

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

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№4
2025**

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

2025 • 4



**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND
CHEMICAL SCIENCES**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Editor-in-Chief:

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

Editorial Board:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of Information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan № **KZ93VPY00121157** issued **05.06.2025**Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

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

Бас редактор:

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

Редакция ұжымы:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

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

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

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

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

Главный редактор:

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

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

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

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

Периодичность: 4 раза в год.

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

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

CONTENTS

PHYSICS

U.A. Ualikhanova, Y.Y. Kurban, A.M. Syzdykova, A.B. Altaibayeva, G.S. Altayeva Dynamical systems analysis of the Starobinsky cosmological model.....	11
M.B. Zhassybayeva, Z. Myrzakulova, M. Abeuova Darboux transformation for the two-layer M-LXXII equation.....	24
G.K. Beketova, N.N. Zhanturina, Z.K. Aimaganbetova Cs ₂ AgBiBr ₆ double halide perovskites as advanced materials for high-efficiency solar cells.....	38
L.I. Shestakova, R.R. Spassyuk Spectral studies of the k-f corona interface at 5000–6000 Å.....	52
A.Khazhidinova, A. Khazhidinov On the issue of fuel consumption of a thermal power plant.....	66
T.B. Koshtybayev, K.K. Zhantleuov, M.E. Aliyeva Greens function in the theory of quantum fluids.....	77
A.V. Serebryanskiy, Ch.B. Akniyazov, Ch.T. Omarov, S. Sittykova, D. Kadyrova Analysis of lunar impact flashes statistics.....	91
G.T. Omarova, Zh.T. Omarova The Lagrange - Jacobi equation and its application to the N - body problem.....	105
Zh. Muratkhan, M. Khassanov Methods for estimation of stellar wind parameters in high-mass X-ray binary systems with neutron stars.....	113
V. Mukamedenkyzy, A. Izbasar, A. Aqikat Investigation of structured flows induced by concentration-driven convection in ternary gases systems.....	127
K. Saurova, S. Nysanbaeva, G. Turlybekova Modeling of the optical system of a star tracker for accurate spacecraft attitude determination.....	140

CHEMISTRY

- B.S. Serikbayeva, M.S. Satayev, N.K. Sarypbekova**
Study of the electroplating process on polypropylene using a conductive layer.....157
- A.P. Auyeshov, Ch.Z. Yeskibayeva, A.K. Dikanbayeva**
Resource-efficient utilization of serpentinite waste for magnesium sulfate production.....172
- A.K. Kozybaev, Zh.D. Alimkulova, S.O. Abilkasova**
Kinetic and thermodynamic studies of heavy metal adsorption onto water-washed Ca-montmorillonite clay.....184
- A.Abdрахmanova, V. Krivchenko, A. Sabitova1, B. Kuderina**
DOL-enhanced electrolytes as a route to stable anodes in Li–V₂O₅ systems.....196
- B.K. Massalimova, A.S. Shayakhmetova, A.S.Darmenbayeva**
Water resources of Northern Kazakhstan: environmental monitoring and sustainable anagement.....208
- A. Rakhimov, N. Zhanikulov, B. Taimasov, E. Potapova, A.K. Sviderskiy**
Investigation of lead slag processing waste as raw material for cement industry.....227
- L.M. Kalimoldina, K.Zh. Zhalgasbayev, A.S. Dauletbayev**
Comparative study of industrial wastewater treatment methods.....241
- A. Nurlan, S.R. Konuspayev, T.S. Abildin, K. Toshtay**
Transformations of hydrocarbons during the hydrogenation of gasoline containing benzene.....256
- G.J. Baisalova, B.K. Yertay, A.A. Taltenov, P. Kuzhatova, G. Saspugayeva**
A quantitative determination of the phenol compounds sum in the thallus of *Parmelia sulcata*.....274
- B.E. Myrzabekov, A.B. Makhanbetov, T.E. Gaipov, B.S. Abzhalov, N.N. Nurgaliyev**
Electrochemical reduction of manganese (II) ions on titanium and lead electrodes.....286
- A.S. Darmenbayeva, G.M. Zhussipnazarova, R. Reshmy, Zh.B. Mukazhanova, V.A. Rube**
Biocoatings based on flax stem cellulose and their properties.....298

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

У.А. Уалиханова, Е.Е. Құрбан, А.М. Сыздыкова, А.Б. Алтайбаева, Г.С. Алтаева Старобинскийдің космологиялық моделін динамикалық жүйелер арқылы талдау.....	11
М.Б. Жасыбаева, Ж. Мырзақұлова, М. Абеуова Қос қабатты М-LXXII теңдеуі үшін дарбу түрлендіруі.....	24
Г.К. Бекетова, Н.Н. Жантурина, З.К. Аймағанбетова Cs ₂ AgBiBr ₆ қос галоидты перовскиттер: күн батареяларына арналған тиімділігі жоғары жаңа озық материалдары.....	38
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк 5000–6000 Å диапазонында k- және f-короналар арасындағы өтпелі аймақты спектрлік зерттеу.....	52
А. Хажидинова, А. Хажидинов Жылу электр станциясының отын тұтыну мәселесі.....	66
Т.Б. Қоштыбаев, К.Қ. Жантлеуов, М.Е. Алиева Кванттық сұйықтар теориясындағы Грин функциялары.....	77
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова Айдың беткі қабатына метеоридтардың соқтығысуын статистикалық тұрғыдазерттеу.....	91
Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова Лагранж – Якоби тундеуі және оны N -денелі есепке қолдану.....	105
Ж. Мұратхан, М. Хасанов Нейтрон жұлдыздары бар массивті рентгендік екілік жүйелердегі жұлдыздық жел параметрлерін бағалау әдістері.....	113
В. Мукамеденқызы, А. Избасар, А. Ақиқат Үшкомпонентті газ жүйелеріндегі концентрациялық конвекцияның әсерінен құрылымдық ағындардың пайда болуын зерттеу.....	127
К. Саурова, С. Нысанбаева, Г. Турлыбекова Ғарыш аппараттарының ориентациясын нақты анықтау үшін жұлдыз сенсорының оптикалық жүйесін модельдеу.....	140

ХИМИЯ

Б.С. Серикбаева, М.С. Сагаев, Н.К. Сарыпбекова

Электрөткізгіш қабатты қолданып, полипропиленге гальваникалық қаптама алу процесін зерттеу.....157

А.П. Ауешов, Ч.З. Ескибаева, А.К. Диканбаева

Серпентинит қалдығынан магний сульфатын алудың техникалық-экономикалық зерттеуі.....172

А.К. Қозыбаев, Ж.Д. Әлімқұлова, С.О. Әбілқасова

Сумен жуылған са-монтмориллонит сазында ауыр металдардың сорбциясының кинетикасы мен термодинамикасы.....184

А. Абдрахманова, В. Кривченко, А. Сабитова, Б. КудеринаLi–V₂O₅ жүйесіндегі тұрақты анодтарға қол жеткізуге арналған DOL-мен модификацияланған электролиттер.....196**Б.К. Масалимова, А.С. Шаяхметова, А.С. Дарменбаева**

Солтүстік Қазақстанның су ресурстары: экологиялық мониторинг және ұтымды басқару.....208

А. Рахимов, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова, А.К. Свидерский

Цемент өнеркәсібі үшін шикізат ретінде қорғасын қожын өңдеу қалдықтарын зерттеу.....227

Л.М. Калимолдина, Қ.Ж. Жалғасбаев, А.С. Даулетбаев

Өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартудың әдістерін салыстырмалы түрде зерттеу.....241

Ә. Нұрлан, С.Р. Конуспаев, Т.С. Абильдин, К. Тоштай

Құрамында бензол бар бензинді гидрлеу кезінде көмірсутектердің өзгеруі.....256

Г.Ж. Байсалова, Б.К. Ертай, А.А.Талтенов, П. Кужатова, Г.Е. Саспугаева*PARMELIA SULCATA* талломындағы фенолды қосылыстардың жиынтық мөлшерін сандық анықтау.....274**Б.Э. Мырзабеков, А.Б. Маханбетов, Т.Э. Гаипов, Б.С. Абжалов, Н.Н. Нұрғалиев**

Марганец (II) ионының титан және қорғасын электродында электрохимиялық тотықсыздануы.....286

А.С. Дарменбаева, Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, Ж.Б. Мукажанова, В.А. Рубе

Зығыр сабағынан алынған целлюлоза негізіндегі биожабындар және олардың қасиеттері.....298



СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

У.А. Уалиханова, Е.Е. Курбан, А.М. Сыздыкова, А.Б. Алтайбаева, Г.С. Алтаева Анализ космологической модели старобинского с помощью динамических систем.....	11
М.Б. Жасыбаева, Ж. Мырзакулова, М. Абеуова Преобразование Дарбу для двухслойного уравнения M-LXXII.....	24
Г.К. Бекетова, Н.Н. Жантурина, З.К. Аймаганбетова Cs ₂ AgBiBr ₆ : двойные галоидные перовскиты как передовые материалы для высокоэффективных солнечных элементов	38
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк Спектральные исследования области перехода между К и F короной в диапазоне 5000–6000Å.....	52
А. Хажидинова, А. Хажидинов К вопросу о расходе топлива на тепловой электростанции.....	66
Т.Б. Коштыбаев, К.К. Жантлеуов, М.Е. Алиева Функции Грина в теории квантовых жидкостей	77
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова Исследование статистики ударов метеороидов о поверхность луны	91
Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова Уравнение Лагранжа – Якоби и его применение к задаче N -тел.....	105
Ж. Муратхан, М. Хасанов Методы оценки параметров звездного ветра в массивных двойных рентгеновских системах с нейтронными звездами.....	113
В. Мукамеденкызы, А. Избасар, А. Акикат Исследование возникновения структурированных течений, обусловленных концентрационной конвекцией в трёхкомпонентных газовых системах.....	127
К. Саурова, С. Нысанбаева, Г. Турлыбекова Моделирование оптической системы звёздного датчика для точного определения ориентации космических аппаратов.....	140

ХИМИЯ

- Б.С. Серикбаева, М.С. Сатаев, Н.К. Сарыпбекова**
Исследование процесса гальванопокрытия на полипропилене с использованием электропроводного слоя.....157
- А.П. Ауешов, Ч.З. Ескибаева, А.К. Диканбаева**
Технико-экономическое исследование получения сульфата магния из серпентинитового отхода.....172
- А.К. Козыбаев, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Абилкасова**
Кинетика и термодинамика сорбции тяжелых металлов на промытой водой кальциево-монтмориллонитовой глине.....184
- А. Абдрахманова, В. Кривченко, А. Сабитова, Б. Кудерина**
DOL – модифицированные электролиты как путь к стабильным анодам в системах $\text{Li-V}_2\text{O}_5$196
- Б.К. Масалимова, А.С. Шаяхметова, А.С. Дарменбаева**
Водные ресурсы Северного Казахстана: экологический мониторинг и устойчивое управление.....208
- А. Рахимов, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова, А.К. Свидерский**
Исследование отходов переработки свинцового шлака в качестве сырья для цементной промышленности.....227
- Л.М. Калимолдина, К.Ж. Жалгасбаев, А.С. Дәулетбаев**
Сравнительное исследование методов очистки промышленных сточных вод.....241
- А. Нурлан, С.Р. Конуспаев, Т.С. Абильдин, К. Тоштай**
Превращения углеводов при гидрировании бензина, содержащего бензол.....256
- Г.Ж. Байсалова, Б.К. Ертай, А.А.Талтенов, П. Кужатова, Г.Е. Саспугаева**
Количественное определение суммы фенольных соединений в талломе *PARMELIA SULCATA*.....274
- Б.Э. Мырзабеков, А.Б. Маханбетов, Т.Э. Гайпов, Б.С. Абжалов, Н.Н. Нургалиев**
Электрохимическое восстановление ионов марганца (II) на титановом и свинцовом электродах.....286
- А.С. Дарменбаева, Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, Ж.Б. Мукажанова, В.А. Рубе**
Биопокрытия на основе целлюлозы из стебля льна и их свойства.....298

ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 4.
Number 356 (2025), 241–255

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1483.397>

ӘӨЖ (УДК) 628.3
FTAXP (MPHTI) 70.25

©L.M. Kalimoldina, K.Zh. Zhalgasbayev*, A.S. Dauletbayev, 2025.

Almaty Technological University» JSC, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: kairat_zhalgasbayev82@mail.ru

COMPARATIVE STUDY OF INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT METHODS

Kalimoldina Laila — Candidate of technical sciences, associate professor of the Department of «Chemistry, Chemical Technology and Ecology», Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: kalimoldinal@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4397-9629>;

Zhalgasbayev Kairat — master of technical sciences, senior-lecturer of the Department of «Chemistry, Chemical Technology and Ecology», Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: kairat_zhalgasbayev82@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6580-6457>;

Dauletbayev Akim — senior-lecturer of the Department of «Chemistry, Chemical Technology and Ecology», Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: aklakz@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8657-5495>.

Abstract. Currently, we can describe and quantify the chemical components of water bodies and assess their changing dynamics. The treatment of industrial wastewater depends on the technology used, the contamination of the source water, and the regulations. Information on the degree of water purification is indicated by the following methods: mechanical purification (suspended solids - 60-70%, sand, large particles - 80-90%); physico-chemical methods (suspended solids - 90-95%, petroleum products - 85-98%, phosphates - 70-90%, heavy metals - 60-90%); biological purification (biochemical consumption oxygen (BOD) — 85-95%, nitrogen compounds - 70-90%, organic substances - 85-95%); deep purification (salts — 90-99%, heavy metals — 95-99%, organics — 95-99%, microorganisms — 99.9%) if all methods are used, industrial wastewater can generally be cleaned at the level of 95-99%. Wastewater is reused as technical water.

The purpose of the research work is to describe the specific causes of the state of the pollutant intake in accordance with the level of industrial wastewater treatment. The trend of wastewater treatment can only be described as positive, and in most cases, it is carried out using wastewater treatment facilities.

The article describes the current practice of surface runoff and household wastewater treatment facilities. It describes the specifics of using such devices and provides reasons

that prevent the achievement of quality treatment standards. Additionally, the article discusses the main advantages and disadvantages of these technological schemes when used for local treatment of small amounts of water. A technical and economic comparison of these technologies is provided. An overview and analysis of an effective biomembrane wastewater treatment technology are also provided.

Keywords: sewage treatment plants, surface effluents, domestic wastewater, biofilters, aerotanks, bioreactors

©Л.М. Калимолдина, Қ.Ж. Жалгасбаев*, А.С. Даулетбаев, 2025.

Алматы технологиялық университеті, АҚ, Алматы, Қазақстан.

E—mail: kairat_zhalgasbayev82@mail.ru

ӨНЕРКӘСІПТІК САРҚЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАРТУДЫҢ ӘДІСТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТҮРДЕ ЗЕРТТЕУ

Калимолдина Ләйлә — «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, техника ғылымдарының кандидаты, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: kalimoldinal@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4397-9629>;

Жалгасбаев Қайрат — «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының сеньор-лекторы, техника ғылымдарының магистрі, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: kairat_zhalgasbayev82@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6580-6457>;

Даулетбаев Әкім — «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының сениор-лекторы, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: aklakz@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8657-5495>.

Аннотация. Қазіргі уақытта біз су объектілерінің химиялық компоненттерін сипаттап, сандық түрде анықтай аламыз және олардың өзгеру динамикасын бағалай аламыз. Өнеркәсіптік ағынды суларды тазарту қолданылатын технологияға, бастапқы судың ластануына және стандарттарға байланысты. Суды тазарту дәрежесі туралы мәліметтер мынадай әдістермен көрсетіледі: механикалық тазарту (өлшенген заттар - 60-70%, құм, ірі бөлшектер-80-90%); физика-химиялық әдістер (өлшенген заттар-90-95%, мұнай өнімдері-85-98%, фосфаттар-70-90%, ауыр металдар-60-90%); биологиялық тазарту (биохимиялық тұтыну оттегі (БПК) — 85-95%, азот қосылыстары-70-90%, органикалық заттар-85-95%); терең тазарту (тұздар-90-99%, ауыр металдар-95-99%, органикалық заттар-95-99%, микроорганизмдер — 99.9%) егер барлық әдістер қолданылса, өнеркәсіптік ағынды суларды жалпы 95-99% деңгейінде тазартуға болады. Ағынды сулар техникалық су ретінде қайта пайдаланылады.

Зерттеу жұмысының мақсаты өнеркәсіптік ағынды суларды тазарту деңгейіне сәйкес ластаушы заттардың түсу жағдайының нақты себептерін сипаттау болып табылады. Ағынды суларды тазарту үрдісін тек оң деп сипаттауға болады және көп жағдайда Ағынды суларды тазарту қондырғыларымен жүзеге асырылады.

Мақалада жер үсті ағындары мен тұрмыстық су тазарту қондырғыларының

қалыптасқан тәжірибесі сипатталған. Мұндай құрылғыларды пайдалану ерекшелігі сипатталған, тазалау сапасының стандарттарына қол жеткізуге кедергі келтіретін себептер келтірілген. Сонымен қатар, мақалада осы технологиялық схемалардың негізгі артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылады, егер олар аз мөлшерде суды жергілікті тазарту үшін қолданылса. Бұл технологияларды техникалық-экономикалық салыстыру қарастырылған. Сондай-ақ, ағынды суларды тазартудың тиімді биомембраналық технологиясына шолу және талдау жасалды.

Түйін сөздер: ақаба суларды тазарту қондырғылары, жер үсті ағындары, тұрмыстық ағынды сулар, биофилтрлер, аэротенктер, биореакторлар

©Л.М. Калимолдина, К.Ж. Жалгасбаев*, А.С. Дәулетбаев, 2025.

«Алматинский технологический университет», Алматы, Казахстан.

E-mail: kairat_zhalgasbayev82@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Калимолдина Лайла — кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Химия, химическая технология и экология», Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,

E-mail: kalimoldinal@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4397-9629>;

Жалгасбаев Кайрат — магистр технических наук, докторант, сениор-лектор кафедры «Химия, химическая технология и экология», Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,

E-mail: kairat_zhalgasbayev82@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6580-6457>;

Даулетбаев Аким — старший преподаватель кафедры «Химия, химическая технология и экология», Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,

E-mail: akhlakz@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8657-5495>.

Аннотация. Современные аналитические методы позволяют детально описывать химический состав водных объектов и отслеживать динамику его изменений. Эффективность очистки промышленных сточных вод определяется типом применяемой технологии, характером загрязнений исходной воды и действующими нормативами качества. Степень очистки воды различными методами характеризуется следующими показателями: механическая очистка (взвешенные вещества - 60-70%, песок, крупные частицы - 80-90%); физико-химические методы (взвешенные вещества - 90-95%, нефтепродукты - 85-98%, фосфаты - 70-90%, тяжелые металлы - 60-90%); биологическая очистка (биохимическое потребление кислорода (БПК) — 85-95%, азотные соединения - 70-90%, органические вещества - 85-95%); глубокая очистка (соли — 90-99%, тяжелые металлы — 95-99%, органика — 95-99%, микроорганизмы — 99.9%). При комплексном использовании методов уровень очистки промышленных сточных вод может достигать 95—99%, что позволяет применять их повторно как техническую воду.

Целью исследования является анализ причин поступления загрязняющих веществ в сточные воды и оценка эффективности различных технологий очистки с учётом требований к качеству очищенной воды. В статье рассмотрены особенности работы очистных сооружений для поверхностных и хозяйственно-бытовых стоков, выявлены ключевые факторы, препятствующие достижению нормативных показателей. Представлены сравнительные характеристики основных технологических схем, их преимущества и ограничения при использовании для локальной очистки малых объёмов. Дополнительно проведён обзор и сравнительный анализ современных биомембранных технологий, обладающих высокой эффективностью в удалении органических загрязнений и биогенных элементов. На основе технико-экономической оценки показана перспективность их внедрения в промышленный сектор.

Ключевые слова: очистные сооружения, поверхностные стоки, бытовые сточные воды, биофильтры, аэротенки, биореакторы

Кіріспе. Су - жер бетіндегі өмірдің көзі ретінде маңызды табиғи және стратегиялық ресурс болып табылады. Соңғы онжылдықта бүкіл әлемде су ресурстарының ахуалы бойынша аландаушылық артып келеді.

Әлемнің көптеген ірі қалалары өзендердің сағаларында орналасқан. Бұл өзендердің сағалары мұхиттар мен тұщы судың түйісетін жері болып табылады және көбінесе табиғи суды құрайды. Тұщы суда төмен концентрацияда микроэлементтер болады. Өзендердің сағаларында нитрат концентрациясы мен тұздылық арасында байланыс бар. Өзендердің сағаларындағы жағдайлар жоғары биомассаның дамуына қолайлы болуы мүмкін (Берникова, 2011).

Соңғы жылдары мемлекеттік органдардың дамуымен су ресурстарын зерттеуге арналған агенттіктер, сумен байланысты ғылымдар өз қызметінде жаңа серпін алды. Қазіргі тенденцияларды ұстану, табиғи су объектілерінің функцияларын түсінуді дамыту осы маңызды табиғи ортаны сақтау және ұтымды пайдалануға негізделген.

Адамзат қоғамы өндіретін судың негізгі ластаушылары, олар салыстырмалы түрде аз зиянды әсер етеді. Бұл салыстырмалы түрде улы емес көбінесе ағындарға төгілетін жануарлар мен өсімдіктердің қалдықтары.

Белгілі бір шектеулі мөлшерде бұл заттар кейбіреулерінде пайдалы болуы мүмкін. Бұл қалдықтар органикалық заттарға бай, көміртегі мен және әдетте ағынды сулар, қалдықтар түрінде су жолдарына шығарылады. Ет және сүт өнімдерін, сондай-ақ қалдықтарды қайта өңдеу, қағаз өндірісі және басқа да бірқатар салаларда қолданылады (Schmidt I. et al., 2003).

Органикалық қалдықтар барлық қалаларда, өнеркәсіп орталықтарында көп мөлшерде өндіріледі, бірақ ағынды суларды бастапқы, қайталама және үшінші реттік тазарту арқылы қалпына келтіруге болады. Органикалық ластану сонымен қатар қалалық жаңбыр суының ағынынан туындауы мүмкін, бұл су жолдарына төгілуге әкеледі. Кейбір жағдайларда, ағаш кесу сияқты белгілі бір қызмет түрлерінде, қалалардан тыс жерлердегі дренажды бассейндерде органикалық шикізаттың едәуір мөлшері алынуы мүмкін (Вольф, 2013).

Әдістер мен материалдар. Ағынды сулар — ауыз су және техникалық су, тұрмыстық және өндірістік қажеттіліктер үшін пайдаланылған, одан әрі пайдалану техникалық шарттар бойынша немесе техникалық тұрғыдан мүмкін емес экономикалық көрсеткіштерге негізделген (Гришина, 2009).

Ағынды сулардың шығу көзі бойынша жіктелуі:

1. Өндірістік ағынды сулар (ӨАС) — құрамы өндіріс түріне байланысты: ластанбаған (шартты түрде таза); ластанған;
2. Шаруашылық-тұрмыстық сарқынды сулар (ШТСС) — бұл санитарлық тораптардан алынған сулар, өндірістік және өндірістік емес ғимараттар, душ қондырғылардың қалдық сулары және т.б. салыстырмалы түрде тұрақты құрамы бар;
3. Атмосфералық (нөсерлі) ағынды сулар (НАС) — жаңбыр және еріген қар сулары (Данилов-Данильян, 2006).

Ластаушы заттардың шығу тегі бойынша минералды, органикалық және бактериалды-биологиялық болып бөлінеді. Ластаушы заттардың құрамы бойынша механикалық, химиялық, бактериялық ағынды сулардың биологиялық, радиоактивті және термиялық ластануы бойынша жіктеледі (Крупнова, 2005).

Гидрохимиялық судың ластану индексі (СЛИ), әдетте, алты-жеті көрсеткіш бойынша есептеледі, гидрохимиялық деп санауға болады; олардың бір бөлігі (суда еріген оттегінің концентрациясы, рН, БПК (ОБТ)5) міндетті болып табылады (1-кесте).

Кесте 1. Судың интегралды сапа көрсеткіштері бойынша жіктелуі.

Су	СЛИ мәні	Су сапасының кластары
Өте таза	0,2 дейін	1
Таза	0,2-1,0	2
Орташа ластанған	1,0-2,0	3
Ластанған	2,0-4,0	4
Лас	4,0-6,0	5
Өте лас	6,0-10,0	6
Аса лас	<10,0	7

Өнеркәсіптік сарқынды суды тазарту төрт негізгі проблемалық саланы басқаруға бағытталған: масштабтау, коррозия, ағынды сулардың қалдықтарын жою және микробиологиялық белсенділігі. Қазандықтарда микробтармен қиындық тудырмайды, өйткені жоғары температура олардың өсуіне жол бермейді (Михайлов, 2008).

Суды тазарту өндірістік шығындар мен тәуекелдер төмендеуі үшін жылыту, салқындату, өңдеу, тазарту және шаю сияқты су негізіндегі өндірістік процестерді оңтайландыру үшін қолданылады.

Суды тазарту сонымен қатар өндірілген өніммен байланыста болатын судың сапасын жақсарту үшін қолданылады. Жартылай өткізгіштер және/немесе өнімнің

бөлігі бола алады, мысалы. сусындар, фармацевтикалық препараттар және т.б. Бұл жағдайда суды сапасыз өңдеу ақаулы өнімді тудыруы мүмкін.

Көптеген жағдайларда, бір процесстен шыққан ағынды сулар басқа тазарту процедураларына сәйкес қайта өңдеуге жарамды болуы мүмкін. Бұл суды тұтыну төлемдерін төмендету арқылы шығындарды азайтуға, ағынды суларды шығаруға кететін шығындарды азайтуға мүмкіндік береді, өйткені көлем азаяды және қайта өңделген ағынды сулардағы жылуды қалпына келтіруге байланысты энергия шығындары азаяды (Никаноров, 2001).

Өнеркәсіпте судың көптеген қолданыстары бар және көп жағдайда пайдаланылған су оны қайта пайдалануға немесе кәдеге жарату үшін тазартуды қажет етеді. Өнеркәсіптік қондырғыға кіретін шикі суды нақты өндірістік процестерде пайдалану үшін қатаң сапа талаптарына сай тазарту қажет. Өнеркәсіптік суды тазарту барлық аспектілерді — ағынды суларды өндірістік тазарту, қазандық суы және салқындатқыш су қамтиды (Рассказов, 2011).

Ағынды суларды тазарту әдістері:

1. Механикалық және физикалық (гравиметриялық, сүзу әдістері: електер, құм ұстағыштар, май ұстағыштар)

2. Химиялық (реагенттер - рН қалыпқа келтіру, ауыр металдар (АМ) тұндыру, тотығу-тотықсыздану реакциялары, дезинфекциялау және т.б.)

3. Физика-химиялық (коагуляция, сорбция, экстракция, электролиз, иондық алмасу, кері осмос)

4. Биологиялық және биохимиялық (органикалық заттарды ыдырататын микроорганизмдер: табиғи жағдайда (сүзу өрістері, биотоғандар) және жасанды түрде құрылған (биофилтрлер, аэротенктер, тотығу арналары)

5. Ағынды суларды өңдеу тізбегі бірнеше аралас әдістермен жүзеге асады. Ағынды су — бұл коллоидтық жүйе. Коллоидты бөлшектер табиғи түрде сақталмайды. Реагенттерді қолданудың мақсаты: тазарту процесін және оның толықтығын жеделдету (Хаханина, 2015).

Кәсіпорынды қуаты аз жерге орналастырған кезде сарқынды суларды ағызуға жол берілмейді. Су қоймасында ағынды суларды сұйылту және оны өзін-өзі тазарту мүмкіндігі шектелген; ағынды суларда ШРК улы заттар болған жағдайда өте төмен; су қоймасында басқа нысандар орналасқан кезде ластану деңгейі жоғары. Тазарту қондырғылары ағынның нақты көлемі мен құрамының мәлімделгенге сәйкес келмеуі, биоценозға улы заттардың төгілуі, рН ортаның және температураның күрт өзгеруіне әкеледі (State of the World 2000. A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. - W.W. Northon & Co., 2000).

Бұл мәселені шешу жолдарына мыналар жатады:

– қысқартуға бағытталған өндіріс технологиясын жетілдіру, су тұтыну және сарқынды суларды су айдынына ағызу;

– ағынды суларды айналымды (тұйықталған) жүйелерде пайдалану сумен жабдықтау, ағынды сулардың ластану дәрежесін төмендету;

– тазартылған және залалсыздандырылған қалалық ағынды суларды пайдалану кәсіпорындарды технологиялық сумен жабдықтау;

– осы кәсіпорынның ағынды суларын техникалық мақсатта пайдалану үшін басқа кәсіпорындарды сумен жабдықтау;

– осы кәсіпорынның ағынды суларын бірлесіп тазарту және залалсыздандыру басқа кәсіпорындардың ағынды суларымен және қалалық ағынды сулармен жүзеге асады;

– өздігінен тазарту және ағынды суларды бұру жұмыстары (жергілікті тазарту құрылыстары) (Lazarova et al., 2009).

Ағынды суларды тазарту — бұл ластаушы заттарды (ЛЗ) жою немесе патогендік организмдерден дезинфекциялау.

Осы мәселені шешу үшін қажет болатын іс-шаралар:

1. Топырақ құнарлылығын реттеу мақсатында ағынды суларды пайдалану;
2. Зираттарды, мал қорымдарын, қалдықтарды орналастыру объектілерін ауашалау;

3. Зиянды организмдерге қарсы күрес жөніндегі авиациялық шараларды жүзеге асыру;

4. Көлік құралдарының қозғалысы мен тұрағын реттеу;

5. Жанармай құю станцияларын реконструкциялау;

6. Пестицидтер мен агрохимикаттарды сақтауды реттеу;

7. Ағынды суларды, соның ішінде дренажды суларды ағызу;

8. Кең таралған пайдалы қазбаларды барлау және өндіру (Мишуков и др., 2011).

Ағынды суларды ағызу кезінде ЛЗ концентрациясын төмендетудің негізгі механизмі су нысандарын сұйылту. Сұйылту коэффициенті араластыру коэффициентіне байланысты (судың қанша бөлігі сұйылтуға қатысады), ағынды сулардың максималды шығыны және бақылау жағдайындағы судың ең аз шығыны (Алексеев и др. 2000).

Жер үсті ағынын тазарту үшін "бөлу құдығы — құм бөлгіш — мұнай — май бөлгіш-сорбциялық сүзгі" схемасы іс жүзінде баламасыз болып табылады. Мұндай құрылыстар жерге көмілген және "қызмет көрсету" үшін тексеру люктері бар шыны талшықты ыдыстар түрінде жасалады. Жеткізу коллекторының тереңдігіне байланысты мұндай құрылымдар гравитациялық режимде жұмыс істей алады немесе олардың алдында сорғыш станциясы орнатылады (Свитцов, 2007).

Іс жүзінде мұндай құрылымдар әдетте ағынды суларды алғашқы екі-үш жаңбырдан тазартуды қамтамасыз етеді, яғни сорбциялық жүктеме сыйымдылығы таусылғанға дейін. Судан ластаушы заттарды гравитациялық шығаруға арналған контейнерлерде — құм бөлгіш және мұнай бөлгіш — су ең көп ағынмен бірнеше ондаған минутты құрайды. Судың ұсақ дисперсті және коллоидты қоспаларын реагентті ірілендіру қарастырылмағандықтан, бұл құрылымдар тек ауыр минералды қоспаларды, ерімеген және эмульсияланбаған мұнай өнімдерін ұстайды, осылайша құм тұзағының рөлін атқарады (Терещук, 2010).

Мұндай құрылымдарға тиімді жұмыс істейтін балама шөгінділерді кетіру үшін қырғыш жүйелермен жабдықталған темірбетон тұндырғыштары бар күрделі құрылыстар болуы мүмкін, содан кейін суды кері шаюмен және сорбциялық тазартумен сүзгілерде сүзеді. Бірақ айтарлықтай жоғары шығындарға, жобалау

мен құрылыстың ұзақ мерзімдеріне, тазарту қондырғыларын орналастыру үшін едәуір аумақтарды бөлу қажеттілігіне байланысты, бұл опция тиімді қолданысқа сәйкес келмейді (Терещук, 2011).

Нәтижесінде, объектілерді салуға және пайдалануға рұқсат алу үшін ағынды суларды қабылдайтын су айдындарының экологикалық жағдайына аз әсер ететін технологиялар қажет. Өкінішке орай, мұндай тазарту қондырғыларына тапсырыс берушілердің жалғыз ұсынысы арзан жабдықты таңдау туралы кеңес болуы мүмкін, өйткені қымбатырақ тазалаудың бірдей "сапасын" қамтамасыз етеді.

Егер мәселенің тарихына көз жүгіртсек, Кеңес заманында "КУ", "УКО", "БИО" сияқты зауытта дайындалған жиынтық қондырғылары болғанын еске түсіруге болады, бірақ тәулігіне 400 м³-тен бастап өнімділікке құмтас, екі деңгейлі тұндырғыштар мен биофилтрлерден тұратын күрделі тазарту құрылыстарының үлгілік жобалары әзірленді, немесе тұндырғыштарды, аэротенктерді, тұнба тұрақтандырғыштарын және хлоратор мен ауа үрлеу станциясын қамтитын өндірістік ғимаратты қамтитын сыйымдылықтар блогынан жасалды. Сондай-ақ, ол кезде тазалау сапасы тек екі көрсеткіш бойынша — өлшенген заттар мен БПКП-15 мг/л деңгейінде бақыланған (Хенце, 2004).

Нәтижелер және талқылау. Ағынды суларды тазарту сапасын нормалау мәселесінің қазіргі жағдайы тазарту құрылыстарын жобалаушыларға байланысты. Шын мәнінде, тазарту дәрежесі де емес, ағынды суларды қабылдайтын су қоймасындағы судың сапасы да нормаланады, ал егер резервуардың нақты жағдайы кәсіпорынмен сәйкес келмесе, онда ШПК есептеу әдістемесіне сәйкес өндіріс иесі бұл резервуарды ауыз су сапасына жеткізілген ағындарымен "тазартуы" керек. Бұдан басқа, тазарту құрылыстарының өнімділігіне байланысты тазарту дәрежесіне қойылатын талаптарды саралау көзделмейді, сондықтан өндіріс тобының ағынды сулары ірі мегаполистің тазарту құрылыстарындағыдай толық тазарту және зарарсыздандыру циклінен өтуі тиіс (Морозова, 2009). Қалалық тазарту қондырғыларының жұмысын технологтардың, механиктердің, химиктердің, микробиологтардың бүкіл штаты қамтамасыз етеді.

Жалпы нәтижелік деңгейі тазарту дәрежесі төмен қондырғыларын пайдалану ерекшеліктеріне келетін болсақ, көбінесе олардың жұмыс режимінің күрт маусымдық күнделікті біркелкі өзгеруі, температураның ауытқуы және ағынды сулардың құрамы болып табылады. Тазарту құрылыстарының жұмысына теріс әсер ететін жоғарыда аталған факторлар өнімділігі қызмет көрсетудің мерзімді сипатымен және оларға тұрақты технологиялық бақылаудың болмауымен күрделене түседі. Бұл мұндай құрылыстарда қажетті жабдықтары бар зертханалардың да, жеткілікті білікті қызметкерлердің де болмауына байланысты.

Қазіргі уақытта шаруашылық-тұрмыстық сарқынды суларды тазартуға арналған модульдік құрылыстар арасында аэротенк негізіндегі қондырғылар кеңінен таралды, бұл биофилтрлермен салыстырғанда құрылыс өлшемдерінің аздығына, сондай-ақ бір сыйымдылықты құрылыста денитрификациямен бірге жүргізілетін аммоний азотын неғұрлым терең нитрификациялауды жүзеге асыру мүмкіндігіне байланысты. Сонымен қатар, олар мембраналық биореакторлармен

жабдықталған құрылымдар. Жоғары бағаға қарамастан, мұндай жабдықтың ұсыныстарының саны жыл сайын артып келеді. Осы ретте дискілі биофилтрлері бар құрылғыларды да атап өткен жөн. Ағынды суларды тазартуға арналған толық қондырғыларға тән құрылымдардың осы түрлерін, олардың артықшылықтары мен тән құрылымдық кемшіліктерін ретімен қарастырамыз.

Дискілі биофилтрлер — бұл биофилтрдің де, аэротенктің де белгілері бар ағынды суларды биологиялық тазарту қондырғылары. Биофилтрлермен олар иммобилизациясы жүретін байланыс бетінің болуымен және мәжбүрлі аэрацияның болмауымен байланысты. Аэротенктерге ұқсастық еркін жүзетін биопленка бөлшектері бар ағынды сумен толтырылған резервуардың болуына байланысты. Ағынды сулар әдетте гофрленген беті бар дискілері бар айналмалы ротор түсірілген резервуарға түседі, осылайша дискілердің жоғарғы бөлігі судың үстінде болады, ал дискілердің төменгі бөлігі ағынды сұйықтыққа батырылады. Биофилтрлеу дискілердің бетінде жүреді. Биофилтрация су бетінен жоғары болған кезде, дискілердің айналу процесінде ауадағы оттегінің сіңуі және биосүзгілеуде сорылған ластаушы заттардың тотығуы жүреді, ал оны ағынды суға батырған кезде еріген және коллоидты органикалық заттардың сорбция процесі жүреді. Роторды дискілермен айналдыру кезінде ағынды суды аэрациялау процесі де жүзеге асырылады. Биофилтрлеу дискілерінің бетінде артқан сайын оның бір бөлігі үзіліп, ағынды сұйықтыққа өтеді, онда ол белсенді лайдың үлпектері сияқты өлшенеді, осылайша ағынды суларды тазарту процесі тек дискілердің ағынды сулармен жанасу бетінде ғана емес, сонымен қатар дискілердің астында резервуардағы ағынды сұйықтықтың көлемінде де жүзеге асырылады. Дискілерде пайда болатын биофилтрлеу қалыңдығы кіретін ағынды сулардың құрамы мен температурасы, ротордың айналу жылдамдығы, биодиск бетінің ауданы сияқты факторларға байланысты және «юск миллиметріне» жетуі мүмкін. Оларды қолдану процесінде бұл құрылымдарға бекітілген биомассаны тиеу — тасымалдаушымен жабдықталған аэротенктерді пайдалану кезінде туындайтын проблемаларға ұқсас проблемалар тән. Сонымен, бастапқы тұндыру болмаған кезде дискілерде биомассаның ыдырауы пайда болады, ал дискаралық кеңістік шірік иісі бар шырышты массамен тұншығуы мүмкін. Нәтижесінде диск биотасымалдаушылардың гидравликалық жұмыс схемасы бұзылады, өйткені дискілердің беткі қабатында пленка болмайды. Бұл қондырғылардың кейбір модификацияларында төмен өнімділігімен ерекшеленеді (тәулігіне 5 м³ аспайды), бастапқы тұндырғыш та, шөгінді тығыздағыш та жоқ. Екінші тұндырғышта тұндырылған биофилтрлеу кезінде эрлифтпен дискілі тасымалдағыштары бар резервуарға айдалады, ол бұл жағдайда бастапқы тұндырғыш пен тұнба тығыздағыштың рөлін атқарады. Бұл схема құрылымдардың қанағаттанарлықсыз жұмысына әкеледі. Мұндай құрылымдардың модификациясы тиімсіз болып табылады. Олар септиктен, биодисктерден, қайталама тұндырғыштан тиеумен алдын ала тазалау блогынан, дезинфекциялау торабынан және илеу тығыздағыштан тұратын қондырғылар (Халтурина, 2014).

Дискілі биосүзгілері бар ағынды суларды тазартатын қондырғылардың

кейбір өндірушілері биологиялық азотты кетіру мүмкіндігін көрсету үшін оларды денитрификатор бөліктерімен жабдықтайды. Алайда, денитрификация процесінің қарқындылығы тыныс алу көзі ретінде азот оксидтерін пайдаланатын микроорганизмдердің санына, демек, құрылыс көлеміндегі биомасса концентрациясына (тұнба дозасы) тікелей байланысты. Бұл компоненттегі дискілі биофилтрлер пневматикалық аэрациясы бар құрылымдардан (аэротенктерден) біржақты төмен, нәтижесінде олар негізінен оттегінің биологиялық тұтынуы (ОБТ) мәнінің төмендеуін ғана қамтамасыз етеді (Группа компаний Enviro Chemie. Технологии для очистки воды).

Эвтрофикация процестері су объектілеріне үлкен қауіп төндіреді. Эвтрофикация - биогендік элементтердің су объектісіне артық түсуінің нәтижесі. Қазіргі уақытта ағынды суларды тазартудың барлық қолданыстағы құрылымдары тазартылған суда азот пен фосфордың қажетті мөлшерін қамтамасыз етпейді. Бұл мәселені шешудің негізі - азот пен фосфорды кетірудің технологиялық параметрлерін сақтай отырып, тазарту қондырғысын дұрыс пайдалану (Авдеенков, 2019).

Нитрификация және денитрификация — судың сапасы мен қоршаған ортаны, адам денсаулығын қамтамасыз ету үшін зиянды азот қосылыстарын бірлесіп жоятын ағынды суларды тазартудың маңызды биологиялық процестері. Механикалық тазарту кезінде барабанды сүзгіден кейбір заттар өтіп кетеді де сорғыштардың жұмысын қиындатады және шіріп кетуіне байланысты ұзақ қолданысқа жарамайды (1,2 сурет)



Сурет 1 - Барабан елегі



Сурет 2 - Дозалау сорғысы

Су жолдарындағы қоректік заттардың проблемалары жақын болашақта сақталуы мүмкін. Барлық қоректік заттардың төгінділерін қазір тоқтатуға болатын болса да, су шөгінділеріндегі қоректік заттардың үлкен қоры жоғарғы сулардағы қоректік заттардың деңгейін сақтауға кепілдік береді. Уақыт өте келе шөгінділердегі қоректік заттардың мөлшері денитрификация, дисперсия және жаңа шөгінділермен жабу сияқты процестерге байланысты төмендейді деп күтілуде. Су аймақтарындағы қоректік заттардың жоғары деңгейі және басқа да қоршаған орта жағдайлары балдырлар мен басқа да су өсімдіктерінің қарқынды өсуіне мүмкіндік береді.

Ал мембраналық биореакторлардың (МБР) негізгі артықшылықтары:

- құрылыстарда тұнбаның жоғары дозасын ұстап тұру мүмкіндігінің есебінен сыйымды құрылыстар көлемін және тиісінше оларға тартылатын аланды азайту;

- қажетті тазалау сатыларының санын азайту, бұл электр жабдықтарының бірліктерін, соңғы сметадағы ішкі құбырлар санын азайтуға әкеледі;

- тазартылған су мен тұнба қоспасын мембраналарға бөлу биореактордан тұнбаны шығарудан қорғауды және суды бір уақытта дезинфекциялауды қамтамасыз етеді. Бірақ мембраналық биореакторлардың біздің елде әлі де кең таралмауының себептерін атап өтуге болмайды. Біріншіден, бұл осы жабдықтың жоғары бағасы, "классикалық" тазарту қондырғыларының құнынан едәуір жоғары. Екіншіден, МБР қондырғыларының ең қымбат компоненті -мембраналардың өздері - шамамен 5-7 жыл қызмет етеді. Үшіншіден, ұсақ механикалық тазартуға арналған жабдықтардың істен шығуы немесе майлардың немесе мұнай өнімдерінің төгілуі сияқты төтенше жағдайлардың туындауы мембраналардың істен шығуына әкеледі және бұл жағдайда қаржылық салдарларды "классикалық" технология бойынша жұмыс істейтін құрылыстармен салыстыруға болмайды (Abegglen et al., 2008) сәйкес, МБР технологиясы бойынша ағынды суларды ШРК деңгейіне дейін тазарту құны $S_{nds}=(2+3)ШРК$ қол жеткізуге болатын дәстүрлі тазарту қондырғыларымен салыстырғанда 2-3 есе артады.

Қорытынды. Сонымен, тазартылған ағынды суларды қайта пайдалану мүмкіндігі болған жағдайда, жұмыс істейтін құрылымдар туралы қорытынды жасауға болады. МБР технологиялары дәстүрлі схемалардан біржақты

артықшылыққа ие. МБР және МББР - ағынды суларды тазартудың екі түрлі технологиясы. МБР биологиялық тазартуды мембраналық сүзумен біріктіреді, ал пластикалық тасымалдағыштарда биопленка өсіруді жүзеге асырады. МБР тазартылған суды бөлшектерден бөлу үшін мембраналарды, ал МББР ағынды суларды тазарту үшін тасымалдаушыларға бекітілген биопленканы пайдаланады.

ФБР бекітілген қабаты бар биопленка реакторы, оның жұмыс принципі МБР-ге ұқсас, айырмашылығы - биопленка қатты материалдың бекітілген блогына бекітіледі.

Қатты материал блогының астындағы аэрация биопленканың өсуіне қажетті оттегімен қамтамасыз етеді және пленка блогының тазалануын бақылайды.

ФБР ерекшеліктері:

1. Ол ағынды суларға бейімделе алады, кіретін су көлемі мен органикалық заттардың мөлшері үлкен шамада өзгереді.

2. МББР-ге қарағанда жұмыс істеу ыңғайлы және энергияны аз пайдаланады (төмендегі тікелей аэрация арқылы).

Аэротенктері бар жиынтық тазарту құрылыстары нитрификация, денитрификация және тұнба қоспасын бөлу процестері бір көлемде тізбектей жүргенде ағымды (аэротенк — екінші тұндырғыш қағидаты бойынша) және кезеңдік әсер ететін (SBR-реакторлар) болуы мүмкін. Мерзімді реакторлар конструктивті түрде қарапайым, бірақ аэротенктермен салыстырғанда күрделі автоматика жүйесін қажет етеді. Сонымен қатар, мұндай қондырғылардың жұмыс істеуі үшін параллель жұмыс істейтін екі реактор болуы керек, бұл сыйымдылық құрылымдарының едәуір үлкен көлеміне әкеледі. Мұндай құрылымдардың технологиялық схемасы әдетте механикалық, биологиялық тазарту, терең тазарту, дезинфекциялау және тұнбаны сусыздандыру кезеңдерін қамтиды.

Тазартылған ағынды сулардың текше метрінің ең төменгі құнын қамтамасыз ету үшін нұсқаларды техникалық-экономикалық салыстыру қажет, оның барысында жабдықтың тікелей құны да, оның жұмысының сенімділігі мен беріктігі, пайдалану шығындары, ластаушы заттардың нормадан тыс төгілуі үшін айыппұл төлемдері, штаттан тыс жағдайлардың туындау ықтималдығы және олардан кейін жүйенің жұмысын қалпына келтіру құны ескерілуі керек.

Республика экономикасының барлық салаларында суды үнемдеудің жаңа технологияларын, су шаруашылығында өнеркәсіптік үдеріс бойынша басқарудың автоматтандырылған жүйесін, су ресурстарын тиімді пайдалану мен қорғау тұрғысында мемлекеттік саясатты жаппай енгізу су ресурстарын сақтап қалуға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар бұл саланы бұдан ары қарай дамыту аясында суды жинау үшін қажетті көлемде қосымша тиісті нысандардың, су тапшылығы бар өңірлерге су ресурстарын үнемдеуге негізделген нысандардың құрылысын іске асыру, сондай-ақ Қазақстанның жерасты суларының әлеуетін зерттеу біздің қазіргі кездегі су ресурстарының әлеуетін пайдалану бойынша мүмкіндіктерімізді арттырады.

Әдебиеттер

Abegglen C., Ospelt M., et al Siegrist H. (2008). Biological nutrient removal in a small-scale MBR treating household wastewater. *Water Research*. — V. 42 (1-2), — 338-346.

Lazarova V. (2008) Reliability of operation and failure management of membrane wastewater treatment, *Water Practice & Technology*. — 3(2). DOI:10.2166/wpt.2008.044

Marek Holba, Karel Plotěný, Lukáš Dvořák, Marcel Gómez (2012) Full-scale Applications of Membrane Filtration in Municipal Wastewater Treatment Plants, *CLEAN*. — Soil Air Water. — 40(5). DOI:10.1002/clen.201000398. https://www.researchgate.net/publication/264264471_Full-scale_Applications_of_Membrane_Filtration_in_Municipal_Wastewater_Treatment_Plants

Schmidt I., Sliemers O., Schmid M., Bock E., Fuerst J., Kuennen J.G., Jetten M.S.M. and Strous M. (2003). New concepts of microbial treatment processes for the nitrogen removal in wastewater, *FEMS Microbiol. Rev.* — 27. — P. 481—492. <https://academic.oup.com/femsre/article/27/4/481/593235>

State of the World 2000. A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society. — W.W.Northon & Co. (2000). New York & London. — P. 262. <https://www.demoscope.ru/weekly/023/biblio02.php>

Авдеенков П.П. (2019) Эксплуатация очистных сооружений, реализующих процессы нитриденитрификации / П. П. Авдеенков, Н. Е. Чистяков. — Текст: непосредственный, Молодой ученый. — № 24 (262). — С. 16-17. — URL: <https://moluch.ru/archive/262/60524/>

Алексеев М.И. Курганов А.М. (2000) Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий, М-СПб. — С. 352. https://mega.nz/file/KMRDBZJY#45T4ehrSX_ixi4oX0MTN1PGpJZu-h5b4bVAMiC6oDZs

Берникова Т.А. (2011) Гидрология с основами метеорологии и климатологии [Текст]: учебник /Т.А. Бердникова. — М.: Изд-во "Моркнига". — 600 с. <https://izd-mn.com/PDF/52MNNPU20.pdf>

Вольф И.В. (2013) Химия окружающей среды. Химия гидросферы [Текст]: учебное пособие /И.В. Вольф, М.А. Синякова. — СПб.: Изд-во СПбГТУРП. — 90 с. <https://nizpr.narod.ru/metod/kafoxrokrsr/1.pdf>

Группа компаний Enviro Chemie. Технологии для очистки воды. [Электронный ресурс]. <https://www.envirochemie.ru/ru/envirochemie-gmbh-rossdorf>

Данилов-Данильян В.И. (2006) Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев. — М.: Наука. — С. 218. <https://www.prometeus.nsc.ru/contents/books/danilov.ssi>

Михайлов В.Н. Гидрология/В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский (2008). — М.: Высшая школа. — 463 с.

Мишуков Б.Г., Адельшин А.Б., Селюгин А.С., Соловьева Е.А., Адельшин А.А. (2006) Опытнo-промышленная линия для биологической очистки сточных вод с денитрификацией и дефосфатированием, Известия КГАСУ. — №2(6) https://izvestija.kgasu.ru/files/2_2006/Mishukov_94_96.pdf

Морозова К.М. (2009) Принципы расчета систем биологической очистки сточных вод, Водоснабжение и сан. техника. — № 1. — С.26-31. https://vodanews.info/wp-content/uploads/2019/02/NDT_1_37.pdf?ysclid=lb7kyhozl4520769550

Никаноров А.М. (2001) Гидрохимия [Текст]: учебник/А.М. Никаноров. — 2-ое изд., перераб. и доп. — СПб: Гидрометеоздат. —С. 444. https://mgmtmo.ru/edumat/hydrochem/Nikanorov_Hydrochemistry_2.pdf

Рассказов А.А. (2011) Учение о гидросфере [Текст]: учебно-методическое пособие / А.А. Рассказов, Е.Ю. Васильева, Е.С. Горбатов. — М.: Изд-во РУДН. — С. 76. <https://edu.tusur.ru/publications/2227>

Свитцов А.А. (2007) Введение в мембранные технологии. — М. ДеЛи Принт. — С. 280. <http://www.membranemsk.ru/ychposob.html>

Терещук М.Н. (2010). Особенности проектирования сооружений биологической очистки в условиях высоких и низких температур, «Вода и экология». — №1. <http://wemag.ru/arhiv/2011>

Халтурина Т.И. (2014). Очистка сточных вод промышленных предприятий: учебно-методическое пособие [для студентов профиля подготовки 270800.68.00.06 «Водоснабжение и водоотведение»] /

Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т. — Красноярск: СФУ [Электронный ресурс]. <https://www.c-z-s.ru/doc/water-treatment/study/halturina-t.i.-ochistka-stochnyih-vodpromyishlennyih-predp.pdf>

Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. (2004) Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы. — М.: Мир. — С. 113-132. http://inzproekt.ru/ochistka_stochnyh_vod_ot_asota.html

References

Abegglen C., Ospelt M., et al Siegrist H. (2008) [Biological nutrient removal in a small-scale MBR treating household wastewater], *Water Research*, — V. 42 (1-2). — P. 338-346. (in English)

Alekseev M.I., Kurganov, A.M. (2000) Organizatsiya otvedeniya poverkhnostnogo (dozhdevogo i talogo) stoka s urbanizirovannykh territoriy [Organization of Surface (Rainfall and Melting) Runoff Disposal from Urbanized Areas], Moscow-St.Petersburg, — P. 352. https://mega.nz/file/KMRDBZJY#45T4ehrSX_ixi4oX0MTN1PGpJZu-h5b4bBAMiC6oDZs (in Russian)

Avdeenkov P. P. (2019) Eksploatatsiya ochistnykh sooruzheniy, realizuyushchikh protsessy nitrindenitrifikatsii [Operation of Treatment Facilities Implementing Nitrite-Denitrification Processes] / P. P. Avdeenkov, N. E. Chistyakov. — Text: direct, Young Scientist. — No. 24 (262). — P. 16-17. — URL: <https://moluch.ru/archive/262/60524/> (in Russian)

Bernikova T.A. (2011) Gidrologiya s osnovami meteorologii i klimatologii [Hydrology with the basics of meteorology and climatology] [Text]: textbook /T.A. Berdnikova. — М.: Publishing house "Morkniga". — P. 600. <https://izd-mn.com/PDF/52MNNPU20.pdf> (in Russian)

Danilov-Danilyan, V.I. (2006) Potreblenie vody: ekologicheskie, ekonomicheskie, sotsial'nye i politicheskie aspekty [Water Consumption: Environmental, Economic, Social, and Political Aspects] / V.I. Danilov-Danilyan, K.S. Losev. — Moscow: Nauka. — P. 218. <https://www.prometeus.nsc.ru/contents/books/danilov.ssi> (in Russian)

Enviro Chemie Group of Companies. Tekhnologii dlya ochistki vody [Technologies for Water Treatment].[Electronic resource]. <https://www.envirochemie.ru/en/envirochemie-gmbh-rossdorf> (in English)

Henze M. Armoes P., La-Cour-Jansen Y., Arvan E. (2004) Ochistka stochnykh vod. Biologicheskiye i khimicheskiye protsessy [Wastewater Treatment. Biological and Chemical Processes]. — М.: Мир. — P. 113-132. http://inzproekt.ru/ochistka_stochnyh_vod_ot_asota.html (in English)

Khalturina T.I. (2014) Ochistka stochnykh vod promyishlennykh predpriyatiy [Wastewater treatment of industrial enterprises: an educational and methodical manual [for students of the training profile 270800.68.00.06 "Water supply and sanitation"]. Sib. feder. un-t, Eng.-builds. in-T. — Krasnoyarsk: SFU [Electronic resource]. <https://www.c-z-s.ru/doc/water-treatment/study/halturina-t.i.-ochistka-stochnyih-vodpromyishlennyih-predp.pdf> (in Russian)

Lazarova V. (2008) [Reliability of operation and failure management of membrane wastewater treatment, *Water Practice & Technology*]. — 3(2). DOI:10.2166/wpt.2008.044 (in Russian)

Marek Holba, Karel Plotěný, Lukáš Dvořák, Marcel Gómez (2012) [Full-scale Applications of Membrane Filtration in Municipal Wastewater Treatment Plants]. *CLEAN - Soil Air Water*. — 40(5). DOI:10.1002/clen.201000398. https://www.researchgate.net/publication/264264471_Fullscale_Applications_of_Membrane_Filtration_in_Municipal_Wastewater_Treatment_Plants (in English)

Mikhailov V.N. Hydrology V.N. Mikhailov A.D. Dobrovolsky (2008) — Moscow: Vysshaya Shkola, — 463 p. (in Russian)

Mishukov B.G., Adelshin A.B., Selyugin A.S., Solovyova E.A., Adelshin A.A. (2006) Opytno-proizvolstvennaya liniya dlya biologicheskoy ochistki stochnykh vod s denitrifikatsiyey i defosfatirovaniem [Experimental and Industrial Line for Biological Wastewater Treatment with Denitrification and Dephosphorylation]], *Izvestiya KGASU*. — No. 2(6) https://izvestija.kgasu.ru/files/2_2006/Mishukov_94_96.pdf (in Russian)

Morozova K.M. (2009) Printsipy rascheta sistem biologicheskoy ochistki stochnykh vod, Vodoprovodeniye i san. tekhnika [Principles of Calculation of Biological Wastewater Treatment Systems], *Water Supply and Sanitary Engineering*. — No. 1. — P. 26-31. https://vodanews.info/wpcontent/uploads/2019/02/NDT_1_37.pdf?ysclid=lb7kyhozl4520769550 (in Russian)

Nikanorov, A.M. (2001) *Gidrokimiya [Hydrochemistry]* [Text]: Textbook. A.M. Nikanorov. — 2nd ed., revised and expanded. — St.Petersburg: Gidrometeoizdat. — P. 444. https://mgmtmo.ru/edumat/hydrochem/Nikanorov_Hydrochemistry_2.pdf (in Russian)

Rasskazov A.A. (2011) *Ucheniye o gidrosfere [The Doctrine of the Hydrosphere]* [Text]: Educational and Methodological Guide. A.A. Rasskazov E.Yu. Vasilyeva and E.S. Gorbatov. — Moscow: RUDN University Press. — P. 76. <https://edu.tusur.ru/publications/2227> (in Russian)

Schmidt I., Sliemers O., Schmid M., Bock E., Fuerst J., Kuenen J.G., Jetten M.S.M. and Strous M. (2003) [New concepts of microbial treatment processes for the nitrogen removal in wastewater]. *FEMS Microbiol. Rev.* — 27. — P. 481—492. <https://academic.oup.com/femsre/article/27/4/481/593235> (in English)

Svittsov A.A. (2007) *Vvedeniye v membrannyye tekhnologii [Introduction to Membrane Technologies]*. — M. DeLi Print. — P. 280. <http://www.membranemsk.ru/ychnosob.html> (in Russian)

Tereshchuk M.N. (2010) [Features of Designing Biological Treatment Facilities in High and Low Temperature Conditions]. "Water and Ecology". — No. 1. <http://wemag.ru/arhiv/2011> (in Russian)

Wolf I.V. (2013) *Khimiya okruzhayushchey sredy. Khimiya gidrosfery [Chemistry of the environment. Chemistry of the Hydrosphere]* [Text]: Textbook / I.V. Wolf, M.A. Sinyakova. — St.Petersburg: SPbGTUPR, — P. 90. <https://nizrp.narod.ru/metod/kafoxrokrsr/1.pdf> (in Russian)

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

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

Submission of an article to the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The Central Asian Academic Research Center LLP follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the Central Asian Academic Research Center LLP.

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

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

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

Подписано в печать 29.12.2025.

Формат 60x88¹/₈.
18,0 п.л. Заказ 4.