-2-8 ісіну дәрежесінің сулы ортадағы полимерлердің мольдік қатынастарына және уақытқа тәуелді өзгерісі сипатталған. 6:0 қатынасында, яғни ерітіндіде тек катионит КУ-2-8 болғанда, ісіну коэффициенті барлық уақыт аралықтарында салыстырмалы түрде өзгермейді және төмен мәнді көрсетеді, себебі анионит П4ВП болмаған кезде катионит КУ-2-8 суды сіңіру қабілетінің шектеулі екенін көрсетеді.



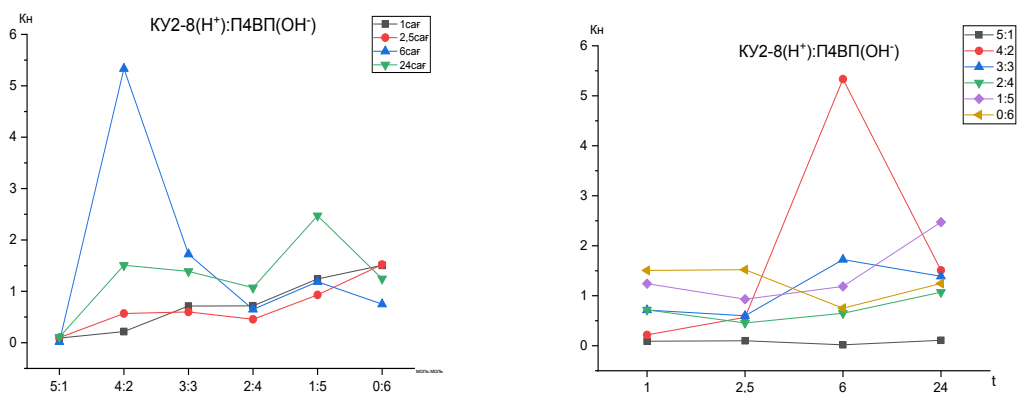
Сурет 3. П4ВП (анион алмастырғыш) қатысында КУ2-8 ісіну коэффициентінің мольдік қатынастарына және уақытқа байланысты өзгерісі

Ісіну байланыстарының айтарлықтай ауытқуы 5:1, 4:2 және 3:3 қатынастарында байқалады. Бұл катион алмастырғыш ретінде КУ-2-8 ион алмастырғыш шайыры, ал анион алмастырғыш ретінде П4ВП арасындағы күрделі өзара әрекеттесуді

көрсетуі мүмкін, бұл полимерлердің құрлымы мен қасиеттерінің өзгеруіне әкеледі, олардың ісіну қабілетіне әсер етеді. Бұл жүйеде тек бір ғана полимер, яғни ерітіндіде тек катионит КУ-2-8 болғанда суды жұту мүмкіндігі төмен болады, оның себебі ісіну дәрежесі көптеген жағдайларда тұрақты және төмен болады. Қашықтықтан әсер ету нәтижесінде 24 сағаттан кейін 2:4 қатынасында ісіну дәрежесі максималды 1.2 мәнге жетіп, ары қарай 1:5 қатынасында күрт төмендеуі байқалады, мұндай өзгерістер полимердің құрлымының қысылуынан туындауы мүмкін.

Суреттен байқағанымыздай полимерлі торлардың ісіну дәрежесі 3:3 қатынасында 6 сағаттан соң жоғарылап, уақыттың ағымына байланысты жүйелі түрде төмендегенін көре аламыз. Себебі, полимерлердің бастапқы кезеңінде ісіну дәрежесі уақытқа байланысты өсіп, қажетті уақытқа келгенде біртіндеп сулы полимер құрлымының қаныққандығын, яғни, ісіну дәрежесінің тұрақталатынын байқаймыз. Полимерлердің ісіну дәрежесі 2:4 және 1:5 қатынас аймақтарында күрт төмендегені байқалады, себебі концентрациясының төмендігіне және негізгі топтардың ісіну жылдамдығының жеткіліксіздігіне байланысты.

4-ші суретте әртүрлі мольдік қатынастарында (5:1; 4:2; 3:3; 2:4; 1:5 және 0:6) П4ВП ісіну дәрежесінің өзгерістері келтірілген.



Сурет 4. КУ-2-8 (катион алмастырғыш) қатысында П4ВП ісіну коэффициентінің мольдік қатынастарына және уақытқа байланысты өзгерісі

Қашықтықтан бір-бірімен әрекеттесу нәтижесінде сулы ортада негізгі анионит П4ВП катионит КУ-2-8 қатысында 4:2 қатынасында 6 сағаттан кейін ісіну дәрежесі ең жоғарғы 5.45 максимум деңгейіне көтерілген. Ал осы қатынаста басқа уақыт аралықтарында ондай белсенділік байқалмайды. 3:3 қатынасында 6 сағатта басқа қатынас аймақтарымен салыстырғанда ісіну коэффициентінің өзгерістері көрінеді. Суреттен барлық уақыт аралықтарында (1; 2.5; 6; 24 сағатта) 5:1 және 2:4 қатынастарында полимер бөлшектерінің өлшемдері сулы ортада қозғала алмай аса қатты өзгеріске ұшырамағаны байқалады, себебі ерітіндіде жаңа иондардың пайда болмағанымен байланысты деп айтуға болады. Сонымен

қатар полимерлердің қашықтықтан өзара әрекеттесу салдарынан бір тәуліктен соң жоғарғы ісіну дәрежесі 1:5 қатынасында байқалған, нәтижесінде жүйенің сіңіру қабілеті әртүрлі уақыт аралықтарында жоғарылайды. Жүйеде тек бір ғана полимер анионит П4ВП болғанда тұрақты қасиетке ие болады, өйткені ісіну дәрежесінде 0:6 қатынасында ешқандай өзгеріс байқалмайды.

### **Қорытынды.**

Сулы ортада КУ-2-8 (катион алмастырғыш) пен П4ВП (анион алмастырғыштың) өзара активтенуінің өзгерістері анықталып, олардың өзгеше зарядталған иондармен бейтарапталмаған иондар түзе отырып өзара қашықтықтан әрекеттесетіндігін көрсетті. Алынған зерттеу қорытындыларынан ортаның меншікті электрөткізгіштігі, рН ортасының және ісіну коэффициентінің біршама өзгерістері талданып, сараптамалар жүргізілді.

Осыған орай, ионалмастырғыштардан тұратын интерполимерлік жүйелер үшін меншікті электрөткізгіштік және рН ортасының өзгерістері бойынша алынған тәжірибелік нәтижелер құрамдастарының бірінің бастапқы күйінің өзгеруі ион алмастырғыштар мен интерполимер жүйелерінің электрохимиялық әрекетін айтарлықтай өзгертетінін көрсетеді, бұл өнеркәсіптік ион алмастырғыштардың қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. Бұл өзгерістерге сулы ортаға әр полиэлектролиттен бөлінген төмен молекулалық иондардың өзара әрекеттесуі үлес қосады деп болжам жасалды. Зерттеу нәтижесінде интерполимерлі жүйедегі полимерлердің қашықтықтан әрекеттесуі олардың торап аралық байланыстарының конформациялық өзгерістеріне алып келеді, олар қосымша ісінуге ұшырайды.

### **Әдебиеттер**

Жұмаділов Т.К., Имангазия.М., Химерсен Х., Хапонюк Дж.Т. (2023). Өнеркәсіптік ион алмастырғыштардың скандий сульфаты ерітіндісіндегі электрохимиялық және сорбциялық тепе-теңдікке қашықтықтан әсер етуі. // *Polymer Bulletin*, 81, 1-19.

Жұмаділов Т.К., Тотхусқызы Б., Малимбаева З., Кондауров Р., Имангазы А.М., Химерсен Х., Гразулевичиус Ю.В. (2021). Неодимий Мен Скандий Иондарының Радиустарының IR120 Және АВ-17-8 Амберлитінің Сорбциялық Динамикасына Әсері. // *Материалдар*, 14, 5402.

Жұмаділов Т.К., Ысқақ Л.К., Мырзахметова Н.О. (2023). Церий иондарының ir120 және АВ-17-8 ион-ион алмастырғыш шайырларының негізінде интерполимер жүйесі арқылы сорбциялану ерекшеліктері. // *Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым Академиясының Хабарлары. Химия және технология сериясы*, 1 (454), 37-46.

Lee, J., Kurniawan, Hong, H.J., Chung, K.W., Kim, S. (2020). Платина, палладий және родийді ион алмастырғыш шайырдың көмегімен сулы ерітінділерден бөлу. // *A review. Sep. Purif. Technol.*, 246-248.

Луиджи, Г., Андреа, К., Алессандро, Т., Джорджио, М. (2020). Ағынды суларды тазартуға арналған электродиализ. (Био-) Мембраналардағы қазіргі Тенденциялар және Болашақтағы Даму. // *Elsevier*, 141-192.

Мұхаммед, Р.Х., Найере, Д., Дэвид, Г.Х., Эйми, К., Уильям, М.Г., Майкл, Д.М. (2018). Ылғалды тұрақты және механикалық берік целлюлоза нанопибрилдері (CNF) негізіндегі гидрогель. // *Polymer*, 151, 231-241.

Ойен М.Л. (2023). Гидрогель материалдарының механикалық сипаттамасы. // *International Materials Review*, Vol. 5 No 1. pp. 44–59.

Смолинская-Кемписти, К., Сикерка, А., Бряк, М. (2020). Капмик процесіне арналған интерполимерлі ион алмасу мембраналары. *Тұзсыздандыру*, 482-487.

Шалла, А.Х., Ясин, З., Бхат, М.А., Рангрис, Т.А., Масвальм, М. (2019). Металл иондарын



гидрогельдермен жоюға арналған соңғы шолу. // *Separation Science and Technology*, Vol 54. No 1. pp. 89–100.

Утешева, А.А., Жұмаділов, Т.К., Гразулевичиус, Ж.В. (2022). Уранил иондарына жоғары сорбциялық белсенділігі бар интерполимерлі жүйелердің өзін-өзі ұйымдастыруы. // *Сәтбаев Университетінің инженерлік Журналы*, 144 (2), 22-27.

### References

Jumadilov T. K., Imangazy A.M., Khimersen Kh., Haponiuk J.T. (2023). Remote interaction effect of industrial ion exchangers on the electrochemical and sorption equilibrium in scandium sulfate solution. // *Polymer Bulletin*, 81, 1-19.

Jumadilov T. K., Totkhuskyzy B., Malimbayeva Z., Kondaurov R., Imangazy A.M, Khimersen K., Grazulevicius J.V. (2021). Impact of Neodymium and Scandium Ionic Radii on Sorption Dynamics of Amberlite IR120 and AB-17-8 Remote Interaction. // *Materials*, 14, 5402.

Jumadilov T.K., Yskak L.K, Myrzakhmetova N.O. (2023). Features of sorption of cerium ions by the interpolymer system based on amberlite ir120 and ab-17-8 ion-exchange resin. // *News of The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Series Chemistry and Technology*, 1(454), 37-46.

Lee J., Kurniawan Hong H.J., Chung K.W., Kim S.(2020). Separation of platinum, palladium and rhodium from aqueous solutions using ion exchange resin. // *A review. Sep. Purif. Technol*, 246-248.

Luigi G., Andrea C., Alessandro T., Giorgio M. (2020).Electrodialysis for wastewater treatment. *Current Trends and Future Developments on (Bio-) Membranes*. // Elsevier, 141-192.

Muhammad R. H., Nayereh D, David G. H., Aimee C., William M. G., Michael D. M. (2018).Wet stable and mechanically robust cellulose nanofibrils (CNF) based hydrogel. *Polymer*, 151, 231-241.

Oyen M. L. (2023). Mechanical characterisation of hydrogel materials. // *International Materials Review*, Vol. 5 No 1. pp. 44–59.

Smolinska-Kempisty K., Siekierka A., Bryjak M. (2020). Interpolymer ion exchange membranes for CapMix process.Desalination, 482-487.

Shalla A. H., Yaseen, Z., Bhat, M. A., Rangreez, T. A., Maswal M.(2019). Recent review for removal of metal ions by hydrogels. // *Separation Science and Technology*, Vol 54. No 1. pp. 89–100.

Utesheva A.A., Jumadilov T.K., Grazulevicius J.V. (2022). Self-organization of interpolymer systems with high sorption activity to uranyl ions. *Engineering Journal of Satbayev University*, 144(2), 22–27.

## CONTENTS

### PHYSICS

- A. Bekeshev, A. Mostovoy, M. Akhmetova, L. Tastanova**  
RESEARCH ON THE PROPERTIES OF EPOXY COMPOSITE MATERIALS  
INCORPORATING MODIFIED MINERAL FILLERS.....5
- G. Yensebaeva, I. Makhambayeva, A.Seitmuratov, K. Kanibaikyzy,  
Z. Suleimenova**  
PROBLEMS ON THE PROPAGATION OF HARMONIC WAVES UNDER  
RHEOLOGICAL VISCOUS PROPERTIES OF A MATERIAL.....16
- A.A. Zhadyranova, V. Zhumabekova, U. Ismail, D. Nassirova**  
EXPLORING THE POTENTIAL OF YUKAWA USING THE FIZO EFFECT.....33
- A. Istlyaup, L. Myasnikova, A. Lushchik**  
COMPUTER SIMULATION OF THE DENSITY OF STATE NaX (X = F, Cl)  
NANOOBJECTS.....49
- G.T. Omarova, Zh.T. Omarova**  
TO THE ORBITAL DYNAMICS WITH VARIABLE ECCENTRICITY.....61
- A.V. Serebryanskiy, Ch.T. Omarov, G.K. Aimanova, M.A. Krugov**  
SPECTRAL OBSERVATIONS OF GEOSTATIONARY SATELLITES AT THE  
ASSY-TURGEN OBSERVATORY IN KAZAKHSTAN.....69
- A.K. Shongalova, A. Sailaubek, A.E. Kemelbekova**  
OBTAINING BULK CRYSTALS OF ANTIMONY OXYCHLORIDE AND  
STUDYING ITS STRUCTURAL CHARACTERISTICS.....82
- S.A. Shomshekova, L.K. Kondratyeva, I.M. Izmailova, C.T. Omarov**  
INFRARED OBSERVATIONS OF SYMBIOTIC STARS FROM A CISLUNAR  
ORBIT: OBJECTIVES AND PROSPECTS.....90

### CHEMISTRY

- A. Abdullin, ©N. Zhanikulov, B. Taimasov, E. Potapova**  
INVESTIGATION OF CHEMICAL RESISTANCE OF ZINC-PHOSPHATE  
CEMENT UNDER INFLUENCE OF AGGRESSIVE ENVIRONMENTS.....103
- G. Baisalova, Zh. Tukhmetova, B. Torsykbaeva, A. Shukirbekova, Zh. Ussen**  
CHEMICAL CONSTITUENTS OF HEXANE EXTRACT OF LYTHRUM  
SALICARIA L. ROOTS.....115

- N. Bolatkyzy, A.B. Amangeldi, B.E. Dyusebaev, G.E. Berganayeva, M.A. Dyusebaeva**  
STUDY OF AMINO ACIDS AND FATTY ACIDS IN THE COMPOSITION OF THE AERIAL PART OF RUBUS HYBRID.....125
- A.A. Duisenbay, E.K. Assembayeva, M.O. Kozhakhliyeva, D.E. Nurmukhanbetova, A.Zh. Bozhbanov**  
PHYSICOCHEMICAL INDICATORS AND SAFETY OF SOURDOUGH BREAD.....135
- T.K. Jumadilov, G.T. Dyussebayeva, Zh.S. Mukatayeva, J.V. Gražulevicius**  
INVESTIGATION OF ELECTROCHEMICAL AND CONFORMATIONAL PROPERTIES OF INTERPOLYMER SYSTEMS OF CATIONITE KU-2-8 AND ANIONITE P4VP.....146
- V.N. Kryuchkov, I.V. Volkova, A.V. Mozharova, L.K. Seidaliyeva, F.K. Nurbayeva, K.A. Jumasheva**  
MORPHOLOGY OF THE MESONEPHROS IN CARP UNDER EXPERIMENTAL INTOXICATION.....157
- M.K. Kurmanaliev, Zh.D. Alimkulova, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova**  
NEW SORBENTS BASED ON TIACROWN ETHERS: PREPARATION AND APPLICATION FOR SILBER EXTRACTION.....168
- M.T. Telmanov, B.Kh. Khussain, A.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy**  
CREATION OF DIGITAL TWINS, INCLUDING THE DECARBONISATION MODULE, IN MODELLING AND VISUALISATION OF FLUE GAS CLEANING SYSTEMS IN INDUSTRIAL PLANTS.....179

## МАЗМҰНЫ

### ФИЗИКА

**А. Бекешев, А. Мостовой, М. Ахметова, Л. Тастанова**  
ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН МИНЕРАЛДЫ ТОЛТЫРҒЫШТАР ҚОСЫЛҒАН  
ЭПОКСИДТІК КОМПОЗИТТІК МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН  
ЗЕРТТЕУ.....5

**Г. Еңсебаева, И. Махамбаева, А. Сейтмұратов, Қ. Қанибайқызы, Ж. Сүлейменова,**  
МАТЕРИАЛДЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ТҮТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ НЕГІЗІНДЕ  
ГАРМОНИЯЛЫҚ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУ ЕСЕБІ.....16

**А.А. Жадыранова, В. Жумабекова, У. Исмаил, Д. Насирова**  
ФИЗО ЭФФЕКТИСІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЮКАВА ПОТЕНЦИАЛЫН  
ЗЕРТТЕУ.....33

**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**  
NaX (X = F, Cl) НАНООБЪЕКТІЛЕРІНІҢ КҮЙ ТЫҒЫЗДЫҒЫН  
КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ.....49

**Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова**  
АЙНЫМАЛЫ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТІ БАР ОРБИТАЛЫҚ ДИНАМИКАҒА.....61

**А.В. Серебрянский, Ч.Т. Омаров, Г.К. Айманова, М.А. Кругов**  
ҚАЗАҚСТАНДА АССЫ-ТҮРГЕН ОБСЕРВАТОРИЯСЫНДА ГЕОТҰРАҚТЫ  
СЕРІКТЕРДІҢ СПЕКТРЛІК БАҚЫЛАУЛАРЫ.....69

**А.Қ. Шонғалова, А. Сайлаубек, А.Е. Кемелбекова**  
СУРЬМА ОКСИХЛОРИДІНІҢ КӨЛЕМДІ КРИСТАЛДАРЫН АЛУ ЖӘНЕ  
ОНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ.....82

**С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова, Ч.Т. Омаров**  
АЙҒА ЖАҚЫН ОРБИТАДАҒЫ СИМБИОТИКАЛЫҚ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ  
ИНФРАҚЫЗЫЛ БАҚЫЛАУЛАРЫ: МІНДЕТТЕРІ МЕН БОЛАШАҒЫ.....90

### ХИМИЯ

**А. Абдуллин, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова**  
МЫРҒЫШ-ФОСФАТТЫ ЦЕМЕНТІНІҢ АГРЕССИВТІ ОРТАНЫҢ ӘСЕРІНЕ  
ХИМИЯЛЫҚ ТӨЗІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ.....103

**Ғ. Байсалова, Ж. Тухметова, Б. Торсыкбаева, А. Шукирбекова, Ж. Усен**  
*LYTHRUM SALICARIA L.* ТАМЫРЛАРЫНЫҢ ГЕКСАНДЫ СЫҒЫНДЫСЫНЫҢ  
ХИМИЯЛЫҚ КОМПОНЕНТТЕРІ.....115

- Н. Болатқызы, А.Б Амангелді, Б.Е Дюсебаев, Г.Е Берганаева,  
М.А Дюсебаева**  
*RUBUS HYBRID* ӨСІМДІГІНІҢ ЖЕР ҮСТІ БӨЛІГІНІҢ ҚҰРАМЫНАН АМИН  
ЖӘНЕ МАЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫН ЗЕРТТЕУ.....125
- А.А. Дуйсенбай, Э.К. Асембаева, М.О. Кожახиева, Д.Е. Нурмуханбетова,  
А.Ж. Божбанов**  
ҰЙЫТҚЫ ҚОСЫЛҒАН НАННЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ  
МЕН ҚАУІПСІЗДІГІ.....135
- Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс**  
КАТИОНИТ КУ-2-8 ЖӘНЕ АНИОНИТ П4ВП ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК  
ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ КОНФОРМАЦИЯЛЫҚ  
ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....146
- В.Н. Крючков, И.В. Волкова, А.В. Можарова, Л.К. Сейдалиева,  
Ф.К. Нурбаева, К.А. Джумашева**  
ЭКСПЕРИМЕНТТІК ИНТОКСИКАЦИЯ КЕЗІНДЕГІ ТҰҚЫ  
МЕЗОНЕФРОСЫНЫҢ МОРФОЛОГИЯСЫ.....157
- М.Қ. Құрманалиев, Ж.Д. Алимқұлова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Әбілқасова,**  
ТИАКРАУН-ЭФИРЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ ЖАҢА СОРБЕНТТЕР: АЛУ ЖӘНЕ  
КҮМІСТІ БӨЛУ ҮШІН ҚОЛДАНУ.....168
- М.Т. Тельманов, Б.Х. Хусаин, А.Х. Хусаин, А.Р. Бродский**  
ЦИФРЛЫҚ ЕГІЗДЕРДІ ҚҰРУ, ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ МОДУЛІМЕН БІРГЕ  
ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ ТҮТІН ГАЗДАРЫН ТАЗАРТУ  
ЖҮЙЕЛЕРІН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУ.....179

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКА

**А. Бекешев, А. Мостовой, М. Ахметова, Л. Тастанова**  
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ  
НАПОЛНИТЕЛЯМИ.....5

**Г. Енсебаева, И. Махамбаева, А. Сейтмуратов, К. Канибайкызы,  
Ж. Сулейменова**  
ЗАДАЧИ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВОЛН ПРИ  
РЕОЛОГИЧЕСКИХ ВЯЗКИХ СВОЙСТВАХ МАТЕРИАЛА.....16

**А.А. Жадыранова, В. Жумабекова, У. Исмаил, Д. Насирова**  
ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЮКАВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА  
ФИЗО.....33

**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**  
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ СОСТОЯНИЯ  
НАНООБЪЕКТОВ NaX (X = F, Cl).....49

**Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова**  
К ОРБИТАЛЬНОЙ ДИНАМИКЕ С ПЕРЕМЕННЫМ  
ЭКЦЕНТРИСИТЕТОМ.....61

**А.В. Серебрянский, Ч.Т. Омаров, Г.К. Айманова, М.А. Кругов**  
СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ НА  
ОБСЕРВАТОРИИ АССЫ-ТУРГЕНЬ В КАЗАХСТАНЕ.....69

**С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова, Ч.Т. Омаров**  
ИНФРАКРАСНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ СИМБИОТИЧЕСКИХ ЗВЕЗД  
С ОКОЛОЛУННОЙ ОРБИТЫ: ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....82

**А.К. Шонгалова, А. Сайлаубек, А.Е. Кемелбекова**  
ПОЛУЧЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ КРИСТАЛЛОВ ОКСИХОЛОРИДА СУРЬМЫ И  
ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....90

### ХИМИЯ

**А. Абдуллин, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова**  
ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЦИНК-ФОСФАТНОГО  
ЦЕМЕНТА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АГРЕССИВНЫХ СРЕД.....103



- Г. Байсалова, Ж. Тухметова, Б. Торсыкбаева, А. Шукирбекова, Ж. Усен**  
ХИМИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ГЕКСАНОВОГО ЭКСТРАКТА КОРНЕЙ  
*LYTHRUM SALICARIA* L.....115
- Н. Болаткызы, А.Б Амангелди, Б.Е. Дюсебаев, Г.Е Берганаева,  
М.А Дюсебаева**  
ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТ И ЖИРНЫХ КИСЛОТ В  
СОСТАВЕ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *RUBUS HYBRID*.....125
- А.А. Дуйсенбай, Э.К. Асембаева, М.О. Кожахиева, Д.Е. Нурмуханбетова,  
А.Ж. Божбанов**  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ХЛЕБА  
С ЗАКВАСКОЙ.....135
- Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс**  
ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И КОНФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ  
ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ КАТИОНИТА КУ-2-8 И АНИОНИТА  
П4ВП.....146
- В.Н. Крючков, И.В. Волкова, А.В. Можарова, Л.К. Сейдалиева,  
Ф.К. Нурбаева, К.А. Джумашева**  
МОРФОЛОГИЯ МЕЗОНЕФРОСА КАРПА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ  
ИНТОКСИКАЦИИ.....157
- М.К. Курманалиев, Ж.Д. Алимкулова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова**  
НОВЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ТИАКРАУН-ЭФИРОВ: ПОЛУЧЕНИЕ И  
ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЕРЕБРА.....168
- М.Т. Телманов, Б.Х. Хусаин, А.Х. Хусаин, А.Р. Бродский**  
СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ, ВКЛЮЧАЯ МОДУЛЬ  
ДЕКАРБОНИЗАЦИИ, ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ  
ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ.....179

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

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

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the 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](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.

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>**

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

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 13.12.2024.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

12,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.