

ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (Print)



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»
ЧФ «Халық»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
4 (457)

SEPTEMBER – DECEMBER 2023

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в Astana IT University, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «USTEM Robotics» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «Almaty Digital Ustaz».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится

работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и WoS и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 4

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мынжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) Н = 11

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) Н = 13

СТРНАД Мирослав, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) Н = 66

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-дың бірінші проректоры (Алматы, Қазақстан) Н = 11

ХОХМАНН Джудит, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) Н = 38

РОСС Самир, PhD докторы, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ) Н = 35

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, философия докторы (PhD, фармацевт), Рединг университетінің профессоры (Рединг, Англия) Н = 40

ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) Н = 13

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) Н = 21

ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) Н = 6

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы, химия ғылымдарының докторы, профессор, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) Н = 4

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) Н = 6

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) Н = 13

ГАРЕЛИК Хемда, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) Н = 15

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № **KZ66VPY00025419** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *органикалық химия, бейорганикалық химия, катализ, электрохимия және коррозия, фармацевтикалық химия және технологиялар.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тиражы: 300 дана.

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

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arithiv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2023

Редакцияның мекенжайы: 050100, Алматы қ., Қонаев к-сі, 142, «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) Н = 4

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан) Н = 11

АГАБЕКОВ В ладимир Енокович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь) Н = 13

СТРНАД Мирослав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия) Н = 66

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, Первый проректор КазНУ имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н = 11

ХОХМАНН Джудит, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия) Н = 38

РОСС Самир, доктор PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США) Н = 35

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия) Н = 40

ТЕЛЬГАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан) Н = 13

ФАРУК Асана Дар, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан) Н = 21

ФАЗЫЛОВ Серик Драхметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан) Н = 6

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан) Н = 4

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан) Н = 6

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан) Н = 13

ГАРЕЛИК Хемда, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия) Н = 15

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (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 № KZ66VPY00025419, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *органическая химия, неорганическая химия, катализ, электрохимия и коррозия, фармацевтическая химия и технологии.*

Периодичность: 4 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

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

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/archiv>

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2023

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, president of NAS RK, general director of JSC "Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky (Almaty, Kazakhstan) H = 4

Editorial board:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the international Scientific and production holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) H = 11

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) H = 13

STRNAD Miroslav, head of the laboratory of the institute of Experimental Botany of the Czech academy of sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) H = 66

BURKITBAYEV Mukhambetkali, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, first vice-rector of al-Farabi KazNU (Almaty, Kazakhstan) H = 11

HOHMANN Judith, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, university of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) H = 38

ROSS Samir, Ph.D., professor, school of Pharmacy, national center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) H = 35

KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D., pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) H = 40

TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly, doctor of technical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) H = 13

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine. faculty of Oriental medicine, Hamdard university (Karachi, Pakistan) H = 21

FAZYLOV Serik Drakhmetovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director for institute of Organic synthesis and coal chemistry (Karaganda, Kazakhstan) H = 6

ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) H = 4

KHALIKOV Jurabay Khalikovich, doctor of chemistry, professor, academician of the academy of sciences of Tajikistan, institute of Chemistry named after V.I. Nikitin AS RT (Tajikistan) H = 6

FARZALIEV Vagif Medzhid ogly, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) H = 13

GARELIK Hemda, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) H = 15

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (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. **KZ66VPY00025419**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *organic chemistry, inorganic chemistry, catalysis, electrochemistry and corrosion, pharmaceutical chemistry and technology.*

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 300 copies.

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

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2023

Editorial address: JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry», 142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
ISSN 2224–5286

Volume 4. Number 457 (2023), 92–102

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.195>

УДК: 665.6/.7

МРТНИ: 61.51.15

© E.A. Zhakmanova^{1*}, G.Zh. Seytenova¹, R.M. Dyusova², 2023

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

²Toraigyrov University NCJSC, Pavlodar, Kazakhstan.

E-mail: Katerina_1998z@mail.ru

REVIEW OF THE CURRENT STATE OF APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING METHODS FOR THE PURPOSE OF OPTIMIZING REFINERIES IN KAZAKHSTAN AND ABROAD

Zhakmanova YE.A. — PhD student, N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-0545-5912>;

Seytenova G. Zh. — Candidate of Chemical Sciences, Professor, N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0001-6202-3951>;

Dyusova R.M. — Postdoctoral researcher, Toraigyrov University NCJSC, Pavlodar, Kazakhstan

<https://orcid.org/0000-0003-3083-5255>.

Annotation. Petroleum refining is an important sector of the economy of many countries and plays a significant role in supplying energy and fuel to various industrial sectors. The current challenges faced by the oil refining industry are primarily driven by product quality, market demands and environmental regulations. In the face of declining quality of raw materials and changes in their properties, the plant must produce higher quality products, paying special attention to more environmentally friendly ones. One of the solutions to these problems is the use of mathematical modeling methods in order to optimize and predict processes occurring at oil refineries. The promise of mathematical modeling in the petroleum industry is broad and important. This tool is becoming increasingly valuable and necessary for solving complex problems and optimizing processes in this industry. Mathematical modeling allows you to optimize the processes of production, refining and transportation of oil and petroleum products, which will lead to increased productivity and reduced costs, helps reduce the negative impact on the environment by optimizing processes and controlling greenhouse gas emissions and pollution. With the development of artificial intelligence and machine learning, mathematical models are becoming the basis for automation and control of production processes, which increases the reliability and safety of operations. This article highlights modern methods for optimizing oil refineries using the method of

mathematical modeling and their integration with methods of artificial intelligence and machine learning, and notes their application in the management of an oil refinery. Petroleum refining is an important sector of the economy of many countries and plays a significant role in supplying energy and fuel to various industrial sectors. The current challenges faced by the oil refining industry are primarily driven by product quality, market demands and environmental regulations. In the face of declining quality of raw materials and changes in their properties, the plant must produce higher quality products, paying special attention to more environmentally friendly ones. One of the solutions to these problems is the use of mathematical modeling methods in order to optimize and predict processes occurring at oil refineries. The promise of mathematical modeling in the petroleum industry is broad and important. This tool is becoming increasingly valuable and necessary for solving complex problems and optimizing processes in this industry. Mathematical modeling allows you to optimize the processes of production, refining and transportation of oil and petroleum products, which will lead to increased productivity and reduced costs, helps reduce the negative impact on the environment by optimizing processes and controlling greenhouse gas emissions and pollution. With the development of artificial intelligence and machine learning, mathematical models are becoming the basis for automation and control of production processes, which increases the reliability and safety of operations. This article highlights modern methods for optimizing oil refineries using the method of mathematical modeling and their integration with methods of artificial intelligence and machine learning, and notes their application in the management of an oil refinery.

Keywords: mathematical modeling, oil refining, optimization, resource efficiency, petrochemistry

© Е.А. Жакманова^{1*}, Г. Ж. Сейтенова¹, Р.М. Дюсова², 2023

¹Л.Н. Гумилев Атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан;

²Торайғыров университеті КЕАҚ, Павлодар, Қазақстан.

E-mail: Katerina_1998z@mail.ru

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЖӘНЕ ШЕТЕЛДЕГІ МҰНАЙ ӨНДЕУ ЗАУЫТТАРЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ МАҚСАТЫНДА МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУДЫҢ АҒЫМДАҒЫ ЖАҒДАЙЫНА ШОЛУ

Аннотация. Мұнай өңдеу көптеген елдер экономикасының маңызды саласы болып табылады және әртүрлі өнеркәсіп салаларын энергиямен және отынмен қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Мұнай өңдеу өнеркәсібінің қазіргі кездегі қиындықтары ең алдымен өнім сапасымен, нарықтық талаптармен және қоршаған ортаны қорғау ережелерімен байланысты. Шикізат сапасының төмендеуі және олардың қасиеттерінің өзгеруі жағдайында зауыт экологиялық таза өнімге ерекше назар аудара отырып, жоғары сапалы өнім шығаруы керек. Бұл мәселелерді шешудің бірі мұнай өңдеу зауыттарында болып жатқан процестерді оңтайландыру және болжау мақсатында математикалық модельдеу әдістерін

қолдану болып табылады. Мұнай өнеркәсібінде математикалық модельдеудің уәдесі кең және маңызды. Бұл құрал күрделі мәселелерді шешу және осы саладағы процестерді оңтайландыру үшін барған сайын құнды және қажетті болып келеді. Математикалық модельдеу мұнай және мұнай өнімдерін өндіру, өңдеу және тасымалдау процестерін оңтайландыруға мүмкіндік береді, бұл өнімділікті арттыруға және шығындарды азайтуға әкеледі, процестерді оңтайландыру және парниктік газдар шығарындылары мен ластануын бақылау арқылы қоршаған ортаға теріс әсерді азайтуға көмектеседі. Жасанды интеллект пен машиналық оқытудың дамуымен математикалық модельдер өндірістік процестерді автоматтандыру мен басқарудың негізіне айналуға, бұл операциялардың сенімділігі мен қауіпсіздігін арттырады. Бұл мақалада математикалық модельдеу әдісін қолдана отырып, мұнай өңдеу зауыттарын оңтайландырудың заманауи әдістері және оларды жасанды интеллект және машиналық оқыту әдістерімен біріктіру қарастырылады және олардың мұнай өңдеу зауытын басқаруда қолданылуын атап өтеді.

Түйін сөздер: математикалық модельдеу, мұнай өңдеу, оңтайландыру, ресурс тиімділігі, мұнай химиясы

© Е.А. Жакманова^{1*}, Г.Ж. Сейтенова¹, Р.М. Дюсова², 2023

¹Евразийский Национальный Университет Им. Л. Гумилева, Казахстан, Астана;

²НАО Торайгыров Университет, Казахстан, Павлодар.

E-mail: Katerina_1998z@mail.ru

ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ ОПТИМИЗАЦИИ НПЗ В КАЗАХСТАНЕ И ЗА РУБЕЖОМ

Аннотация. Нефтепереработка является важной отраслью экономики многих стран и играет значительную роль в снабжении энергией и топливом различных секторов промышленности. Текущие проблемы, с которыми сталкиваются нефтеперерабатывающая промышленность в первую очередь обусловлены качеством продукции, требованиями рынка и экологическими нормами. В условиях снижения качества сырья и изменения его свойств завод должен производить более качественную продукцию, уделяя особое внимание более экологически чистой. Одним из решений данных проблем служит применение методов математического моделирования в целях оптимизации и прогнозирования процессов, протекающих на нефтеперерабатывающих заводах. Перспективы математического моделирования в нефтяной промышленности являются обширными и важными. Этот инструмент становится все более ценным и необходимым для решения сложных задач и оптимизации процессов в данной отрасли. Математическое моделирование позволяет оптимизировать процессы добычи, переработки и транспортировки нефти и нефтепродуктов, что приведет к увеличению производительности и снижению издержек, помогает снижать негативное воздействие на окружающую среду, оптимизируя процессы и

контролируя выбросы парниковых газов и загрязнение. С развитием искусственного интеллекта и машинного обучения математические модели становятся основой для автоматизации и управления производственными процессами, что повышает надежность и безопасность операций. В данной статье выделены современные методы оптимизации нефтеперерабатывающих производств при помощи метода математического моделирования и их интеграцию с методами искусственного интеллекта и машинного обучения, отмечено их применение в управлении нефтеперерабатывающего предприятия.

Ключевые слова: математическое моделирование, нефтепереработка, оптимизация, ресурсоэффективность, нефтехимия

Финансирование: В рамках проекта Проект «Жас галым» AP19175752 «Научно-техническое обеспечение энергосбережения и ресурсоэффективности технологии приготовления высокооктановых бензинов и ароматических углеводородов»

Введение

Математическая модель — это абстрактное описание процессов, связанных с извлечением и переработкой нефти, с использованием математических уравнений и формул [1]. Фундаментальные основы моделирования процессов нефтепереработки включают в себя знания в области термодинамики, кинетики реакций, массопереноса, физической и коллоидной химии, механических и электрических свойств материалов и сенсорики. Также важно иметь понимание различных видов реакций: катализаторные, газообразные, жидкофазные и многие другие [2],[3]. Математическая модель может быть реализована в виде компьютерной программы, которая позволяет проводить численное моделирование процессов переработки нефти с различными параметрами. Это позволяет анализировать процесс на различных этапах, оптимизировать его и проводить виртуальные эксперименты, что существенно ускоряет и удешевляет разработку и оптимизацию технологических процессов в нефтепереработке [4]. Ниже представлены примеры применения методов математического моделирования в процессах переработки нефти [5],[6],[7]:

- Прогнозирование сырья и производственных процессов. Математические модели могут использоваться для прогнозирования поставок сырья (сырой нефти) и спроса на нефтепродукты (бензин, дизельное топливо и др.), что позволяет оптимизировать запасы и производственные планы.

- Оптимизация процессов. Моделирование различных процессов, может помочь оптимизировать температурные режимы, давления и другие параметры, чтобы достичь максимального выхода продукции с минимальными затратами энергии.

- Моделирование реакторов. В процессах каталитической переработки нефти используются реакторы. Математическое моделирование таких реакторов помогает оптимизировать условия реакции, выбрать подходящие катализаторы и улучшить выход продукции.

- Управление процессами. Математические модели используются для управления процессами нефтепереработки, позволяя регулировать параметры в реальном времени для обеспечения стабильной и высокоэффективной работы оборудования.

- Прогнозирование качества продукции. Моделирование может помочь предсказать качество и характеристики конечных продуктов на основе параметров сырья и условий производства.

- Оптимизация экологических показателей: Моделирование может использоваться для уменьшения негативного воздействия процессов нефтепереработки на окружающую среду, например, путем оптимизации выбросов в атмосферу или обработки отходов.

Материалы и методы

Существует множество методов математического моделирования для оптимизации различных процессов и систем.

Метод линейного программирования LP (Linear Programming) применяется в различных аспектах нефтепереработки для решения задач оптимизации, которые можно сформулировать как линейные. Он основывается на работе с линейными функциями и линейными ограничениями. Формулируется в виде задачи оптимизации, где необходимо найти такие значения переменных, которые максимизируют или минимизируют линейную целевую функцию при соблюдении линейных ограничений. Линейная целевая функция может быть выражена в виде линейной комбинации переменных, где коэффициенты являются коэффициентами при переменных, а сама функция определяет целевую величину, которую необходимо оптимизировать. Линейные ограничения задаются в виде линейных неравенств или уравнений, ограничивающих значения переменных [8]. Они могут быть связаны с ресурсами, требованиями или ограничениями, которые влияют на решение задачи оптимизации. Преимуществами метода являются его эффективность и применимость к широкому классу задач. Однако метод имеет и недостатки, такие как ограничение на линейность функции цели и ограничение на линейность ограничений [9]. Для решения задач оптимизации, используются различные программные пакеты и инструменты. Выбор конкретного инструмента зависит от сложности задачи оптимизации, доступности ресурсов и предпочтений в использовании программного обеспечения.

Метод смешанного-целочисленного линейного программирования MILP (Mixed-Integer Linear Programming) — метод, который широко используется в нефтепереработке и других отраслях. Данный метод позволяет учитывать, как линейные, так и целочисленные (целые числа) переменные в задаче оптимизации. Несмотря на множество преимуществ, метод MILP имеет некоторые ограничения и недостатки. MILP-задачи могут быть вычислительно сложными, особенно когда задача имеет большое количество переменных и ограничений. Нахождение оптимального решения может потребовать значительного времени и вычислительных ресурсов, особенно для больших задач [10].

Метод смешанного-целочисленного нелинейного программирования MINLP

(Mixed-Integer Nonlinear Programming) — это математический метод оптимизации, который сочетает в себе как непрерывные (нецелочисленные), так и целочисленные переменные и позволяет решать задачи оптимизации, в которых могут присутствовать как линейные, так и нелинейные функции. В нефтепереработке метод MINLP может быть использован для решения более сложных и точных задач оптимизации, которые учитывают нелинейные зависимости между переменными и имеют дискретные решения [11]. Использование метода MINLP требует более сложных и вычислительно ресурсоемких алгоритмов, чем линейное программирование (MILP) [12]. Для решения задач MINLP часто применяются специализированные программные пакеты и библиотеки, такие как BARON, Bonmin и другие, которые спроектированы для эффективного решения нелинейных и целочисленных задач оптимизации [13].

Trust-region метод (TRM) - является одним из самых важных численных методов оптимизации в решении проблем нелинейного программирования (MLNP). Метод базируется на определении региона вокруг лучшего решения, в котором квадратичная модель аппроксимирует целевую функцию. Trust-region методы надежны и устойчивы, могут быть применены к плохо обусловленным задачам и имеют очень хорошие свойства сходимости. Один из главных недостатков trust-region методов — это сложность выбора параметров, таких как размер начального радиуса trust region и критерии его увеличения или сокращения на каждой итерации. Неправильный выбор этих параметров может замедлить сходимость или привести к неудачному решению задачи оптимизации. Необходимо тщательно анализировать конкретную задачу оптимизации и ее характеристики, чтобы определить, подходят ли trust-region методы для данной задачи, и какие могут возникнуть ограничения и сложности в процессе оптимизации [14].

Генетические алгоритмы (Genetic Algorithms) генетические алгоритмы вдохновлены процессами естественного отбора и эволюции. Они применяются для поиска оптимальных решений в пространствах параметров, которые могут быть сложными и многомерными. Генетические алгоритмы могут оптимизировать функции, которые не являются дифференцируемыми, что делает их полезными для задач, связанных с дискретными переменными [15]. Генетические алгоритмы предлагают мощный инструмент для оптимизации производственных процессов, особенно в случаях, когда пространство поиска решений большое и сложное. Недостатком генетических алгоритмов является их вычислительная сложность. Генетические алгоритмы требуют большого количества вычислительных ресурсов, особенно при работе с большими популяциями и сложными задачами [16].

Random Forest (случайный лес) — это алгоритм машинного обучения, основанный на композиции «деревьев» решений. Он использует метод ансамбля, позволяющий комбинировать результаты нескольких алгоритмов для достижения более точных результатов. В методе Random Forest строится большое количество решений, каждое из которых обучается на подмножестве обучающих данных, выбранном случайным образом. Для каждого узла в дереве выбирается

случайный поднабор признаков, по которым будет проводиться разделение. Затем каждое дерево создает решение, и окончательное решение получается путем усреднения всех [17]. Главным преимуществом данного метода является возможность обрабатывать большое количество признаков без предварительного их отбора. Недостатком же является возможное возникновение корреляции между решениями, что может снижать эффективность модели [18].

Результаты

В последнее время использование фундаментальных основ математического моделирования для оптимизации процессов нефтепереработки на предприятиях Казахстана и стран СНГ широко заинтересовало исследователей. Выбор конкретного метода зависит от характера задачи оптимизации, доступных данных и вычислительных ресурсов. В некоторых случаях может потребоваться комбинировать несколько методов или применять многокритериальную оптимизацию для учета нескольких целей одновременно.

Например, в ряде работ были предложены кинетические математические модели, которые учитывают физико-химические закономерности процессов каталитического крекинга, дезактивацию катализатора и свойства сырья в конкретном групповом и структурно-групповом составе нефти. В работе [19] модель позволяет подобрать подходящее сырье для исследуемого катализатора. В будущем применение модели позволит прогнозировать оптимальные технологические условия при вовлечении в переработку различных видов сырья. Что особенно актуально в условиях интенсификации нефтепереработки. Прогнозные расчеты позволили увеличить выход основных продуктов, а именно бензиновой фракции и газов крекинга. В другой работе, [19] разработанная модель каталитического крекинга, позволяет прогнозировать изменение скорости реакции по коксу на каждом шаге расчета и дает количественную оценку влияния каждого обсуждаемого параметра на степень дезактивации катализатора. Полученные результаты дополнительно облегчают оптимизацию состава сырья и теплового баланса процесса, в целях увеличения желаемых конечных продуктов и сохранения ресурсов катализатора.

В центре внимания данного исследования [20] представлено моделирование гидродинамики химического реактора так как, химические превращения, происходящие внутри реактора, часто игнорируются. Модель построена на базе программного обеспечения ANSYS Fluent. Полученные данные могут служить руководством для пересмотра и оптимизации промышленного агрегата.

Отечественные авторы [21], разработали универсальные моделирующие программы в целях повышения ресурсоэффективности установки каталитического крекинга, риформинга и изомеризации, выхода продуктов с установки, группового состава и октанового числа бензина, а также определения оптимального режима работы реактора. В результате, математическая модель процесса каталитического риформинга позволила решить большой спектр задач: от анализа данных, для текущей переработки сырья до прогнозирования энергоэффективной работы всей установки в целом.

Ранее нами [22] за счет моделирования процессов производства бензинов расчетов по оптимизации установок каталитического риформинга и изомеризации было установлено влияние состава перерабатываемого сырья на получаемые продукты. Так же установлена зависимость технологических параметров процессов переработки на состав продуктов каталитического риформинга и изомеризации легких бензиновых фракции. Физико-химическая модель процесса позволила определять оптимальные технологические условия и углеводородный состав перерабатываемого сырья что обеспечило повышение эффективности за счет сбалансированности кислотной и металлической активности катализатора. Позднее осветили проблему производства сжиженного нефтяного газа [23] предложили общий подход математического программирования MILP, который рассматривает рабочие условия (температуру, давление) технологических установок, но не каждую из них как отдельную переменную, а как комбинацию рабочих условий, которые могут быть выбраны или нет. Особенностью данной модели является учет неопределенности уровня примесей во входном сырье. Эти значения могут быть неизвестны, например, из-за отсутствия датчиков. Модель устраняет эту неопределенность, формулируя соответствующие ограничения как случайные ограничения, что также позволяет обрабатывать естественную изменчивость.

Работа [24] представляет собой использование альтернативного метода под названием Random Forest (RF) для моделирования процессов жидкого крекинга, включающую адаптивный генетический алгоритм (AIGA) в качестве стратегии выбора переменных. В этом исследовании предлагается подход к моделированию на основе машинного обучения, который объединяет стратегию интеллектуального выбора переменных для моделирования процессов. Предложенный гибридный подход к моделированию был применен к конкретному случаю, взятому на нефтеперерабатывающем заводе на северо-западе Китая. Модель применяется для прогнозирования выхода конечного продукта. дизельное топливо, бензин и т.д. Хотя предложенный гибридный подход компетентен в выборе подходящих характеристик процесса и прогнозировании продукта, он все еще ряд недостатков. Во-первых, модель можно постоянно обновлять, чтобы реализовать самообучение модели. Кроме того, вычислительная эффективность модели требует дополнительной оптимизации. Позднее, [25] авторами был предложен новый подход оптимизации в режиме реального времени для действующего нефтеперерабатывающего завода. В целях уменьшения вычислительной нагрузки была реализована стратегию оптимизации TRF. Драйвер TRF написан на Python и интегрируется с моделью Aspen-EO RECAP и оптимизатором Aspen RTO. Однако, данная модель еще не тестировался в режиме реального времени и требует дополнительны х исследований с целью ее полной автоматизации.

Прогноз качества нефти так же крайне важен для правильного планирования и оптимизации процессов переработки, в результате авторы [26] предложили новый подход к решению проблемы планирования производства на НПЗ в условиях неопределенности качества сырой нефти. В этой работе используется модель

для определения оптимального выбора сырой нефти с помощью двухэтапного стохастического программирования. Неопределенность свойств качества сырой нефти определяется через неопределенность кривых температур кипения (ТВР) которые описываются неопределенными параметрами бета-функций. Это позволяет определить наилучший подбор сырой нефти, за короткий промежуток времени. Методология обеспечивает оптимальный подбор сырой нефти. Это первое исследование, в котором учитываются неопределенности кривых ТВР сырой нефти для стохастической оптимизации всего нефтеперерабатывающего завода и подбора сырой нефти.

Модель молекулярного уровня для процесса каталитического крекинга [27] была создана для исследования влияния расширенного реактора на распределение продукта с использованием программного обеспечения MATLAB была создана реакционная сеть, состоящая из 118 272 реакций. Модель показала, что реактор может усилить реакции переноса водорода и изомеризации с молекулярного уровня, чтобы снизить содержание олефинов и увеличить содержание парафинов в бензине. Модель может быть использована для описания распределения продуктов на молекулярном уровне от входа в реактор до выхода.

Обсуждение

Нами было исследовано несколько методологий с различными переменными, структурой и целями. Однако, применение методов математического моделирования в Казахстане и странах СНГ ограничено и представлено скудно. Это может быть вызвано различными факторами такими как: финансовые ограничения, недостаток квалифицированных специалистов, отсутствие доступа к программным средствам, сложность и неопределенность протекаемых процессов. Так же большинство моделей имеют под собой исключительно теоритическую значимость. Следовательно, необходимо либо пересмотреть структуру модели, либо разработать схему адаптации. Ввиду этого определенным направлениям следует уделить дополнительное внимание для устранения этих пробелов. В дальнейшем нами будет изучен потенциал гибридных и комплексных методов для увеличения возможностей экстраполяции и обобщения данных. Еще одна область, требующая дальнейшей работы, — это разработка моделей на основе нейронных сетей и искусственного интелкта. поскольку применение искусственного интеллекта создаст огромные возможности для использования машинного обучения в качестве мощного инструмента прогнозирования и эффективного решения очень сложных химических процессов, а также достижения оптимизации в реальном времени.

Заключение

За последние 5 лет представлено огромное количество исследований, касающихся применению различных методов математического моделирования в целях оптимизации нефтеперерабатывающего производства. Потенциальные преимущества оптимизации и контроля в реальном времени на основе математических моделей еще полноценно не отражены в работах отечественных исследователей. Исследование и применение методов математического

моделирования в нефтепереработке будет способствовать улучшению эффективности процессов, снижению затрат, повышению качества продукции и сокращению воздействия на окружающую среду, что делает его важным инструментом для развития в этой отрасли. Использование математического моделирования в нефтяной промышленности будет продолжать развиваться и играть важную роль в обеспечении эффективности, устойчивости и конкурентоспособности этой отрасли.

REFERENCES

- Максимова Н.Н. (2019). Математическое моделирование. Учебно-методическое пособие. — 88 p.
- Andersson B., Andersson R., Rasmuson A., Olsson L. (2014). *Mathematical Modeling in Chemical Engineering* New York: Cambridge University Press, —183 p.
- Hattikudur, Umesh & Nagarkatte, Umesh. (1996). *Mathematical Modeling in Chemical Engineering*. — UMAP. 17.
- Шемелова О. В. (2018). Математическое моделирование в процессах химической технологии Бюллетень науки и практики.
- Г.Р. Бурумбаева, Г.Ж. Сейтенова (2019). Каталитикалық крекинг процесінің математикалық моделін қолданыстағы қондырғыға бейімдеу Научный журнал «Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева», серия химии, география и экология. – Астана: изд-во ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. — №4 (129). — С. 59–63.
- Г.Ж. Сейтенова, Э.Д. Иванчина, В.А. Чузлов (2019). Катализатордың қышқылды және металдық белсенділігінің теңгерімділігі жағдайында каталитикалық риформинг қондырғысы жұмысының мониторингісі Научный журнал «Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н.Гумилева», серия технические науки и технологии. – Астана: изд-во ЕНУ им. Л.Н.Гумилева — №1. — (126) — Pp. 28–31.
- Symonov Denys (2020). *USAGE OF MATHEMATICAL MODELING ON THE INDUSTRIAL ENTERPRISES*. — <https://doi.org/10.36074/09.10.2020.v3.02>.
- Иваницкий А.В., Гребенник О.Г. (2018). МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЗАДАЧ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ // Теория и практика современной науки. — №1 (31)
- Ammar E. & Emsimir A. (2020). A mathematical model for solving integer linear programming problems. *African Journal of Mathematics and Computer Science Research*. — 13. — 39–50. — <https://doi.org/10.5897/AJMCSR2019.0804>
- Christodoulos A. Floudas, Xiaoxia Lin (2005). Mixed Integer Linear Programming in Process Scheduling: Modeling, Algorithms, and Applications. *Annals of Operations Research* — 139, — 131–162.
- L. Liberti (2009). Reformulations in Mathematical Programming: Definitions and Systematics. *RAIRO-OR*, — 43(1): — 55–86.
- C. Audet, P. Hansen, B. Jaumard, and G. Savard (1997). Links between linear bilevel and mixed 0–1 programming problems. *Journal of Optimization Theory and Applications*, — 93(2): — 273–300.
- Fernandes, Florbela & Costa, M. Fernanda & Fernandes, Edite. (2009). Overview on Mixed Integer Nonlinear Programming Problems. *AIP Conference Proceedings*. — 1168. — 10.1063/1.3241342.
- Shujun Li, Zhenhai Liu (2004). A new trust region filter algorithm, *Applied Mathematics and Computation*. — V.204. — Pp. 485–489, — <https://doi.org/10.1016/j.amc.2008.07.007>.
- Sivanandam S.N. & Deepa S.N. (2008). *Introduction to genetic algorithms*. Springer Science & Business Media.
- Eiben A.E. & Smith J.E. (2015). *Introduction to evolutionary computing*. Springer.
- Probst P., Boulesteix A.L. & Bischl B. (2019). Tunability: Importance of hyperparameters of machine learning algorithms. *Journal of Machine Learning Research*, — 20(25), — 1–32.
- Montagna S., Serpico S.B. & Rizzo R. (2019). Random Forests for Classification in Remote Sensing: A Review. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, — 7(1), — 71–84.
- Nazarova G.Y., Ivashkina E.N., Ivanchina E.D., Mezheva, M.Y. (2022). *A Model of Catalytic Cracking*:

Catalyst Deactivation Induced by Feedstock and Process Variables. — *Catalysts* 12, — 98. — <https://doi.org/10.3390/catal12010098>

Nazarova G.Y., Ivashkina E.N., Ivanchina E.D., Vosmerikov A.V., Vosmerikova L.N., Antonov A.V. (2021). A Model of Catalytic Cracking: Product Distribution and Catalyst Deactivation Depending on Saturates, Aromatics and Resins Content in Feed. *Catalysts* 11, — 701. — <https://doi.org/10.3390/catal11060701>

Vorobev, A., Antonov, A., Nazarova, G., Ivashkina, E., Ivanchina, E., Chuzlov, V. and Kaliyev, T. (2022). Development of a Two-Fluid Hydrodynamic Model for a Riser Reactor. *Chem. Eng. Technol.*, — 45: — 709–716. — <https://doi.org/10.1002/ceat.202100596>

Г.Ж. Сейтенова, Р.М. Дюсова, Г.Р. Бурумбаева (2023). Математическое моделирование процессов нефтепереработки как метод ресурсосбережения и энергоэффективности *Научно-технический журнал «Нефть и газ»* — 1 (133). — Рр. 144–154

Р.М. Дюсова, Г.Ж. Сейтенова, В.А. Чузлов, Э.Д. Иванчина (2019). Прогнозирование работы установок риформинга на Павлодарском НПЗ Международной междисциплинарный симпозиум "Иерархические материалы: разработка и приложения для новых технологий и надежных конструкций", Томск: Национальный исследовательский Томский государственный университет. — Р. 768.

Pavlos Eirinakis, Gregory Koronakos (2022). A mathematical programming approach for optimizing on-specs production for industrial processes under input uncertainty, *IFAC-PapersOnLine*. — Volume 55. — Issue 10. — Pp. 2822–2827. — ISSN 2405–8963. — <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.158>.

Chen Chen & Zhou Li & Ji Xu & He Ge & Dai Yiyang & Dang Yagu. (2020). An adaptive modeling strategy integrating feature selection and random forest for fluid catalytic cracking processes. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. — <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c01409>.

Xinhe Chen, Kai Wu, Andrew Bai, Cornelius M. Masuku, Jacques Niederberger, Fábio S. Liporace, Lorenz T. Biegler (2022). Real-time refinery optimization with reduced-order fluidized catalytic cracker model and surrogate-based trust region filter method, *Computers & Chemical Engineering*. — ISSN 0098–1354, — <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2021.107455>

Li, Fupei & Qian, Feng & Du, Wenli & Yang, Minglei & Long, Jian & Mahalec, Vladimir. (2021). Refinery production planning optimization under crude oil quality uncertainty. *Computers & Chemical Engineering*. — 151. — 107361. — <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2021.107361>.

Xinglong Qin, Jichang Liu, Cheng Wang, Lei Ye, Biao Xing, Wenxin Yu, Jinqian Xie, Hangzhou Wang, Ye Ji, Diannan Lu (2021). Molecular level analysis on performance of diameter expanding reactor to improve gasoline quality in FCC process, *Fuel*, — Volume 290. — 119978. — ISSN 0016–2361, — <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119978>.

CONTENTS

A. Abdullin, N. Zhanikulov, B. Taimasov, E. Potopova, A. Raisova
INVESTIGATION OF THE MICROSTRUCTURE OF SYNTHESIZED
ZINC-PHOSPHATE CEMENT CLINKER.....7

G.F. Sagitova, N.B. Ainabekov, Yu.A. Nifontov, N.M. Daurenbek
SELECTION OF RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF BITUMEN
MATERIALS BASED ON LOCAL RESOURCES.....19

Kh. Akimzhanova, A. Sabitova, Zh. Kairbekov, B. Mussabayeva, B. Bayahmetova
CHEMICAL CHARACTERISTIC OF THE BLACK AND WHITE MUD
OF THE SHOSHKALY LAKE.....31

**A.S. Auyezkhanova, D.E. Zhanuzak, A.I. Jumekeyeva, Zh.K. Korganbaeva,
A.A. Naizabayev**
CHITOSAN-STABILIZED CATALYSTS FOR CYCLOHEXANE OXIDATION
TO KA-OIL.....44

Ya.A. Vissurkhanova, L.K. Abulyaissova, N.M. Ivanova, B.F. Minaev
MOLECULAR SIMULATION OF THE INTERACTION OF POLYVINYL
ALCOHOL WITH POTENTIAL ACTIVE CENTERS OF COPPER (II)
OXIDE SURFACE.....54

E.A. Gabrilyants, R.S. Alibekov, G.E. Orymbetova
DEVELOPMENT OF CAMEL MILK CHEESE TECHNOLOGY
AND RESEARCH OF QUALITATIVE CHARACTERISTICS.....69

**G.T. Yelemessova, L.K. Orazzhanova, A.N. Klivenko, N.N. Nurgaliyev, A.Ye.
Ayazbayeva, A.V. Shakhvorostov**
SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF PREFORMED PARTICLE
GELS (PPG) TO INCREASE OIL RECOVERY.....79

E.A. Zhakmanova, G.Zh. Seytenova, R.M. Dyusova
REVIEW OF THE CURRENT STATE OF APPLICATION OF MATHEMATICAL
MODELING METHODS FOR THE PURPOSE OF OPTIMIZING REFINERIES
IN KAZAKHSTAN AND ABROAD.....92

**M. Zhumabek, K. Kassymkhan, R.O. Sarsenova, Zh. Tynybek, S.A. Tungatarova,
Z.T. Zheksenbaeva**
INVESTIGATION OF CATALYSTS OF THE CATALYTIC PROCESSING
OF NATURAL GAS METHANE INTO SYNTHESIS GAS VIA
TEMPERATURE-PROGRAMMED DESORPTION.....103

M. Ibrayeva, N. Duzbayeva, Zh. Mukazhanova, K. Kabdysalym, Achyut Adhikari ISOLATION OF FLAVONOIDS BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY FROM PLANT OF GENUS THYMUS SERPYLLUM L.	116
B. Imangaliyeva, B. Dossanova, G. Rakhmetova, A. Apendina, I. Nurlybaev FEATURES AND CHEMICAL PROPERTIES OF ANTHOCYANINS.....	124
B.Zh. Iskendirov, G.F. Sagitova, S.B. Kurbanova, G.F. Aitimbetova, A.S. Sadyrbayeva DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PROCESSING RESIDUES FROM THE DISTILLATION OF A MIXTURE OF OILS AND GAS CONDENSATES.....	144
X.A. Leontyeva, D.S. Puzikova, G.M. Khussurova, P.V. Panchenko, A.K. Galeyeva ELECTROCHEMICAL DEPOSITION OF BISMUTH SULFIDE THIN FILMS.....	158
M.M. Mataev, M.A. Nurbekova, B. Keskin, Z.B. Sarsenbayeva SYNTHESIS AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF POLYCRYSTAL $\text{FeMnO}_3\text{-Ho}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$	173
R. Safarov, Zh. Shomanova, E. Kopishev, Yu. Nossenko, Zh. Bexeitova, R. Kamatov SPATIAL DISTRIBUTION OF PM2.5 AND PM10 POLLUTANTS IN RESIDENTIAL AREA OF PAVLODAR, KAZAKHSTAN.....	181

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 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 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 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 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 сайтах:

**www.nauka-nanrk.kz
<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>
ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)**

Подписано в печать 30.12.2023.
Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
13,0 п.л. Тираж 300. Заказ 4.