

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

2024 • 3



«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 Тілекқабил 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, Корей 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 онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович, 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-Маджида Хамдард университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжінің 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

КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

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

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

ЖҮСІПОВ 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)

Меніңктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № КЗ93 ВРҰ00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

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

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

ЛЮКШИН 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, акушерства 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

ЦЕЛЕТКИН Игорь Александрович, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (США), Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных 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 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 Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), Н = 28

ЖУСУПОВ 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 Жабгаевич, 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 Rakhmetkazhi 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 3. Number 351 (2024), 83–95

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.299>

ЭОЖ (УДК) 669.822.3 + 535.34-1

FTAXP (МРПТИ) 31.19.15

© **A.S. Dauletbayev**^{1*}, **K.A. Kadirbekov**^{2,3}, **S.O. Abilkasova**¹,
L.M. Kalimoldina¹, **Zh.S. Mukhatayeva**⁴ 2024.

¹«Almaty Technological University» JSC, Almaty, Kazakhstan;

²«A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences» JSC, Almaty, Kazakhstan;

³«Semizbay-U» LLP of NAC «Kazatomprom», Astana, Kazakhstan;

⁴Kazakh National Pedagogical University named after Abay, Almaty, Kazakhstan.

E – mail: aklakz@mail.ru

PURIFICATION OF WASTE SOLUTIONS GENERATED DURING URANIUM PRODUCTION WITH POLYMER FLOCCULANTS

A.S. Dauletbayev Almaty Technological University, senior lecturer of the Department of «Chemistry, Chemical Technology and Ecology», E–mail: aklakz@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8657-5495>;

K.A. Kadyrbekov «A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences» JSC, Associate Professor, Head of Laboratory of Oil Chemistry and Petrochemical Synthesis, Doctor of Chemical Sciences, E–mail: kkairati@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-3141-7661>;

S.O. Abilkasova Almaty Technological University, senior lecturer of the Department «Chemistry, chemical technology and ecology», Candidate of Chemical Sciences, E–mail: sandy_ao@mail.ru
Orcid ID 0000-0001-8322-4592;

L.M. Kalimoldina Almaty Technological University, senior lecturer of the Department of «Chemistry, Chemical Technology and Ecology», Candidate of Technical Sciences, E–mail: kalimoldina.laila@mail.ru. Orcid ID 0000-0003-4397-9629;

J.S. Mukhatayeva Kazakh National Pedagogical University named after Abay, PhD in Chemistry, Associate Professor, E–mail: jazira-1974@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-1584-5810>

Abstract. The article presents a method for treatment circulating solutions formed during uranium mining using polymer flocculants. The formation of large-tonnage acidic recycling solutions during uranium mining at the Irkol mine (Semizbay-U LLP) and improvement of technologies for their treatment is an urgent problem. Uranium minerals are extracted from ores by acid or alkaline methods of leaching technology. In turn, these recycled solutions are deposited in reservoirs and reused, i.e. they participate in uranium dissolution in the uranium mining technological cycle.

During the study, the elemental analysis of the composition of the circulating solutions was determined using a D8 Advance (Bruker) X-ray phase detector and their interaction with polymer flocculants was investigated. It is shown that the main components of the dry residue of the sample of reducing solution are quartz (92%) and other silicon compounds. There are also dissolved salts (mainly sulfates) of iron, aluminum, calcium, magnesium and potassium and their hydroxides.

Modern analytical instruments, atomic adsorption, X-ray phase, X-ray spectral methods and QicPicLyxell apparatus, which allows to determine the particle size, were used in the article. It is shown that polymeric flocculants remove dispersed colloidal compounds from circulating solutions and allow their purification. Purification processes are provided to accelerate rapid separation of low sedimentation suspension particles. Depending on the nature and dosage of polymeric flocculants, the possibilities and dependencies of the degree of purification of circulating solutions are considered. The process of flocculus formation by polymeric flocculants or aggregation of large particles by flocculation is studied on the QicPicLyxell apparatus. It is shown that the formation of larger particles leads to a higher level of purification of recycled solutions.

Keywords: uranium, recycled solutions, leaching, polymeric flocculants, dispersed particles, colloidal particles.

© Ә.С. Дәулетбаев^{1*}, К.А. Кадирбеков^{2,3}, С.О. Абилкасова¹,
Л.М. Калимолдина¹, Ж.С. Мұқатаева⁴

¹Алматы технологиялық университеті АҚ Алматы, Қазақстан;

²«Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты АҚ»
Алматы, Қазақстан;

³«Семізбай-У» ЖШС «Казатомөнеркәсіп» ҰАК, Астана, Қазақстан;

⁴Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті,
Алматы, Қазақстан.

E-mail: aklakz@mail.ru

УРАН ӨНДІРУ БАРЫСЫНДА ТҮЗІЛЕТІН ҚАЙТАРЫМДЫ ЕРІТІНДІЛЕРДІ ПОЛИМЕРЛІ ФЛОКУЛЯНТТАРМЕН ТАЗАЛАУ

Ә.С. Дәулетбаев Алматы технологиялық университеті, «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының сениор-лекторы, E-mail: aklakz@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-8657-5495>;

Қ.А. Қадырбеков «Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Мұнай химиясы және мұнай химиялық синтез зертханасының меңгерушісі, доцент, химия ғылымдарының докторы, E-mail: kkairati@mail.ru, E-mail: kkairati@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0003-3141-7661>;

С.О. Абилкасова Алматы технологиялық университеті, «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының сениор-лекторы, техника ғылымдарының кандидаты, E-mail: sandy_ao@mail.ru, Orcid ID 0000-0001-8322-4592;

Л.М. Калимолдина Алматы технологиялық университеті, «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының сениор-лекторы, техника ғылымдарының кандидаты, E-mail: kalimoldina.laila@mail.ru, Orcid ID 0000-0003-4397-9629;

Ж.С. Мұқатаева Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, PhD, қауымдастырылған профессор, E-mail: jazira-1974@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-1584-5810>.

Аннотация. Бұл мақалада уран өндіру барысында түзілетін айналымдағы ерітінділерді полимерлі флокулянттармен тазалау әдісі қарастырылған. «Ирколь» кенішіндегі (Семізбай-У, ЖШС) уран өндірудегі кең

көлемде қышқылды қайтарымды ерітінділердің түзілуі, оларды тазарту технологияларын жетілдіру өзекті мәселе болып табылады. Уран минералдарын кендерден қышқылды немесе сілтілі әдістер арқылы сілтілендіру технологиясымен алынады. Өз кезегінде бұл қайтарымды ерітінділер резервуарларда тұндырылынып қайта пайдалануға, яғни уран алу технологиялық цикліне қайта уранды ерітуге қолданылады.

Зерттеу барысында D8 Advance (Bruker) рентгендік фазалық аппаратында қайтарымды ерітінділердің құрамына элементтік талдау жасалып, олардың полимерлі флокулянттармен әрекеттесуі анықталған. Қайтарымды ерітінді үлгісінің құрғақ қалдығының негізгі компоненттері кварц (92%) және басқа кремний қосылыстары болып табылатынын көрсетті. Темірдің, алюминийдің, кальцийдің, магнийдің және калийдің еріген тұздары (негізінен сульфаттары) және олардың гидроксидтері де кездесетіні байқалады.

Мақалада озық аналитикалық құрылғылар, соның ішінде атомды адсорбциялық, рентгенофазалық, рентгендік спектрлік әдістер мен аппараттар, бөлшектің өлшемін анықтай алатын QicPicLuxell аппараты қолданылған. Полимерлі флокулянттардың қайтарымды ерітінділердегі дисперсті коллоидты қосылыстарды жойып, оның тазаруына мүмкіндік беретіні көрсетілген. Шөгуге төмен суспензия бөлшектерінің тез бөлінуін жеделдету мақсатында тазарту процестері қарастырылған. Полимерлі флокулянттардың табиғатына және дозасына байланысты қайтарымды ерітінділерді қаншалықты тазалау тәуелділіктері мен мүмкіндіктері қарастырылған. Полимерлі флокулянттардың флокула түзілу процесі немесе флокуляция арқылы ірі бөлшектердің пайда болуы QicPicLuxell аппаратында зерттелген. Ірі бөлшектердің неғұрлым көптеп түзілуі қайтарымды ерітінділердің жоғары деңгейде тазалануына алып келетіндіктері көрсетілген.

Түйін сөздер: уран, қайтарымды ерітінділер, сілтілендіру, полимерлі флокулянттар, дисперсті бөлшектер, коллоидты бөлшектер.

© А.С. Даулетбаев^{1*}, К.А. Кадирбеков^{2,3},

С.О. Абилкасова¹, Л.М. Калимолдина¹, Ж.С.Мукатаева⁴

¹АО «Алматинский технологический университет», Алматы, Казахстан;

²АО «Институт химических наук им А.Б.Бектурова», Алматы, Казахстан;

³ТОО «Семизбай-У» НАК «Казатомпром», Астана, Казахстан;

⁴ Казахский национальный педагогический университет имени Абая,
Алматы, Казахстан.

E-mail: aklakz@mail.ru

ОЧИСТКА ОБОРОТНЫХ РАСТВОРОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ УРАНА ПОЛИМЕРНЫМИ ФЛОКУЛЯНТАМИ

А.С. Даулетбаев Алматинский технологический университет, старший преподаватель кафедры «Химия, химическая технология и экология», E-mail: aklakz@mail.ru;

К.А. Кадирбеков АО «Институт химических наук им А.Б.Бектурова», доцент, заведующий лабораторией химии нефти и нефтехимического синтеза, д.х.н., E-mail: kkairati@mail.ru;

С.О. Абилкасова Алматинский технологический университет, сениор-лектор кафедры «Химия, химическая технология и экология», к.т.н., E-mail: sandy_ao@mail.ru Orcid ID 0000-0001-8322-4592;

Л.М. Калимолдина Алматинский технологический университет, сениор-лектор кафедры «Химия, химическая технология и экология», к.т.н., E-mail: kalimoldina.laila@mail.ru. Orcid ID 0000-0003-4397-9629;

Ж.С. Мукатаева Казахский национальный педагогический университет имени Абая, PhD, ассоц. профессор, E-mail: jazira-1974@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-1584-5810>.

Аннотация. В статье представлен способ очистки оборотных растворов, образующихся при добыче урана, полимерными флокулянтами. Образование крупнотоннажных кислых оборотных растворов при добыче урана на руднике «Иркол» (ТОО «Семизбай-У») и совершенствование технологий их очистки являются актуальной проблемой. Урановые минералы извлекаются из руды кислотными или щелочными методами технологии выщелачивания. В свою очередь, эти оборотные растворы депонируются в резервуарах и используются повторно, то есть участвуют в растворении урана в технологическом цикле добычи урана.

В ходе исследования определен элементный анализ состава оборотных растворов на рентгенофазовом детекторе D8 Advance (Bruker) и исследовано их взаимодействие с полимерными флокулянтами. Показано, что основными компонентами сухого остатка пробы восстановительного раствора являются кварц (92%) и другие соединения кремния. Встречаются также растворенные соли (главным образом сульфаты) железа, алюминия, кальция, магния и калия и их гидроксиды.

В статье использованы современные аналитические приборы, атомно-адсорбционный, рентгенофазовый, рентгеноспектральные методы и аппарат QicPicLuxell, позволяющий определять размер частиц. Показано, что полимерные флокулянты удаляют дисперсные коллоидные соединения из оборотных растворов и позволяют проводить их очистку. Процессы очистки предусмотрены для ускорения быстрого разделения частиц суспензии с низким уровнем седиментации. В зависимости от природы и дозировки полимерных флокулянтов рассмотрены возможности и зависимости степени очистки оборотных растворов. Процесс образования флокулы полимерными флокулянтами или агрегация крупных частиц путем флокуляции изучен на аппарате QicPicLuxell. Показано, что образование более крупных частиц приводит к более высокому уровню очистки оборотных растворов.

Ключевые слова: уран, оборотные растворы, выщелачивание, полимерные флокулянты, дисперсные частицы, коллоидные частицы.

Кіріспе

Қазақстан табиғи уранның барланған қорлары бойынша әлемде екінші орында. Барланған әлемдік қорлардың шамамен 14% Қазақстан

Республикасының жер қойнауында шоғырланған. Елдің жалпы барланған қорлары 700 мың тоннадан астам уран болып бағаланады. Электр энергиясын өндіру үшін атом энергиясын пайдалануға қызығушылықтың артуы, көміртек қосылыстарынан энергия алу көздері жаһандық проблемалар туындатып отырғандығын көрсетеді (Adamantiades, 2009; Edwards, 2000). Атом энергетикасын дамытудың саласындағы жетістіктер ол уранды тиімді өндіру болып табылады, өйткені уран осы саладағы негізгі элемент болып табылады (Hisan, 2018; Krishnan, 2018).

Әдетте, әртүрлі кендерден уранды алу гидрометаллургиялық өңдеу әдісімен жүзеге асырылады (Ahro M, 2013; Clark et al. 2006; Wellmer, 2002). Уран минералдарын кендерден қышқылды немесе сілтілі әдістермен жүзеге асыру арқылы сілтілендіру технологиясымен алынады (Кадирбеков, 2020; Pankoon, 2018).

Алайда, осы салада уран өндіру барысында да технологиялық қиыншылықтар орын алып отырады. Қазіргі таңда солардың бірі «Ирколь» кенішіндегі (Семізбай-У, ЖШС) уран өндіру барысындағы, күн сайынғы үлкен көлемде әлсіз қышқылды қайтарымды ерітінділердің түзілуі. Өз кезегінде бұл қайтарымды ерітінділер резервуарларда тұндырылынып қайта пайдалануға, яғни уран алу технологиялық цикліне қайта уранды ерітуге қатысады. Әдетте, осы қайтарымды ерітінділер механикалық тазалау әдістерінен өткенімен ол толық тазаланбайды, оның құрамына қойылатын талаптарды қанағаттандырмайды және тазартудың қажетті дәрежесіне жету мүмкін емес (Кемельбаева, 2010, Lee, 2022, Than Van Lien 2020). Дәстүрлі механикалық тазалау әдістері, әдетте 50 микроннан асатын бөлшектерден арылуға ғана мүмкіндік береді. Қайтарымды ерітінділерде, өз кезегінде, қиын тұнбаға түсетін ұсақ бөлшектер, сондай-ақ кәсіпорынның өңдеу кешенінің технологиялық циклінде пайда болатын коллоидты бөлшектер кездеседі (Yue, 2023; Li, 2020). Бұл коллоиды қоспалар өз кезегінде уран өндіру барысындағы құрылғыларды тоздыруға да алып келеді. Сондықтан бұл мақалада уран өндіру барысында түзілетін қайтарымды ерітінділерді полимерлі флокулянттармен тазалау әдісі ұсынылған (Lockwood, 2021; Ighalo, 2024). Дисперсті фазаның ұсақ, қатты, шөгуге өте төмен суспензия бөлшектерінің тез бөлінуін жеделдету мақсатында тазарту процестері қарастырылған. Қайтарымды ерітінділердің құрамындағы элементтерге және оларға сипаттамалы зерттеулер жүргізілді. Полимерді флокулянтты қосқан кездегі түзілетін флокулялардың немесе бөлшектердің өлшемдері жан жақты қарастырылды. Қайтарымды ерітінділердегі ұсақ дисперсті қоспалардан тазарту дәрежесіне флокулянттың табиғаты мен оның мөлшерінің (дозасы) әсері зерттелді.

Әдістер мен материалдар

Жұмыста ерітінділерді дайындаудың химиялық әдістері және қазіргі заманғы химия саласындағы жетік аспаптар қолданылды: соның ішінде, атомдық-адсорбциялық спектроскопия, рентгендік дифракция, рентгендік

спектр, бөлшектің пішіні мен көлемін анықтайтын аппарат. Зерттеуге алынған полимерлі флокулянт ерітінділері дистилденген суда дайындалды. Ол үшін аналитикалық таразыда өлшенген 0,1 г флокулянтты суда еріту арқылы жүзеге асырылды.

Қайтарымды ерітіндінің үлгісі 250 мл магнитті араластырғышта 2 минут бойы араластырылды. Араластыру жиілігі 1000 айн/мин құрады. Көрсетілген уақыттан кейін жылдамдық 200 айн/мин дейін төмендетіліп және өлшенген дозада алдын ала дайындалған флокулянт қосылды. Қайтарымды ерітінділердің иондарының құрамына атомдық эмиссиялық спектрометрдің көмегімен Optima: 8000DV аппаратында талдау жасалынды. Рентгендік спектрлік және рентгендік фазалық әдістерді қолдана отырып, D8 Advance аппаратында (Bruker) қайтарымды ерітіндінің суспензиялы бөлшектерінің фазалық құрамына талдау жүргізілді. Қайтарымды ерітінді электр пешінде 105-110°C температурада құрғақ қалдыққа айналдырылды. Өз кезегінде, қайтарымды ерітінділердегі тұнба резервуарының түбінен алынып отырды.

Қайтарымды ерітіндінің бөлшектерінің өлшемдері мен пішіндерін QicPicLuxell жаңа ғылымда қолданысқа енгізілген анализаторында механикалық суспензиялардың гранулометриялық құрамын анықтау арқылы да зерттеулер жүргізілді.



Сурет 1 - QicPicLuxell анализаторы

Жұмыс барысында 1-кестеде көрсетілгендей келесі полимерлі флокулянттар қолданылды.

Кесте 1 – Полимерлі флокулянттар

Полимерлі флокулянт атауы	Маркасы	Өндіруші
Магнафлок (Magnafloc) LT24 Әлсіз катиондық	Магнафлок	Ciba Specialty Chemicals компаниясыныңкі
Суперфлок (Superfloc) A 130 аниондық	Суперфлок	KEMIRA

Праестол (Praestol) 650TR катиондық	Праестол	«MSP» компаниясы, Ресей Германия бірлескен өндірісі
Chinaflok катиондық	Chinaflok	Shandong Shuiheng Chemical Co.,Ltd. Қытай компаниясыныңкі
Суперфлок (Superfloc) N-100 ионсыз	Суперфлок	KEMIRA

Бұл флокулянттардың барлығы полиакриламид (ПАА) негізіндегі органикалық, синтетикалық, жоғары молекулалы қосылыстар. Полиакриламидті флокулянттар макромолекулалардың құрылымы мен молекулалық салмағы бойынша ерекшеленетін әртүрлі типті болып келеді. катиондық; ионсыз; аниондық.

Нәтижелер және талқылау

Алдымен, «Семізбай-У» ЖШС уран өндіру кәсіпорнының «Ирколь» кенішінің қайтарымды ерітінділерінің катиондық (элементтік) құрамдары анықталды. Осы элементтердің сипаттамасына сәйкес ары қарай зерттеулер жүргізілді және 2-кестеге байланысты мәліметтер алынды.

Кесте 2 - Қайтарымды ерітінділердің құрамы

Элемент	Si	U	Al	Fe	Mg	Ca	Mn	K	Cu	V	Ni	Cr	Sr	Sc
Қайтарымды ерітінді мг/л	66,04	43,22	427,05	400,93	330,61	205,77	37,25	9,41	1,50	8,17	0,76	0,02	6,40	0,06

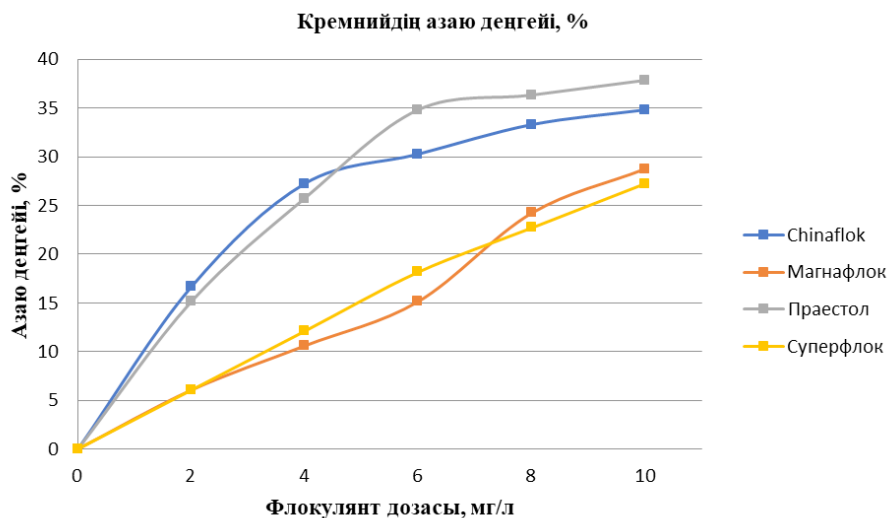
Уран өндірісіндегі қайтарымды ерітінділерде көзделген элементтен бөлек басқа металдардың негізгі бөлігін алюминий, темір, магний және кальций құрайды. Олардың мандері 300-ден 600 мг/л-ге дейінгі мөлшерлерді құрайды. Қайтарымды ерітінділерде кездесетін кейбір элементтерге кремний, марганец және ванадий жатады. Стронций, калий, никель, мыс да ерітіндіде айтарлықтай мөлшерде кездесетіні байқалады. Көзделген элементіміз уран қайтарымды ерітінділерде айтарлықтай мөлшерде кездесетінін байқауға болады. Алайда бұл элементті сорбциялау сатысында толықтай қайтарымды ерітінділерден бөліп алатыны көрсетілген.

Зерттеу барысында D8 Advance (Bruker) рентгендік фазалық аппаратында талдау барысында қайтарымды ерітінді үлгісінің құрғақ қалдығының элементтік құрамы анықталып, оның негізгі компоненттері кварц (92%) және басқа кремний қосылыстары болып табылатынын көрсетті. Сонымен қатар темірдің, алюминийдің, кальцийдің, магнийдің және калийдің еріген тұздары (негізінен сульфаттары) және олардың гидроксидтері де кездесетіні байқалады.

Қайтарымды ерітіндінің жоғары қышқылдығы оның құрамындағы SiO_2

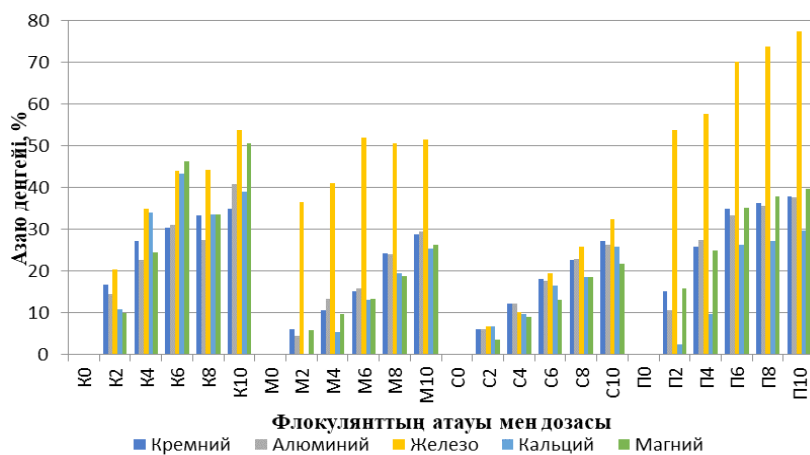
және басқа кремний қосылыстарының жоғары болуы кремний қышқылының жоғары полимерленген түрінің (гамма-формасы) түзілуіне алып келеді, ол темірдің де күрделі қосылыстарымен (немесе коллоидтарымен) байланыста болуы мүмкін, мұндай қосылыстар мақсатты элементті алу кезінде ион алмастырғыш шайырлардың пайдалану сипаттамаларын төмендететіні байқалды. Кремний қышқылының әртүрлі формаларының болуы ерітіндінің қышқылдығына байланысты да өзгеріп отырады. Осылайша, монокремний қышқылы $pH = 2,5-3$ диапазонында ең тұрақты, ал дикремний қышқылы көбірек қышқыл ерітінділерде ($pH = 1$ кезінде) тұрақты. Бейтарапқа жақын және сәл сілтілі ерітінділерде моно- және дикремний қышқылының полимерленуі тез жүреді.

Әдебиеттерден (Farjana, Shahjadi Hisan, et al. 2018) кремний қышқылы әртүрлі жағдайларда ерітін (альфа және бета түрінде) және ерімейтін полимерлі формаларда (гамма-форма) бола алатын тұрақсыз қосылыс болып табылатыны да көрсетілген. Сонымен, зерттелетін негізгі элемент қайтарымды ерітіндінің коллоиды немесе дисперсті қасиетіне тікелей қатысты кремний болғандықтан, әртүрлі концентрациядағы әртүрлі флокулянттардың кремнийдің жойылу дәрежесіне (флокуляция дәрежесі) графиктері тұрғызылды (1-сурет). Графиктерден көрініп тұрғандай, кремний концентрациясының ең үлкен төмендеуі флокулянттарды Praestol және Chinaflok қосқанда байқалады, ал Chinaflok төмен концентрацияда Praestol қарағанда біршама тиімдірек, ал жоғары концентрацияларда Praestol тиімдірек екендігін графиктерден көруге болады. Екеуіне де оңтайлы доза 5-6 мг/л құрайды.



Сурет 1 - Қайтарымды ерітінділердегі полимерлі флокулянттарды қосқандағы кремнийдің азаюы

Magnafloc және Superfloc бір сызықты өсе береді, яғни концентрациясы жоғарылаған сайын кремний мөлшері зерттелетін басқа элементтермен салыстырғанда тура пропорционалды түрде азая беретінін көруге болады. Келесі 2-суретте Magnafloc және Praestol темірді жақсы флокуляциялайтынынан көруге болады. Chinafloc темірге қатысты тиімділігі бойынша Praestol-ға жақын және одан сәл жоғары болды және басқа элементтерге қатысты біркелкі әрекет етеді. Суперфлок жоғарыда аталған флокулянттармен салыстырғанда тиімділігі төмен, сонымен бірге оның әсері элементтер арасында біркелкі аса өзгермейтінін байқауға болады. Магниттік араластырғышта оңтайлы дозаланған ең тиімді флокулянт Chinafloc ерітіндідегі дисперсті фазалардың концентрациясын төмендететіні анықталды: кремний 30%, алюминий 30%, темір 43%, кальций 42% және магний 45%.



Белгіленуі: K-Chinafloc, M-Magnafloc, S-Superfloc, P-Praestol, 2 – 10 сандар – флокулянт дозасын көрсетеді.

Сурет 2 - Зерттелетін элементтердің азаю дәрежесінің (флокуляция дәрежесі) флокулянттардың табиғатына және олардың дозасына тәуелділігі





























Барлық жүргізілген флокуляциялық процестерде келесі тенденция байқалатынын атап өту керек: дисперсті фазалық компонент концентрациясы неғұрлым жоғары болса, оған флокулянттың әсері соғұрлым тиімді болады.

Келесі зерттеулер QicPicLuxell анализаторында қайтарымды ерітінділердің құрамындағы дисперсті қатты бөлшектердің пішіндері мен өлшемдері қарастырылды. Қайтарымды ерітінді сынамаcының суспензиялы бөлшектерінің гранулометриялық талдауы нәтижесінде олардың пішіндері 50-70 мкм аралығында болатыны көрсетілді. 3-суретте олардың өлшемдері көрсетілген. Суреттен көрініп тұрғандай бөлшектердің өлшемі полимерлі флокулянтты қоспағанда, анағұрлым төмен және сұйықтық дисперсті бұлыңғыр болып тұрғанын байқауға болады.

EQPC • Sphericity Image number	54.464 μm 0.900 1	EQPC • Sphericity Image number	57.520 μm 0.888 1	EQPC • Sphericity Image number	52.327 μm 0.864 1	EQPC • Sphericity Image number	50.099 μm 0.862 1	EQPC • Sphericity Image number	60.422 μm 0.853 1
EQPC • Sphericity Image number	55.501 μm 0.824 1	EQPC • Sphericity Image number	64.087 μm 0.816 1	EQPC • Sphericity Image number	57.520 μm 0.803 1	EQPC • Sphericity Image number	55.501 μm 0.803 1	EQPC • Sphericity Image number	53.406 μm 0.801 1
EQPC • Sphericity Image number	55.501 μm 0.775 1	EQPC • Sphericity Image number	56.520 μm 0.770 1	EQPC • Sphericity Image number	56.520 μm 0.752 1	EQPC • Sphericity Image number	59.471 μm 0.749 1	EQPC • Sphericity Image number	63.191 μm 0.740 0
EQPC • Sphericity Image number	55.501 μm 0.738 1	EQPC • Sphericity Image number	71.652 μm 0.736 1	EQPC • Sphericity Image number	63.191 μm 0.734 1	EQPC • Sphericity Image number	50.099 μm 0.723 1	EQPC • Sphericity Image number	53.406 μm 0.710 1
EQPC • Sphericity Image number	69.222 μm 0.705 1	EQPC • Sphericity Image number	56.520 μm 0.689 1	EQPC • Sphericity Image number	60.422 μm 0.673 1	EQPC • Sphericity Image number	63.191 μm 0.672 0	EQPC • Sphericity Image number	53.406 μm 0.671 1
EQPC • Sphericity Image number	55.501 μm 0.671 1	EQPC • Sphericity Image number	56.520 μm 0.655 1	EQPC • Sphericity Image number	52.327 μm 0.643 1	EQPC • Sphericity Image number	63.191 μm 0.643 0	EQPC • Sphericity Image number	66.704 μm 0.635 1
EQPC • Sphericity Image number	53.406 μm 0.631 1	EQPC • Sphericity Image number	70.851 μm 0.628 1	EQPC • Sphericity Image number	70.042 μm 0.625 1	EQPC • Sphericity Image number	73.227 μm 0.622 1	EQPC • Sphericity Image number	65.844 μm 0.621 1
EQPC • Sphericity Image number	63.191 μm 0.601 1	EQPC • Sphericity Image number	51.225 μm 0.592 1	EQPC • Sphericity Image number	66.704 μm 0.587 1	EQPC • Sphericity Image number	55.501 μm 0.585 1	EQPC • Sphericity Image number	66.704 μm 0.569 1
EQPC • Sphericity Image number	68.393 μm 0.567 1	EQPC • Sphericity Image number	58.504 μm 0.543 1	EQPC • Sphericity Image number	57.520 μm 0.537 1	EQPC • Sphericity Image number	51.225 μm 0.529 1	EQPC • Sphericity Image number	64.971 μm 0.527 1

Сурет 3 - QicPicLuxell аппаратында қайтарымды ерітінділердегі дисперсті қосылыстардың өлшемдері мен пішіндерінің фрагменттері (полимерлі флокулянттарды қоспағанда)

Қарастырылған флокулянттардың кез келгенін (барлық зерттелген концентрацияларында) айналымдағы ерітіндіге қосқанда үлкенірек бөлшектердің түзілуі байқалатыны және олардың ерітіндідегі өлшемдік таралу қисықтарының экстремалды сипатта болатыны анықталды. Алынған флокула бөлшектер өте тез тұну процесін көрсетіп, қайтарымды ерітінділердің тазалануы жүзеге асты (4-сурет).

	EQPC Sphericity Image number 154.417 µm 0.895 0		EQPC Sphericity Image number 161.283 µm 0.875 0		EQPC Sphericity Image number 233.770 µm 0.842 0		EQPC Sphericity Image number 273.365 µm 0.831 0
	EQPC Sphericity Image number 176.806 µm 0.812 0		EQPC Sphericity Image number 252.312 µm 0.793 0		EQPC Sphericity Image number 257.681 µm 0.792 0		EQPC Sphericity Image number 279.759 µm 0.788 0
	EQPC Sphericity Image number 505.980 µm 0.786 0		EQPC Sphericity Image number 375.366 µm 0.771 0		EQPC Sphericity Image number 272.110 µm 0.767 0		EQPC Sphericity Image number 318.367 µm 0.767 0
	EQPC Sphericity Image number 227.588 µm 0.748 0		EQPC Sphericity Image number 298.884 µm 0.745 0		EQPC Sphericity Image number 258.565 µm 0.743 0		EQPC Sphericity Image number 205.180 µm 0.721 0
	EQPC Sphericity Image number 525.338 µm 0.713 0		EQPC Sphericity Image number 533.528 µm 0.709 0		EQPC Sphericity Image number 334.034 µm 0.708 0		EQPC Sphericity Image number 189.272 µm 0.702 0
	EQPC Sphericity Image number 462.881 µm 0.696 0		EQPC Sphericity Image number 599.102 µm 0.606 0		EQPC Sphericity Image number 349.066 µm 0.595 0		EQPC Sphericity Image number 322.212 µm 0.595 0
	EQPC Sphericity Image number 554.808 µm 0.577 0		EQPC Sphericity Image number 437.540 µm 0.557 0		EQPC Sphericity Image number 821.970 µm 0.461 0		EQPC Sphericity Image number 611.448 µm 0.431 0

Сурет 4 - QicPicLuxell аппаратында флокулянттарды қосқанда қайтарымды ерітінділерде түзілетін флокулалардың өлшемдері мен пішіндерінің фрагменттері

Қорытынды

Жұмыста атомды адсорбциялық әдіс арқылы қайтарымды ерітінділердің көзделген элементтен бөлек негізгі бөлігін алюминий, темір, магний және кальций құрайтыны анықталды. Олардың мәндері 300-ден 600 мг/л-ге дейін ауытқиды. Айналымдағы ерітінділерде кездесетін кейбір элементтерге кремний, марганец және ванадий жатады. Стронций, калий, никель, мыс да ерітіндіде айтарлықтай мөлшерде кездеседі. Айналымдағы ерітіндідегі ластаушы элементтердің құрамына қосылған флокулянттардың концентрациясының әсері айтарлықтай әсер ететіні көрсетілді. Дисперсті фазалық компонент концентрациясы неғұрлым жоғары болса, оған флокулянттың әсері соғұрлым тиімді болатыны анықталды. Магниттік араластырғышта жалпы флокуляция тиімділігінің дәрежесі зерттеу жұмысында қарастырылған полимерлі флокулянттардың қайсысы тиімді екені сызбанұсқа бойынша көрсетілді, ол: Superfloc – Magnafloc – Praestol – Chinaflok тұжырымдалды.

Қарастырылған флокулянттардың кез келгенін (барлық зерттелген концентрацияларында) айналымдағы ерітіндіге қосқанда ірі бөлшектердің түзілуі байқалатыны және олардың ерітіндідегі өлшемдік таралу қисықтарының экстремалды сипатта болатыны анықталды.

Кремний концентрациясының ең көп төмендеуі флокулянттарды Praestol және Chinaflok қосқанда байқалады, ал Chinaflok төмен концентрацияларда Praestol-ға қарағанда сәл тиімдірек, ал жоғары концентрацияларда Praestol сәл тиімдірек. Екеуіне де оңтайлы доза 5-6 мг/л құрайды. Magnafloc және Superfloc сызықты әрекет етеді, яғни. концентрациясының жоғарылауымен кремний мөлшері басқа зерттелетін элементтермен салыстырғанда тура пропорционалды түрде азаяды.

Әдебиеттер

Adamantiades, A. and Kessides, I. (2009) Nuclear Power for sustainable development: current status and future prospects, *Energy Policy*, —37, —12, —5149–5166.

Ahro, M. I., Pathan, A. G. and Memon, Sirajuddin, A. R. (2013) Dual polymer flocculation approach to overcome activation of gangue minerals during beneficiation of complex iron ore, *Powder Technol.*, —245, —281–291.

Anon (1993) Uranium extraction technology. IAEA technical report series no. —359, —137 Vienna, Austria, IAEA.

Clark D.L. et al. (2006) Uranium and uranium compounds, Kirk-Other encyclopedia of chemical technology. —2006

Edwards, C.R., Oliver, A.J. Uranium processing: A review of current methods and technology. *JOM* —52, —12, —20, —2000.

Farjana, Shahjadi Hisan, et al. (2018) Comparative life-cycle assessment of uranium extraction processes. *Journal of cleaner production*. —2018, —202, —C.666-683.

Hisan F.S., Nazmul H., Parvez M.M.A., Lang C. (2018) Comparative life-cycle assessment of uranium extraction processes, *J. Journal of Cleaner Production* —202, —666-683.

I.M.S.K. Ilankoon, Yuan Tang, Yousef Ghorbani, Stephen Northey, Mohan Yellishetty, Xiangyi Deng, Diane McBride (2018) The current state and future directions of percolation leaching in the Chinese mining industry: Challenges and opportunities, *Minerals Engineering*, — 125, —206-222, ISSN 0892-6875, <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.06.006>.

Ighalo, J. O., Chen, Z., Ohoro, C. R., Oniye, M., Igwegbe, C. A., Elimhingbovo, I., ... & Anastopoulos, I. (2024) A review of remediation technologies for uranium-contaminated water. *Chemosphere*, —141322.

Krishnan, S. V., Attia, Y. A. (2018) Polymeric flocculants. In *Reagents in Mineral Technology* —485-518. Routledge.

Lee, H. K., Chang, S., Park, W., Kim, T. J., Park, S., & Jeon, H. (2022) Effective treatment of uranium-contaminated soil-washing effluent using precipitation/flocculation process for water reuse and solid waste disposal. *Journal of Water Process Engineering*, —48, —102890.

Li, P., Chen, P., Wang, G., Wang, L., Wang, X., Li, Y., ... & Chen, H. (2020) Uranium elimination and recovery from wastewater with ligand chelation-enhanced electrocoagulation. *Chemical Engineering Journal*, —393, —124819.

Lockwood, A. P. G. (2021) The impact of polymeric flocculants on the sedimentation, flotation and dewatering of radwaste suspensions (Doctoral dissertation, University of Leeds).

Than Van Lien, Tran The Dinh, Nguyen Thi Kim Dung (2020) Study on leaching systems and recovery for PALUA—PARONG low grade uranium sandstone ores, *Hydrometallurgy* —191, —105164.

Wellmer F.W., Becker-Platen J. (2002) Sustainable development and the exploitation of mineral and energy resources: a review. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* —91, —723–745.

Yue, C., Liu, R., Wan, Q., Wang, H., Liu, L., & Zhang, X. (2023) Synthesis of novel phosphate-based hypercrosslinked polymers for efficient uranium extraction from radioactive wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, —53, —103582.

Қадирбеков К. А., Алтынбек А. Д., Қадирбеков А. К., Прназарова А. Ж., Абюров А. Ж., Рыспаева А. А., Тилеуханова К. Т., Ажигулова Р. Н. (2020) Очистка кислотного оборотного раствора уранового рудника от отравляющих ионит примесей с использованием флокулянтов на основе полиакриламида. *Химический журнал Казахстана*. — 2, —207-219.

Кемельбаева А.С., Дуйсебаев Б.О., Сайкиева С.Х., Алыбаев Ж.А. (2010) Метод очистки урансодержащих растворов от кремниевой кислоты. *Известия НАН РК. Серия Химическая*. —5, —65-68.

References

Adamantiades, A. and Kessides, I. (2009) Nuclear Power for sustainable development: current status and future prospects, *Energy Policy*, —37, —12, —5149–5166.

Ahro, M. I., Pathan, A. G. and Memon, Sirajuddin, A. R. (2013) Dual polymer flocculation approach to overcome activation of gangue minerals during beneficiation of complex iron ore, *Powder Technol.*, —245, —281–291.

Anon (1993) Uranium extraction technology. IAEA technical report series no. —359, —137 Vienna, Austria, IAEA.

Clark D.L. et al. (2006) Uranium and uranium compounds, Kirk-Other encyclopedia of chemical technology. —2006

Edwards, C.R., Oliver, A.J. Uranium processing: A review of current methods and technology. JOM —52, —12, —20, —2000.

Farjana, Shahjadi Hisan, et al. (2018) Comparative life-cycle assessment of uranium extraction processes. Journal of cleaner production. —2018, —202, —C.666-683.

Hisan F.S., Nazmul H., Parvez M.M.A., Lang C. (2018) Comparative life-cycle assessment of uranium extraction processes, J. Journal of Cleaner Production —202, —666-683.

I.M.S.K. Ilankoon, Yuan Tang, Yousef Ghorbani, Stephen Northey, Mohan Yellishetty, Xiangyi Deng, Diane McBride (2018) The current state and future directions of percolation leaching in the Chinese mining industry: Challenges and opportunities, Minerals Engineering, — 125, —206-222, ISSN 0892-6875, <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2018.06.006>.

Ighalo, J. O., Chen, Z., Ohoro, C. R., Oniye, M., Igwegbe, C. A., Elimhingbovo, I., ... & Anastopoulos, I. (2024) A review of remediation technologies for uranium-contaminated water. Chemosphere, —141322.

Krishnan, S. V., Attia, Y. A. (2018) Polymeric flocculants. In Reagents in Mineral Technology —485-518. Routledge.

Lee, H. K., Chang, S., Park, W., Kim, T. J., Park, S., & Jeon, H. (2022) Effective treatment of uranium-contaminated soil-washing effluent using precipitation/flocculation process for water reuse and solid waste disposal. Journal of Water Process Engineering, —48, —102890.

Li, P., Chen, P., Wang, G., Wang, L., Wang, X., Li, Y., ... & Chen, H. (2020) Uranium elimination and recovery from wastewater with ligand chelation-enhanced electrocoagulation. Chemical Engineering Journal, —393, —124819.

Lockwood, A. P. G. (2021) The impact of polymeric flocculants on the sedimentation, flotation and dewatering of radwaste suspensions (Doctoral dissertation, University of Leeds).

Than Van Lien, Tran The Dinh, Nguyen Thi Kim Dung (2020) Study on leaching systems and recovery for PALUA—PARONG low grade uranium sandstone ores, Hydrometallurgy —191, —105164.

Wellmer F.W., Becker-Platen J. (2002) Sustainable development and the exploitation of mineral and energy resources: a review. Int J Earth Sci (Geol Rundsch) —91, —723–745.

Yue, C., Liu, R., Wan, Q., Wang, H., Liu, L., & Zhang, X. (2023) Synthesis of novel phosphate-based hypercrosslinked polymers for efficient uranium extraction from radioactive wastewater. Journal of Water Process Engineering, —53, —103582.

Kadirbekov K. A., Altynbek A. D., Kadirbekov A. K., Prnazarova A. Zh., Abyurov A. Zh., Ryspaeva A. A., Tileukhanova K. T., Azhigulova R. N. (2020). Purification of acidic recycled solution of a uranium mine from impurities poisoning the ion exchanger using flocculants based on polyacrylamide. Chemical Journal of Kazakhstan. — 2, —207-219 (in Russ.)

Kemelbaeva A. S., Duisebayev B. O., Saikieva S. Kh., Alybayev Zh. A. (2010) Method for purification of uranium-containing solutions from silicic acid. Bulletin of the NAS RK. Chemical Series. —5, —65-68 (in Russ.)

CONTENTS

PHYSICAL

- B.Zh. Abdikarimov, A.Zh. Seitmuratov, Z.A. Ergalauova**
MATHEMATICAL MODELS OF RELAXATION TIMES OF
INHOMOGENEOUS LIQUIDS ALONG CRITICAL DIRECTIONS.....5
- E.A. Dmitriyeva, E.A. Bondar, I.A. Lebedev, K.K. Yelemessov,
A.E. Kemelbekova**
ANTI-REFLECTIVE COATINGS BASED ON TIN OXIDE.....16
- A.A. Zhadyranova, U. Ismail, Zh. Beisekeyeva, G. Bekova, U. Ualikhanova,**
STUDY OF THE FREEZING QUINTESENCE OF LATE-TIME SPACE
EXPANSION IN $F(R, L_m)$ GRAVITY.....26
- N. Ussipov, A. Akhmetali, M. Zaidyn, A. Akniyazova, A. Sakan,
G. Subebekova**
ENTROPY OF GRAVITATIONAL WAVES.....47

CHEMISTRY

- A.Z. Abilmagzhanov, N.S. Ivanov, I. E. Adelbayev, O.S. Kholkin**
DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR THE PURIFICATION
OF ALKANOLAMINE SOLUTIONS.....57
- A. Auyeshov, K. Arynov, A. Dikanbayeva, A. Tasboltayeva**
INTERACTION OF SERPENTINITE FROM THE ZHITIKARA DEPOSIT
WITH STOICHIOMETRIC AMOUNT OF SULFURIC ACID.....70
- A.S. Dauletbayev, K.A. Kadirbekov, S.O. Abilkasova, L.M. Kalimoldina,
Zh.S. Mukhatayeva**
PURIFICATION OF WASTE SOLUTIONS GENERATED DURING
URANIUM PRODUCTION WITH POLYMER FLOCCULANTS.....83
- L.D. Volkova, N.A. Zakarina, O.K. Kim, A.K. Akurpekova, A.V.
Gabdrakipov, T.V.Kharlamova**
INFLUENCE OF MODIFICATION OF KAOLINITES BY ALUMINUM
OXIDE ON THE CRACKING ACTIVITY OF PETROLEUM RESIDUE.....96
- Zh. Kairbekov, T.Z. Akhmetov, M.Z. Esenalieva, I.M. Dzheldybaeva,
S.M. Suimbayeva, M.Zh. Zhomart**
SELECTIVE HYDROGENATION OF ISOPRENE, PIPERYLENE AND THEIR
MIXTURES ON SKELETAL NICKEL CATALYSTS.....108

**A.K. Toktabayeva, R.K. Rakhmetullaeva, G.S. Irmukhamedova,
G.O. Rvaidarova, G.D. Issenova**

STUDY OF THE PHYSIC-CHEMICAL PROPERTIES OF
THERMOSENSITIVE COPOLYMERS BASED ON POLYETHYLENE
GLYCOL.....122

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

Б.Ж. Абдикаримов, А.Ж. Сейтмуратов, З.А. Ергалауова
БІРТЕКТІ ЕМЕС СҰЙЫҚТАРДЫҢ КРИТИКАЛЫҚ БАҒЫТТАР
БОЙЫНДАҒЫ РЕЛАКСАЦИЯ УАҚЫТЫ БОЙЫНША МАТЕМАТИКАЛЫҚ
МОДЕЛЬДЕРІ.....5

**Е.А. Дмитриева, Е.А. Бондарь, И.А. Лебедев, К.К. Елемесов,
А.Е. Кемелбекова**
ҚАЛАЙЫ ОКСИДІ НЕГІЗІНДЕГІ ШАҒЫЛЫСТЫРУҒА ҚАРСЫ
ЖАБЫҢДАР.....16

**А.А. Жадыранова, У. Исмаил, Ж.М. Бейсекеева, Г.Т. Бекова,
У.А. Уалиханова**
 $F(R, L_m)$ ГРАВИТАЦИЯДАҒЫ КЕШ ҒАРЫШТЫҚ КЕҢЕЮДІҢ
МҰЗДАТЫЛҒАН КВИНТЕССЕНЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ.....26

**Н. Усипов, А. Ахметәлі, М. Зайдын, А. Акниязова, А. Сақан,
Г. Сүбебекова**
ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ЭНТРОПИЯСЫ.....47

ХИМИЯ

А.З. Абильмагжанов, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, О.С. Холкин
АЛКАНОЛАМИН ЕРІТІНДІЛЕРДІ ТАЗАЛАУДЫҢ
АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ.....57

А. Ауешов, К. Арынов, А. Диканбаева, А. Тасболтаева
«ЖІТІҚАРА» КЕНОРНЫНЫҢ СЕРПЕНТИНИТІНІҢ КҮКІРТ
ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ СТЕХИОМЕТРИЯЛЫҚ МӨЛШЕРІМЕН
ӘРЕКЕТТЕСУІ.....70

**Ә.С. Дәулетбаев, К.А. Кадирбеков, С.О. Абилкасова,
Л.М. Калимолдина, Ж.С. Мұқатаева**
УРАН ӨНДІРУ БАРЫСЫНДА ТҮЗІЛЕТІН ҚАЙТАРЫМДЫ
ЕРІТІНДІЛЕРДІ ПОЛИМЕРЛІ ФЛОКУЛЯНТТАРМЕН ТАЗАЛАУ.....83

**Л.Д. Волкова, Н.А. Закарина, О.К. Ким, А.К. Акурпекова,
А.В. Габдракипов Т.В.Харламова**
КАОЛИНИТТЕРДІ АЛЮМИНИЙ ОКСИДІМЕН ТҮРЛЕНДІРУДІҢ
ҚАЛДЫҚ МҰНАЙ ҚОРЫМДАРЫНЫҢ КРЕКИНГТЕГІ
БЕЛСЕНДІЛІККЕ ӘСЕРІ.....96

**Ж. Каирбеков, Т.З.Ахметов, М.З. Есеналиева, И.М. Джелдыбаева,
С. М. Суймбаева, М.Ж. Жомарт**
ИЗОПРЕНДІ, ПИПЕРИЛЕНДІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚОСПАЛАРЫН
ҚАҢҚАЛЫ НИКЕЛЬ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДА ТАЛҒАМПАЗДЫ
ГИДРЛЕУ.....108

**А.Қ. Тоқтабаева, Р.Қ. Рахметуллаева, Г.С. Ирмухаметова,
Г.О. Рвайдарова, Г.Д. Исенова**
ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ НЕГІЗІНДЕГІ СОПОЛИМЕРДІҢ
ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....122

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Б.Ж. Абдикаримов, А.Ж. Сейтмуратов, З.А. Ергалауова
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВРЕМЕН РЕЛАКСАЦИИ
НЕОДНОРОДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ВДОЛЬ КРИТИЧЕСКИХ
НАПРАВЛЕНИЙ.....5

**Е.А. Дмитриева, Е.А. Бондарь, И.А. Лебедев, К.К. Елемесов,
А.Е. Кемелбекова**
АНТИОТРАЖАЮЩИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ОЛОВА.....16

**А.А. Жадыранова, У. Исмаил, Ж.М. Бейсекеева, Г.Т. Бекова, У.А.
Уалиханова**
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМОРОЖЕННОЙ КВИНТЭССЕНЦИИ ПОЗДНЕГО
КОСМИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ В $F(R, L_m)$ ГРАВИТАЦИИ.....26

**Н. Усипов, А. Ахметәлі, М. Зайдын, А. Акниязова*, А. Сақан,
Г. Сүбебекова**
ЭНТРОПИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН.....47

ХИМИЯ

А.З. Абиьлмагжанов, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, О.С. Холкин
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ
РАСТВОРОВ АЛКАНОЛАМИНОВ.....57

А. Ауешов, К. Арынов, А. Диканбаева, А. Тасболтаева
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СЕРПЕНТИНИТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ
"ЖИТИКАРА" СО СТЕХИОМЕТРИЧЕСКИМ КОЛИЧЕСТВОМ
СЕРНОЙ КИСЛОТЫ.....70

**А.С. Даулетбаев, К.А. Кадирбеков, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина,
Ж.С.Мукатаева**
ОЧИСТКА ОБОРОТНЫХ РАСТВОРОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ
ПРОИЗВОДСТВЕ УРАНА ПОЛИМЕРНЫМИ ФЛОКУЛЯНТАМИ.....83

**Л.Д. Волкова, Н.А. Закарина, О.К. Ким, А.К. Акурпекова,
А.В. Габдракипов, Т.В.Харламова**
ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ КАОЛИНИТОВ ОКСИДОМ
АЛЮМИНИЯ НА АКТИВНОСТЬ В КРЕКИНГЕ ОСТАТОЧНОГО
НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ.....96

**Ж. Каирбеков, Т.З. Ахметов, М.З. Есеналиева, И. М. Джелдыбаева,
С.М. Суймбаева*, М.Ж. Жомарт**
СЕЛЕКТИВНОЕ ГИДРИРОВАНИЕ ИЗОПРЕНА, ПИПЕРИЛЕНА И ИХ
СМЕСЕЙ НА СКЕЛЕТНЫХ НИКЕЛЕВЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ.....108

**А.К. Токтабаева, Р.К. Рахметуллаева, Г.С. Ирмухаметова, Г.О. Рвайдарова,
Г.Д. Исенова**
ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОПОЛИМЕРОВ
НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ.....122

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). 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

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 12.12.2023.

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

9,0 п.л. Тираж 300. Заказ 3.

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