

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ  
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

## ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН»

## N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF  
KAZAKHSTAN

**SERIES**  
**CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**  
**4 (461)**

**OCTOBER – DECEMBER 2024**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

### **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/archiv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2024

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](mailto: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/arithiv>

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2024

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](mailto: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, 2024

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](mailto: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 461 (2024), 58–74

<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1491.251>

УДК 544.6.076.2

**N. Zhumasheva<sup>1\*</sup>, M. Tursynbek<sup>1</sup>, F. Sultanov<sup>1</sup>, A. Mentbaeva<sup>2</sup>, L. Kudreyeva<sup>3</sup>,  
Z. Bakenov<sup>1,2</sup>, 2024.**

<sup>1</sup>National Laboratory Astana, Astana, Kazakhstan;

Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan;

<sup>3</sup> Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [nazerke.zhumasheva@nu.edu.kz](mailto:nazerke.zhumasheva@nu.edu.kz)

## **RICE HUSK-BASED POROUS GRAPHENE-LIKE CARBON COMPOSITE WITH NICKEL OXIDE NANOPARTICLES FOR LITHIUM-SULFUR BATTERIES**

**N. Zhumasheva** – Master of Chemical Sciences, National Laboratory Astana, Astana, Kazakhstan, [Nazerke.zhumasheva@nu.edu.kz](mailto:Nazerke.zhumasheva@nu.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0001-5266-3429>;

**M. Tursynbek** – Bachelor of Chemical Sciences, National Laboratory Astana, Astana Kazakhstan, [malika.tursynbek@nu.edu.kz](mailto:malika.tursynbek@nu.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0002-1840-3831>;

**F. Sultanov** – Doctor of Chemical Sciences, National Laboratory Astana, Astana, Kazakhstan, <https://orcid.org/0000-0002-7789-9398>;

**A. Mentbayeva** - Doctor of Philosophy, Professor of the Department of Chemical Engineering and Materials Technology of the 2nd Nazarbayev University, Astana, Republic of Kazakhstan, [almagul.mentbayeva@nu.edu.kz](mailto:almagul.mentbayeva@nu.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0001-9132-1173>;

**L. Kudreeva** - Candidate of Chemical Sciences, Faculty of Chemistry and Chemical Technology, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, <https://orcid.org/0000-0003-2387-5670>[leila.kudreyeva@kaznu.kz](mailto:leila.kudreyeva@kaznu.kz);

**Zh. Bakenov** - Professor of Chemical Sciences, National Laboratory Astana; Department of Chemical Engineering and Materials Technology, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan, [zbakenov@nu.edu.kz](mailto:zbakenov@nu.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0003-2781-4955>.

**Abstract.** Lithium-sulfur (Li-S) batteries are promising energy storage systems due to their high theoretical energy density and cost-effectiveness, but challenges like poor cycle life and low conductivity limit their practical application. This study aimed to improve Li-S battery performance by developing a sulfur-host cathode material and a separator modifier, synthesized from biomass-derived carbon and nickel oxide. The RHG, RHG@S, RHG-NiO@S cathode, and RHG-NiO composite were synthesized and characterized using scanning electron microscopy (SEM) with energy-dispersive spectroscopy (EDS), transmission electron microscopy (TEM), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Graphene-like porous carbon with a high specific surface area was efficiently synthesized from rice husk biowaste through carbonization and thermochemical activation. Sulfur was encapsulated in the pores of the composite

using a melting-diffusion method, with thermogravimetric analysis confirming a sulfur content of approximately 60% in the RHG-NiO@S composite. Electrochemical tests showed that the RHG-NiO@S cathode paired with the modified RHG-NiO separator exhibited superior performance, achieving an initial discharge capacity of  $1599 \pm 20$  mAhg<sup>-1</sup> and maintaining  $790.29 \pm 10$  mAhg<sup>-1</sup> after 100 cycles at 0.2 C, surpassing the performance of the RHG@S cathode without the modified separator. This study demonstrates the potential of biomass-derived materials and their composites to address key limitations of Li-S batteries, paving the way for the development of high-performance energy storage systems.

**Keywords:** graphene-like porous carbon, nickel oxide, sulfur, lithium-sulfur batteries, lithium polysulfides.

**Н. Жумашева<sup>1\*</sup>, М. Турсынбек<sup>1</sup>, Ф. Султанов<sup>1</sup>, А. Ментбаева<sup>2</sup>, Л. Кудреева<sup>3</sup>,  
Ж. Бакенов<sup>1,2</sup>, 2024.**

<sup>1</sup>National Laboratory Astana, Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>Назарбаев университеті, Астана, Қазақстан;

<sup>3</sup>Эл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: nazerke.zhumasheva@nu.edu.kz

## **ЛИТИЙ-КҮКІРТТІ АККУМУЛЯТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН НИКЕЛЬ ОКСИДІНІҢ НАНОБӨЛШЕКТЕРІ БАР КҮРІШ ҚАУЫЗЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН КЕУЕКТІ ГРАФЕН ТӘРІЗДІ КӨМІРТЕКТІ КОМПОЗИТ**

**Н. Жумашева** – химия ғылымдарының магистрі, National Laboratory Astana, Астана, Қазақстан, Nazerke.zhumasheva@nu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-5266-3429>;

**М. Турсынбек** – химия ғылымдарының бакалавры, National Laboratory Astana, Астана, Қазақстан, malika.tursynbek@nu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1840-3831>;

**Ф. Султанов** – химия ғылымдарының PhD докторы, National Laboratory Astana, Астана, Қазақстан, <https://orcid.org/0000-0002-7789-9398>;

**А. Ментбаева** – химия ғылымдарының PhD докторы, профессор; Назарбаев университетінің Химиялық инженерия және материалдар технологиясы кафедрасы, Астана, Қазақстан, almagul.mentbayeva@nu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-9132-1173>;

**Л. Кудреева** – химия ғылымдарының кандидаты, химия және химиялық технология факультеті, эл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; eila.kudreyeva@kaznu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2387-56701>;

**Ж. Бакенов** – химия ғылымдарының профессоры, National Laboratory Astana; Назарбаев университетінің Химиялық инженерия және материалдар технологиясы кафедрасы, Астана, Қазақстан, zbakenov@nu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2781-4955>

**Аннотация:** Литий-күкірт (Li-S) батареялары жоғары теориялық энергия тығыздығы мен үнемділігі арқасында болашағы зор энергия сақтау жүйелері болып табылады, бірақ олардың практикалық қолданылуын циклдің қысқа ұзақтығы мен төмен өткізгіштік сияқты мәселелер шектейді. Бұл зерттеу Li-S батареяларының өнімділігін жақсарту үшін биомасса негізінде алынған көміртегі мен никель оксидінен синтезделген күкірт-тасығыш катодтық материал мен сепаратор модификаторын әзірлеуге бағытталған. КҚГ, КҚГ@S, КҚГ-

NiO@S және КҚГ-NiO композиті сканерлеуші электронды микроскопия (SEM) энергия-дисперсиялық спектроскопиямен (EDS), трансмиссиялық электронды микроскопия (TEM) және рентгендік фотоэлектронды спектроскопия (XPS) әдістерімен сипатталды. Көміртектің жоғары меншікті беткі ауданына ие графен тәрізді кеуекті көміртек күріш қауызы қалдықтарын карбонизация және термохимиялық белсендіру арқылы тиімді синтезделді. Композиттің кеуектеріне күкірт балқытып-диффузиялық әдіспен енгізілді, ал термогравиметриялық талдау нәтижесінде КҚГ-NiO@S композитіндегі күкірт мөлшері шамамен 60% екені анықталды. Электрохимиялық сынақтар КҚГ-NiO сепараторымен үйлескен КҚГ-NiO@S катодының бастапқы разрядтық сыйымдылығы  $1599 \pm 20$  мАсағ<sup>-1</sup> құрап, 0.2 С ток тығыздығымен 100 циклдан кейін  $790.29 \pm 10$  мАсағ<sup>-1</sup> деңгейінде сақталғанын көрсетті, бұл КҚГ@S катодына қарағанда жақсы нәтиже берді. Бұл зерттеу Li-S батареяларының негізгі шектеулерін шешуде биомасса негізіндегі материалдар мен олардың композиттерінің әлеуетін көрсетіп, жоғары өнімді энергия сақтау жүйелерін әзірлеудің жолын ашады.

**Түйін сөздер:** графен тәрізді көміртек, никель оксиді, күкірт, литий-күкіртті батареялар, литий полисульфидтері.

### *Алғыс білдіреміз:*

*Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және Жоғары Білім Министрлігінің BR21882402 «Жасыл экономика үшін материалдар мен энергия сақтау жүйелерінің жаңа технологияларын әзірлеу» ғылыми-зерттеу грантымен жүзеге асырылды.*

**Н. Жумашева<sup>1\*</sup>, М. Турсынбек<sup>1</sup>, Ф. Султанов<sup>1</sup>, А. Ментбаева<sup>2</sup>, Л. Кудреева<sup>3</sup>,  
Ж. Бакенов<sup>1,2</sup>, 2024.**

<sup>1</sup>National Laboratory Astana, Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup> Nazarbayev University, Астана, Қазақстан;

<sup>3</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Қазақстан.

E-mail: nazerke.zhumasheva@nu.edu.kz

## **ПОРИСТЫЙ ГРАФЕНОПОДОБНЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ КОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ С НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДА НИКЕЛЯ ДЛЯ ЛИТИЙ-СЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ**

**Н. Жумашева** – магистр химических наук, National Laboratory Astana, Астана, Қазақстан, Nazerke.zhumasheva@nu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-5266-3429>;

**М. Турсынбек** – бакалавр химических наук, National Laboratory Astana, Астана, Қазақстан, malika.tursynbek@nu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1840-3831>;

**Ф. Султанов** – PhD, National Laboratory Astana, Астана, Қазақстан, <https://orcid.org/0000-0002-7789-9398>;

**А. Ментбаева** – PhD, профессор, кафедра химической инженерии и технологии материалов Назарбаев университета, Астана, Қазақстан, [almagul.mentbayeva@nu.edu.kz](mailto:almagul.mentbayeva@nu.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0001-9132-1173>;

**Л. Кудреева** – кандидат химических наук, факультет химии и химической технологии, Казахский

национальный университет им. аль-Фараби, Казахстан, Алматы, <https://orcid.org/0000-0003-2387-5670leila.kudreyeva@kaznu.kz>;

**Ж. Бакенов** – профессор химических наук, National Laboratory Astana, Кафедра химической инженерии и технологии материалов Назарбаев Университета, Астана, Казахстан, [zbakenov@nu.edu.kz](mailto:zbakenov@nu.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0003-2781-4955>.

**Аннотация.** Литий-серные (Li-S) батареи являются перспективными системами хранения энергии благодаря их высокой теоретической плотности энергии и экономичности, однако их практическое применение ограничено такими проблемами, как низкий срок службы и слабая проводимость. Настоящее исследование было направлено на улучшение характеристик Li-S батарей путем разработки катодного материала с удержанием серы и модификатора сепаратора, синтезированных из углерода и оксида никеля, полученных из биомассы. RHG, RHG@S, RHG-NiO@S катод и RHG-NiO композит были охарактеризованы с использованием сканирующей электронной микроскопии (SEM) с энергодисперсионной спектроскопией (EDS), трансмиссионной электронной микроскопии (TEM) и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS). Графеноподобный пористый углерод с высокой удельной поверхностью был эффективно синтезирован из биологического отхода — рисовой шелухи — путем карбонизации и термохимической активации. Сера была внедрена в поры композита методом плавления-диффузии, а термогравиметрический анализ показал, что содержание серы в композите RHG-NiO@S составляет около 60%. Электрохимические испытания показали, что катод RHG-NiO@S в сочетании с модифицированным сепаратором RHG-NiO демонстрирует превосходную производительность: начальная разрядная емкость составила  $1599 \pm 20$  мАч<sup>-1</sup>, а после 100 циклов при 0.2 С емкость сохранилась на уровне  $790.29 \pm 10$  мАч<sup>-1</sup>, что значительно лучше показателей катода RHG@S без модифицированного сепаратора. Исследование подчеркивает потенциал материалов из биомассы и их композитов в решении ключевых ограничений Li-S батарей, предлагая перспективный подход к разработке высокоэффективных систем хранения энергии.

**Ключевые слова:** графеноподобный пористый углерод, оксид никеля, сера, литий-серные аккумуляторы, полисульфиды лития.

**Кіріспе.** Жоғары меншікті сыйымдылық ( $1675 \text{ мА сағ г}^{-1}$ ) пен айтарлықтай энергия тығыздығы ( $2500 \text{ Вт сағ кг}^{-1}$ ) болғандықтан литий-күкіртті (Li-S) аккумуляторлары энергия сақтаудың ең ұтымды шешімдерінің бірі ретінде қарастырылады (Azam, et al, 2023; Chabu, et al, 2019; Chen, et al, 2018). Алайда, Li-S батареяларын практикалық қолданысқа енгізбес бұрын шешілуі тиіс мәселелер бар. Күкірттің электрөткізгіштігі ( $5 \times 10^{-30} \text{ С см}^{-1}$ ) өте төмен болғандықтан, ол типтік оқшаулағыш элемент. Разрядталу кезінде түзілетін төменгі ретті полисульфидтер де ( $\text{Li}_2\text{S}_2$ ,  $\text{Li}_2\text{S}$ ) төменгі өткізгіштікке йе. Разрядталу кезінде түзілетін жоғары ретті полисульфидтер электролитте ериді және катодты белсенді материалдың жоғалуына әкеледі, нәтижесінде электр тогы азаяды. Литий полисульфидтерінің



электролитте еруі және олардың анод жаққа қарай диффузиясы «шаттл эффектiсiн» тудырады. Разрядтау/зарядтау процесi кезiнде ұяшық көлемнiң кеңеюi электрод құрылымының тұрақсыздығына алып келедi. Бұл мәселелер литий-күкiрттi батареялардың сыйымдылығының тез төмендеуiне және тұрақтылықтың нашарлауына алып келедi (Chen, et al., 2021; Chung, et al., 2018; Dörfler, et al., 2021; Du, et al., 2019). Жоғарыда аталған қиындықтарды еңсеру үшiн көптеген әдiстер зерттелдi, соның iшiнде тiрек катодты материалдардың құрылысы (García, et al., 2017), модификацияланған сепараторлар, функционалды аралық қабаттардың құрылысы (Huang, et al., 2019) және анодты қорғауды (Lee, et al., 2021) жүзеге асыруды айтуға болады. Полисульфидтердiң электролитте еру мәселесiн шешудiң бiр жолы – күкiрттi өзiнде ұстап тұратын өткiзгiш катод материалдарды пайдалану болып табылады (Chen, et al., 2018). Катодты оңтайландыруда күкiрт разрядының өнiмдерiн шектеп және олардың электрохимиялық түрлену жылдамдығын арттыратын көмiртегi негiзiндегi материалды жобалау және модификациялау перспективтi әдiс болып табылады (Lin, et al., 2017). Күкiрт өткiзгiштiгiн жақсарту үшiн күкiрт-полимер (Mai et al., 2019) және күкiрт-көмiртектi композиттер (Manoj, et al., 2019) сияқты композиттiк материалдар зерттелген. Күкiрттi өзiне жүктеушi материал ретiнде көмiртегi негiзiндегi наноқұрылымды материалдар кең ауқымы зерттелдi: сфералық көмiртегi, кеуектi көмiртегi, көмiртектi нанотүтiктер мен наноталшықтар және графен (Li et al., 2017; Lin, et al., 2017; Mai, et al., 2019). Композиттiк материалдарда кеуектi көмiртегi мен металл оксидтерiн пайдалану осы қиындықтарды шешудiң ықтимал шешiмдерiн ұсынады. Дегенмен, көмiртектер төмен полярлығымен сипатталады, полярлы литий полисульфидтерiмен әлсiз Ван-дер-Ваальс күштерiмен әрекеттеседi, бұл туындайтын шаттл әсерiн басуға жеткiлiксiз. Кеуектi көмiртегi материалдары көлемдi кеңейту үшiн кеңiстiктi қамтамасыз етедi, бiрақ полисульфидтердi химиялық түрде сiңiрмейдi, ал полярлы қосылыстар оларды химиялық түрде сiңiре алады (Manoj, et al., 2019; Meng, et al., 2023). Зерттеушiлер әр түрлi полярлы қосылыстар металл оксидтерi (Ogoke, et al., 2017), металл сульфидтерi (Ould Ely, et al., 2018), металл нитридтерi (Ould Ely, et al., 2018), металорганикалық қосылыстар (MOF) (Robinson, et al., 2021), сондай-ақ көмiртегi гетероатомды (N, B, S) (Seh, et al., 2016) қоспалары бар көмiртегi композиттерiнiң әсерiн зерттедi. Бұл полисульфидтердiң оқшаулануына ықпал еттi және күкiрт негiзiндегi катодты материалдарды оңтайландыруға үлкен әсер еттi. Энергия сақтау құрылғыларында, әсiресе литий батареяларында биомассадан алынатын көмiртегi бойынша зерттеулер соңғы жылдары артты. Биомасса көмiртектiң бай көзi болып табылады. Биомассадан синтезделетiн көмiртегi жоғары меншiктi бетi мен қажеттi кеуек көлемi, кеуек өлшемдерiнiң иерархиялық таралуы, жақсы өткiзгiштiгi, қолжетiмдiлiгi және қарапайым синтез әдiстерiне байланысты қолжетiмдi тиiмдi композиттер болып есептеледi. Әртүрлi кеуектi құрылымдары бар биокөмiр композиттерi жеткiлiктi күкiрттi сыйдыра алады. Әртүрлi биомассадан алынған көмiртегi материалдары күкiрт-сульфидтi батареялар қызметiн жақсарту үшiн (мысалы, сарымсақ қабығы, күрiш сабаны, помело қабығынан, күрiш қабығы, жаңғақ қабығы, жүгерi дәнi) зерттелдi (Sultanov,

et al., 2024; Sun, et al., 2021; Wang, et al., 2018; Wang, et al., 2021; Wang, et al., 2020; Xiao, et al., 2020).

Күріш қауызы мол, арзан және экологиялық таза ауыл шаруашылығы қалдықтарының бірі болып табылады. Күріш қабығынан (RH) арзан белсендірілген және өндіруге тиімді графен тәрізді кеуекті активтелген көміртектен синтездеуге болады. Күріш қабығының негізгі компоненттері инертті атмосферада пиролизденген кезде көміртегі түзетін целлюлоза (38%), гемицеллюлоза (18%) және лигнин (22%) болып табылады (Sun, et al., 2021). Күріш қабығынан алынған көміртекті материал жақсы электр өткізгіштікке ие, ол күкірт катодының жалпы өткізгіштігін арттырады. Күріш қабығынан алынған көміртегі материалдары батареяларда анод және катод ретінде қолданылған зерттеулер бар. Күріш қабығын пайдалана отырып, экологиялық таза бір сатылы пиролиз процесі арқылы Li-йонды батареялары үшін сыйымдылығы жоғары және тұрақты циклді SiOx/C композиттік анодтарын синтездеу әдісі әзірленген. Алдын ала тазартылған SiOx/C анодымен және S-PAN катодымен жинақталған толық ұяшықтың электрохимиялық сынау нәтижелері бірінші циклдің қайтымды сыйымдылығы 1500 мА сағ г-1 мәнін көрсетті. Бұл нәтижелер Li металы жоқ күкіртті аккумуляторларда пайдалану үшін күріш қабығынан алынған SiOx/C композиттерінің перспективтілігін көрсетеді [30]. Танх-Тунг Май тобының зерттеу жұмысында күріш қабығын көміртектендіру және оны K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-пен өңдеу арқылы микро/мезо кеуектілігі бар жоғары кеуекті белсендірілген көмір материалдарын жасау көрсетілген. RHAC@S композиттері литий-күкірт (Li-S) батареялары үшін катодтар ретінде қолданылған. 0,25 мг см-1 күкірт жүктемесі бар үлгі 0,1 С жылдамдықта 1080 мА сағ г-1 бастапқы разрядтау қабілетін көрсетіп, ток тығыздығы 0,2 С болған кезде 50-ші зарядтау/разрядтау циклінен кейін қайтымды қуат 312 мА сағ г-1 деңгейінде қалған (Yang, et al., 2018). Никель оксиді (NiO) және никель (Ni) қосылыстары литий-күкіртті (Li-S) батареяларында маңызды рөл атқарады, бұл батарея жүйесінің жалпы өнімділігі мен тұрақтылығына ықпал етеді. Ni қосылыстары зарядтау және разряд процесі кезінде электрондардың тасымалдануын жеңілдеті отырып, катодтың электронды өткізгіштігін күшейте алады. Бұл Li-S батареясының қуат өнімділігінің жақсаруына әкелетін жылдамдық мүмкіндігінің жақсаруына және ішкі кедергінің төмендеуіне әкеледі. NiO полисульфидтердің төменгі ретті сульфидтерге (Li<sub>2</sub>S<sub>2</sub> және Li<sub>2</sub>S) айналуын катализдей алады, тотығу-тотықсыздану кинетикасын жақсартады және жалпы электрохимиялық өнімділікті арттырады. NiO полисульфидтердің адсорбциясын жақсарту және олардың конверсиясын катализдеу үшін литий-күкіртті батареялардағы көміртекті материалдармен біріктіріліп қолданылады (Zhang, et al., 2019; Zhang, et al., 2019; Zhao, et al., 2023). Келесі зерттеу жұмысында, NiO бөлшектерін Li-S батареясында катод композитіне біріктіру полисульфидтерді ұстауда, әсіресе сепаратордың катод жағындағы жұқа көміртекті пленкамен жұптастырылған кезде өте тиімді болған. NiO кеуекті желілі құрылымы күкірт полисульфидтерімен әрекеттесуі нәтижесінде шаттл эффектісін төмендетіп, батареяның жұмысын жақсартқан. NiO нанобөлшектерін қолдану жылдамдық мүмкіндігін де, ұзақ мерзімді тұрақтылықты да жақсартқан. 80 %

күкірт жүктемесінде 0,2 С жылдамдықпен 1100 мА сағ г-1 бастапқы меншікті сыйымдылықты көрсеткен (Zhu, et al., 2019).

Бұл зерттеу жұмысында күріш қауызы қалдықтарынан синтезделген графен көміртекті материал (КҚГ) және никель оксидінен тұратын катодты материал мен сепаратор дайындалып, литий сульфидті батарея үшін қолданысы зерттелді. Графен көміртекті материал және никель оксидінен тұратын композитті материалдың синергетикалық әсері қарастырылды. Синтезделген композитті материал тиімді күкірт жүктеуші катод ретінде және сепаратор түрлендіруші агент ретінде қолданылып, шаттл эффектісін азайтуға ықпалын тигізді. КҚГ-NiO@S/КҚГ-NiO-ұяшығы, 0,2 С-де жоғарғы бастапқы 1599±20 мАсағ г-1 разряд сыйымдылығын, ал 100 циклден кейін 790±10 мАсағ г-1 разрядталу сыйымдылығын көрсетті.

### **Материалдар мен әдістер**

Химиялық заттар Күкірт ұнтағы (S, ≥99,0 %), күкірт көміртегі (CS<sub>2</sub> сусыз, ≥99,0 %), калий гидроксиді (KOH, ≥85,0 %), никель нитраты (Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, ≥99,0) Сигма-Олдричтен сатып алынды. Аргон (99,993%) «Ихсан газ» компаниясынан сатып алынды. Барлық эксперименттерде өте таза ионсыздандырылған су (DI) қолданылды. Барлық химиялық заттар қосымша тазартусыз қолданылды.

**Үлгілердің сипаттамасы.** Алынған үлгілер әртүрлі аналитикалық әдістер арқылы сипатталды. Бетінің морфологиясы мен элементтік құрамы энергия-дисперсиялық спектроскопиямен (EDS) жабдықталған сканерлеуші электрондық микроскоп (SEM) Crossbeam 540 көмегімен бағаланды. Құрылымдық керекшеліктері трансмиссиялық электронды микроскоп (TEM) арқылы зерттелді (JEOL JEM - 1400 Plus, 120 кВ). Рентгендік дифракция (XRD) талдауы CuKα сәулеленуі бар SmartLab (Rigaku) - рентгендік дифракция жүйесі арқылы жүргізілді. Химиялық байланыстар мен өзара әрекеттесулер монохромдалған төмен қуатты Al Kα рентгендік көзі (1486,6 эВ) бар рентгендік фотоэлектрондық спектроскопияның (XPS, NEXSA, Thermo Scientific) көмегімен зерттелді. КҚГ-NiO@S композиттік матрицасындағы күкірт мөлшері азот атмосферасында бір уақыттағы термиялық анализатор (STA) 6000 көмегімен термогравиметриялық талдау (TGA) арқылы анықталды.

**Биомасса синтезі.** Биомасса қалдықтарының прекурсоры ретінде Қазақстандағы Қызылорда облысынан алынған күріш қауызы (КҚ) биомасса қалдықтарының прекурсоры пайдаланылды. Күріш қауызын табиғи қоспалардың қалдықтарынан тазалау үшін, су мөлдір болғанша ыстық деионизацияланған (DI) суда қайталап жібіту арқылы тазартудан өткізілді. Кейіннен тазартылған КҚ вакуумдық пеште 110°C температурада 5 сағат бойы кептірілді. Осыдан кейін КҚ көміртектендірілуі үшін цилиндрлік тот баспайтын болаттан жасалған реакторда (500°C температурада 120 минут бойы, аргон (Ar) газ ағыны (160 с/см) астында орташа қыздыру жылдамдығы минутына 5°C/мин) қыздыру жүргізілді. Алынған көміртекті өнім өлшеніп, 1:4 қатынасында калий гидроксидімен араластырылды. Бұл қоспаны жақсылап ұнтақтап, тот баспайтын болаттан жасалған реакторға салып, көміртекті өнімнің КОН-ты толық сіңдіруін қамтамасыз ету үшін ауаның қатысуымен 12 сағат бойы 150°C температурада қыздырылды. Кейіннен көміртекті

өнімді термохимиялық активтендіру үшін 800°C температурада орташа қыздыру жылдамдығы минутына 5°C/мин Ag ортасында (250 с/см) 90 минут бойы қыздыру жүргізілді. Шығарылған КҚГ ұнтағы сілтілі қоспаларды жою үшін шамамен 6–7 рН мәніне жеткенше DI суымен бірнеше рет шаюдан өткізіліп, содан кейін вакуумдық пеште 150°C температурада 12 сағат бойы кептірілді.



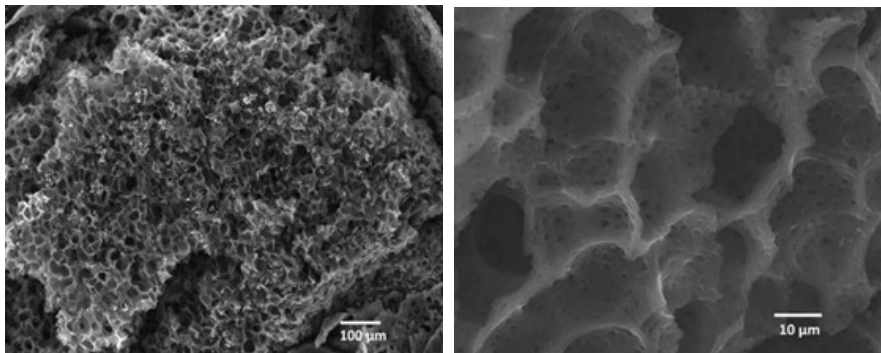
Сурет 1. Графен тәрізді кеуекті көміртектерді алу процесінің схемасы

**NiO синтезі және КҚГ-NiO@S катодтарын алу.** КҚГ-NiO@S синтездеу үшін композициялық көміртекті күріш қабығы мен никель нитраты 10 мл суда араластырылып, 12 сағатқа қалдырылды. Никель оксидінің үлесі бастапқы алынған прекурсордың массасына байланысты: 20% NiNO<sub>3</sub> мас.%. Араластырған ерітінді еріткіш толық буланғанша кептірілді. Қалған ұнтақ 5°C/мин жылдамдықпен 300°C температурада 2 сағат бойы термиялық өңдеуге арналған құбырлы пешке жіберілді. Келесі қадам күкіртті инкапсуляциялау болды. Күкірт КҚГ-NiO кеуектеріне әдеттегі балқыма диффузиясы әдісімен иммобилизацияланды. Күкірт КҚГ-NiO 60%-40% мөлшерде CS<sub>2</sub>:изопропанол еріткішінде пропорционалды қатынаспен араластырылды. Еріткіштің толық булануынан кейін ұнтақ КҚГ-NiO@S композитін алу үшін құбырлы пешке қойылды. КҚГ-@S композиті де осы әдіспен синтезделді.

**Сепараторды модификациялау.** Коммерциялық Celgard 2400 сепараторын модификациялау дәстүрлі суспензияны құю әдісімен дайындалды. Коммерциялық Celgard 2400 сепараторының беті суспензияны құю әдісін пайдаланып өзгертілді. Суспензия дайындау үшін КҚГ-NiO массасының 90%-ы n-метил пирролидонда (NMP) ерітілген 10% поливинилиденді фторидпен (PVDF) біртекті түрде араластырылып, содан кейін Doctor Blade әдісімен сепараторға жағылды.

Дайындалған модификацияланған сепаратор вакуумдық пеште 60°C температурада 12 сағат бойы кептірілді.

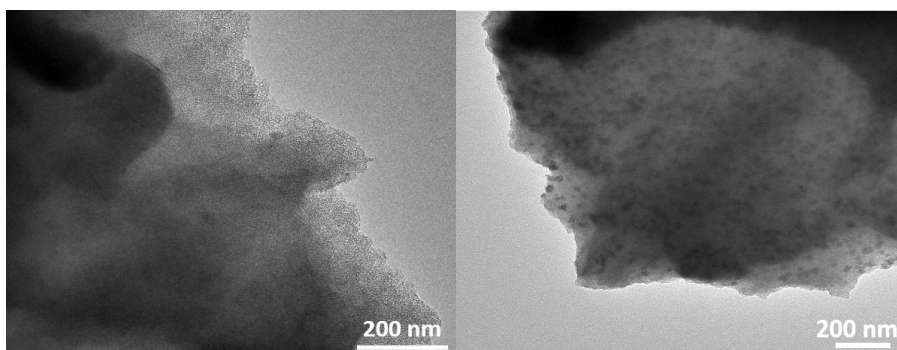
### Нәтижелер және талқылау



Сурет 2. Синтезделген КҚГ-нің СЭМ суреттері

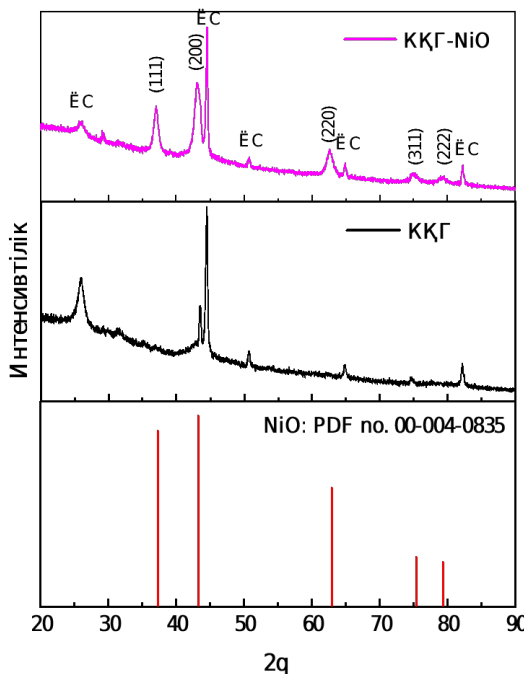
SEM суреттері КҚГ бетінде 15-тен 30 мкм-ге дейінгі кеуектер диаметрі бар жоғары дамыған макрокеуекті құрылымды анықтады. Жақынырақ тексерген кезде үлкенірек макрокеуектер ішінде диаметрі 1 және 2 мкм арасындағы кішірек кеуектер байқалды (сурет 2). Бұл кеуектер термохимиялық белсендіру процесі кезінде КОН булануының нәтижесінде пайда болады деп болжанды. КОН булану кезінде ол бос орындарды қалдырады, бұл КҚГ ішіндегі кеуектер құрылымына ықпал етеді.

ТЕМ талдауы нәтижелерінен ашық және қараңғы аймақтарды байқауға болады, бұл КҚГ -нің қабыршақ тәрізді графен құрылымын растайды. Ашық аймақтар бір қабатты графен тәрізді құрылымға сәйкес келеді деп болжанады, ал күңгірт аймақтар бірнеше қабатты құрылымды құрайтын графен парақтарының қабаттасуынан қалыптасады деп болжам жасалды. КҚГ-NiO ТЕМ кескіні КҚГ көміртегі композитінде NiO нанобөлшектері біркелкі таралғандығын анық көрсетті (сурет 3).



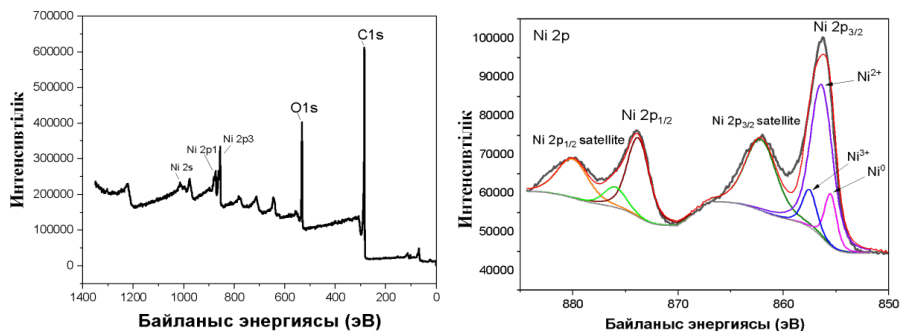
Сурет 3. КҚГ және КҚГ-NiO ТЕМ кескіндері

КҚГ-NiO композитінің XRD үлгілері 4-суретте көрсетілген. КҚГ, КҚГ-NiO және КҚГ-NiO@S XRD нәтижелері КҚГ, NiO үшін барлық сипаттамалық шыңдарды көрсетті. КҚГ-NiO@S үлгісіндегі XRD нәтижелері бойынша (111), (200), (311) және (222) шыңдары NiO-ға сәйкес келеді, басқалары КҚГ көміртегі дифракциясының шыңдары.



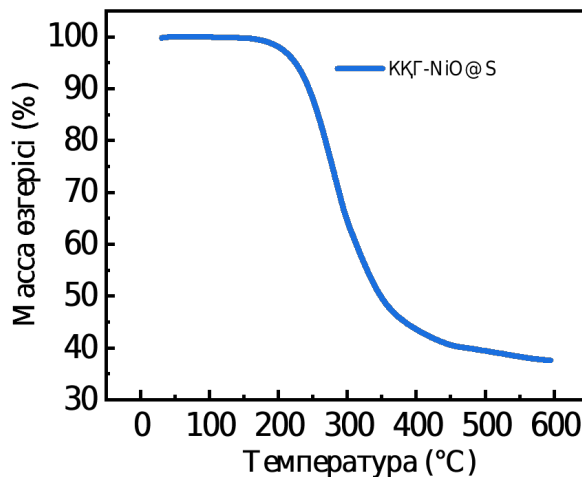
Сурет 4. КҚГ және КҚГ-NiO композитінің XRD нәтижелері

XPS талдауы КҚГ-NiO никель композитінің элементтік құрамы мен беттік қабаттағы байланыс түрлерін анықтау үшін жасалды. Жалпы спектр мен Ni 2p негізгі деңгейінің спектрлері -суретте келтірілген. Барлық спектрлерді калибрлеу үшін 284,8 эВ көміртегінің C1s шыңы пайдаланылды. КҚГ /NiO-ның Ni 2p XPS спектрлері 5-суретте көрсетілген. КҚГ-NiO-ның Ni 2p XPS спектрлері төрт шыңнан тұрады, оның ішінде спин-орбиталық дублет және екі қосымша шыңдар. Олардың Ni2p<sub>1/2</sub>, Ni2p<sub>3/2</sub>, Sat.1 және Sat.2, байланыс энергиялары сәйкесінше шамамен 855,3 эВ, 860,8 эВ, 863 эВ және 880 эВ аймақта орналасқан. 854 эВ жанында және 858 эВ аймағындағы әлсіз шыңдар Ni<sup>0</sup> және Ni<sup>3+</sup> тотыққан күйлер шыңдарына сәйкес келеді. 854 эВ центрінде орналасқан әлсіз шыңның пайда болуы көміртегі атомдарымен әрекеттесу нәтижесінде никель оксидінің Ni<sup>0</sup>-ге дейін тотықсыздануынан түзілуі мүмкін, Ni<sup>3+</sup> тотыққан күйлері NiO одан әрі тотығу нәтижесінде болуы мүмкін деп болжанды. XPS нәтижелері бойынша КҚГ-NiO құрамында никель атомдарының Ni<sup>2+</sup>, Ni<sup>0</sup> және Ni<sup>3+</sup> түрлері бар деген қорытынды жасауға болады.



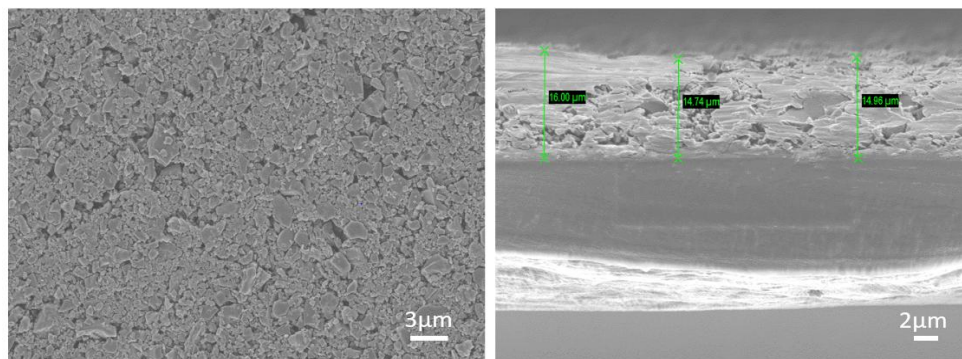
Сурет 5. КҚГ-NiO композитінің жалпы және Ni 2p XPS спектрлері

КҚГ-NiO@S композитіндегі күкірттің құрамын анықтау үшін TGA талдауы жүргізілді (сурет 6). КҚГ-NiO@S құрамындағы күкірттің үлесі шамамен  $60\% \pm 1$ -ды құрады. Бұл анализ нәтижесі бастапқы алынған күкірттің мөлшерімен бірдей үлесте, КҚГ-NiO композиті кеуектеріне күкірт балқыма-диффузия әдісімен сәтті жүктелгенін көрсетеді.



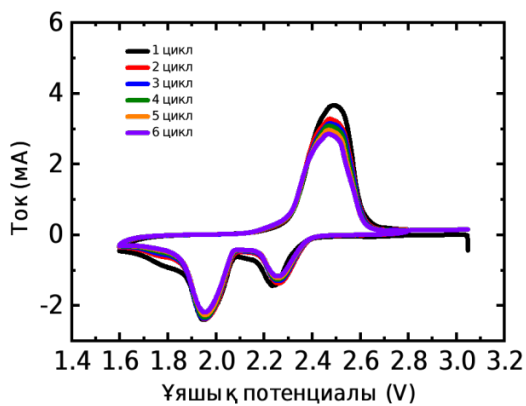
Сурет 6. КҚГ/NiO@S композитінің TGA анализі нәтижесі

Celgard 2400 PP сепараторы КҚГ-NiO композитімен түрлендірілді. КҚГ-NiO 9:1 қатынасындай NMP құрамында 3% PVDF-пен араластырылып 10 микрон қалыңдықты пайдаланып Doctor Blade құралымен жағылды. Алынған модификацияланған сепаратордың бүкіл бетінде КҚГ-NiO бірдей қалыңдықта болуы үшін орамды престеу құралынан өткізілді. Сепаратордың өзгертілген бетінің қалыңдығы SEM әдісімен бағаланды (сурет 7). Көлденең қима суреттерінің нәтижелері сепаратор бетінде КҚГ-NiO қапталған орташа қалыңдық 15 мкм тең екенін көрсетті. Беттік қабат тығыздығы біркелкі екенін байқауға болады.



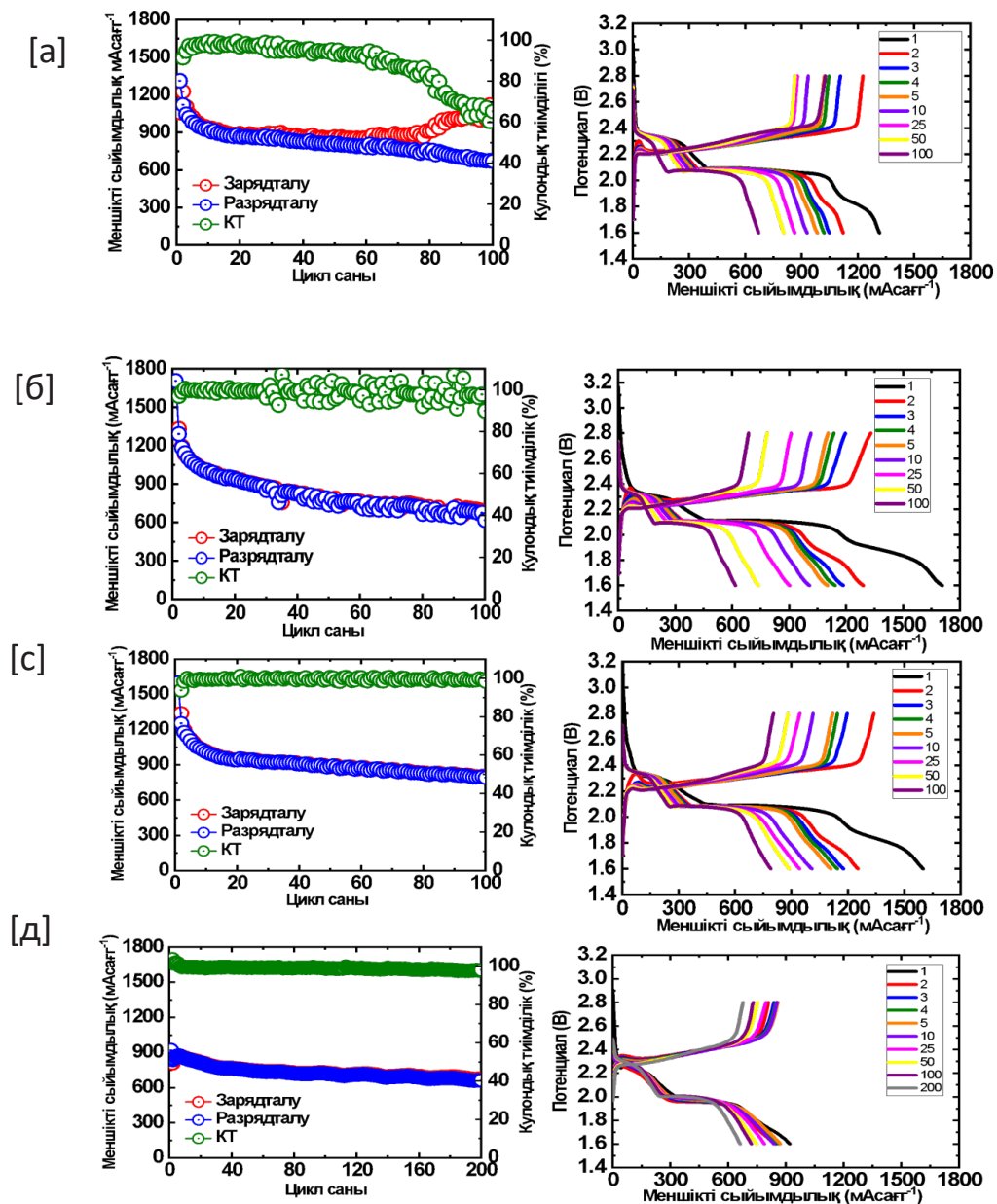
Сурет 7. КҚГ-NiO композитімен модификацияланған сепаратордың СЭМ көлденең қимасы

8 суретте КҚГ-NiO@S/ КҚГ-NiO сепаратор ұяшығының  $0,1 \text{ мВ с}^{-1}$  сканерлеу жылдамдығындағы алғашқы алты циклге арналған қайтымды CV қисықтары көрсетілген. Катодтық сканерлеуде элементар күкірттің ( $\text{S}_8$ ) ұзын тізбекті полисульфидтерге және  $\text{Li}_2\text{S}_2/\text{Li}_2\text{S}$  тотықсыздануына сәйкес шыңдар шамамен 2,3 В және 1,9 В аймағында пайда болды. Анодтық сканерлеу  $\text{Li}_2\text{S}_2/\text{Li}_2\text{S}$ -тің  $\text{S}_8$ -ге қайтымды электрохимиялық түрленуіне жататын 2,5 В шамасында кең жалғыз шыңды көрсетеді. Цикл бойынша бірдей қайталанатын CV қисықтары ұяшықтың жақсы электрохимиялық тұрақтылығын және электрохимиялық процестердің қайтымдылығын көрсетеді (сурет 8).



Сурет 8. КҚГ-NiO модификацияланған сепараторы бар КҚГ-NiO@S катодтан тұратын ұяшықтың CV анализі



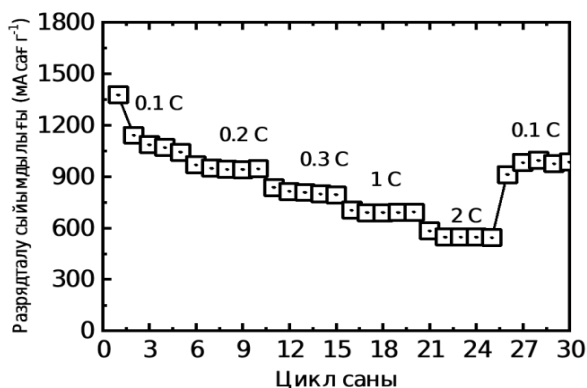


Сурет 9. Li-S ұяшықтарының электрохимиялық өнімділігі а)  $\text{KfG@S}$  катодты, жалаң –сепараторлы ұяшықтың 0,1С-дағы,  $\text{KfG-NiO@S}$  катодты,  $\text{KfG-NiO}$  –сепараторлы ұяшықтың б) 0,1 С с) 0,2 С д) 1,0 С-дағы циклдік өнімділік және разрядталу/зарядталу кысықтары

Катод материалы ретінде  $\text{KfG@S}$  композитінің электрохимиялық өнімділігін зерттеу үшін бастапқыда ұяшық модификацияланған сепараторсыз құрастырылды. Никель оксидінің синтезге бастапқы алынған үлесі  $\text{NiNO}_3$  20% болды. Анод

ретінде Li металл дискілері, электролит ретінде 2% LiNO<sub>3</sub> бар LiTFSI және сепаратор ретінде Celgard 2400 PP пайдаланылды. КҚГ@S модификацияланған сепараторсыз 0,1С-де және КҚГ-NiO@S модификацияланған сепаратормен 0,1С, 0,2С, 1,0С әр түрлі ток жылдамдықтарындағы катодты ұяшықтардың циклдік өнімділігі мен разрядталу/зарядталу өнімділіктері зерттелді. Модификацияланған сепараторы бар және жоқ (сурет 9) КҚГ@S, КҚГ-NiO@S батареяларының гальваностатикалық заряд/разряд қисықтары катодтың бірінші разрядтық платосы 2,3-2,4 В-қа жақын екенін көрсетеді, ал екіншісі разряд үстірті 2,0 және 2,1 В аралығында. Бұл екі разрядтық үстірт сәйкесінше жоғары және төмен ретті литий полисульфидтеріне күкірттің тотықсыздануының екі сатысына сәйкес келеді. Шамамен 2,4 В платосы бұл күкірттің кері тотығуына сәйкес келеді. КҚГ@S катодының бастапқы разрядтау сыйымдылығы 1313±20 мАсағ г<sup>-1</sup> болды, ал 100 циклден кейінгі мәні 669±10 мАсағ г<sup>-1</sup> болды, сыйымдылық 51 % ұстап тұрумен төмендеді. Өзгертілген сепараторы жоқ КҚГ@S катодты материалы 0,1С ток жылдамдығында тұрақсыз Кулондық тиімділікті көрсетті. КҚГ-NiO@S катод КҚГ-NiO сепараторы бар ұяшық бастапқы разрядтау сыйымдылығы 0,1 С кезінде алғашқы разрядталу сыйымдылығы 1705±20 мАсағ г<sup>-1</sup> болды, 0,2С-де бастапқы разрядталу сыйымдылығы 1599±20 мАсағ г<sup>-1</sup>, 1,0С-де 919±10 мАсағ г<sup>-1</sup> сыйымдылықты көрсетті. КҚГ-NiO@S катод КҚГ-NiO сепараторы бар ұяшықтар КҚГ@S модификацияланған сепараторсыз ұяшықпен салыстырғанда жоғары тұрақтылық пен жоғары Кулондық тиімділігімен ерекшеленді.

Жылдамдық қабілеттілік сынағы КҚГ-NiO@S / КҚГ-NiO сепараторлы жартылай ұяшығының жоғары жылдамдық өнімділігін көрсеткенін көрсетті (сурет 10). Атап айтқанда, 0,1С, 0,2С, 0,3С, 1,0С және 2,0С ағымдағы жылдамдықтарда КҚГ-NiO@S / КҚГ-NiO ұяшығы шамамен 1376±20, 967±10, 836±10, 703±10 және 583±10 мАсағ г<sup>-1</sup> разрядталу сыйымдылықтарын көрсетті. Қайтадан токтың жылдамдығы мәні 0,1С ток жылдамдығында, ұяшық 910±10 мАсағ г<sup>-1</sup> разрядтық сыйымдылығын сақтап қалды.



Сурет 10. КҚГ-NiO@S катодты, КҚГ-NiO-сепараторлы ұяшықтың әр түрлі жылдамдықтардағы электрохимиялық өнімділігі

## Қорытынды

Қорытындылай келе, КҚГ-NiO (20 NiNO<sub>3</sub> масса %) композиті сәтті синтезделді және катодты материал ретінде сондай-ақ КҚГ-NiO сепаратор модификаторы ретінде қолданылды. XPS деректері бойынша КҚГ-NiO композиті құрамында Ni<sup>2+</sup>, Ni<sup>0</sup> және Ni<sup>3+</sup> никельдің байланыстары бар екені анықталды. Никель оксидінің бар екені XRD талдауымен расталды. КҚГ-NiO@S композитіндегі күкірттің нақты мөлшері TGA әдісімен 60±1%-ға жуық екені расталды. Модификацияланған және модификацияланбаған сепаратор жағдайында КҚГ@S, КҚГ-NiO@S катодты ұяшықтардың электрохимиялық көрсеткіштері талданды. КҚГ-NiO@S катодты және КҚГ-NiO сепараторлы батареялар КҚГ@S түрленбеген сепараторлы ұяшықпен салыстырғанда жақсартылған электрохимиялық өнімділікті көрсетті. КҚГ-NiO сепаратор бетін жабудың орташа қалыңдығы 15±1 мкм-ге тең болды. КҚГ-NiO@S катоды және КҚГ-NiO сепараторлы ұяшықтар КҚГ@S катоды мен модификацияланбаған сепараторлы ұяшықтармен салыстырғанда жоғары тұрақтылық пен кулондық тиімділікті көрсетті. КҚГ-NiO@S композитінен және КҚГ-NiO сепараторынан жасалған катодты материал бастапқыда 1599±20 мА сағ г<sup>-1</sup> разрядтық сыйымдылыққа қол жеткізіп, 0,2 С жылдамдықта 100 циклден кейін 790±10 мА сағ г<sup>-1</sup> сыйымдылықты көрсетті.

## References

- Azam, S., Wei, Z., & Wang, R. (2023). Adsorption-catalysis design with cerium oxide nanorods supported nickel-cobalt-oxide with multifunctional reaction interfaces for anchoring polysulfides and accelerating redox reactions in lithium sulfur battery. *Journal of Colloid and Interface Science*, 635, 466–480.
- Chabu, J., & Li, Y. (2019). Biomass-Derived N, O, and S-Tridoped Hierarchically Porous Carbon as a Cathode for Lithium–Sulfur Batteries. *ChemNanoMat*, 5(5), 612–618.
- Chen, K., Cao, J., Lu, Q., Wang, Q., Yao, M., Han, M., & Niu, Z. (2018). Sulfur nanoparticles encapsulated in reduced graphene oxide nanotubes for flexible lithium-sulfur batteries. *Nano Research*, 11(3), 1345–1357.
- Chen, Y., Wang, T., Tian, H., Su, D., & Zhang, Q. (2021). Advances in Lithium–Sulfur Batteries: From Academic Research to Commercial Viability. In *Advanced Materials* (Vol. 33, Issue 29). John Wiley and Sons Inc.
- Chung, S. H., & Chang, C. H. (2018). Progress on the Critical Parameters for Lithium–Sulfur Batteries to be Practically Viable. In *Advanced Functional Materials* (Vol. 28, Issue 28). Wiley-VCH Verlag.
- Dörfler, S., Walus, S., Locke, J., Fotouhi, A., Auger, D. J., Shateri, N., Abendroth, T., Härtel, P., Althues, H., & Kaskel, S. (2021). Recent Progress and Emerging Application Areas for Lithium–Sulfur Battery Technology. *Energy Technology*, 9(1).
- Du, Z., Chen, X., Hu, W., Chuang, C., Xie, S., Hu, A., Yan, W., Kong, X., Wu, X., Ji, H., & Wan, L. J. (2019). Cobalt in Nitrogen-Doped Graphene as Single-Atom Catalyst for High-Sulfur Content Lithium-Sulfur Batteries. *Journal of the American Chemical Society*, 141(9), 3977–3985.
- Garcia, J. R., Do Lagoa, D. C. B., Cesar, D. V., & De Senna, L. F. (2017). The effect of electrolyte pH on the Ni-Co mixed oxides coatings produced from citrate baths. *Materials Research*, 20, 748–757.
- Huang, S. S., Tung, M. T., Huynh, C. D., Hwang, B. J., Bieker, P. M., Fang, C. C., & Wu, N. L. (2019). Engineering Rice Husk into a High-Performance Electrode Material through an Ecofriendly Process and Assessing Its Application for Lithium-Ion Sulfur Batteries. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 7(8), 7851–7861.
- Lee, S. Y., Choi, Y., Kim, J. K., Lee, S. J., Bae, J. S., & Jeong, E. D. (2021). Biomass-garlic-peel-derived porous carbon framework as a sulfur host for lithium-sulfur batteries. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 94, 272–281.

- Li, G., Sun, J., Hou, W., Jiang, S., Huang, Y., & Geng, J. (2016). Three-dimensional porous carbon composites containing high sulfur nanoparticle content for high-performance lithium-sulfur batteries. *Nature Communications*, 7.
- Li, H., Zhu, S., Xi, H., & Wang, R. (2006). Nickel oxide nanocrystallites within the wall of ordered mesoporous carbon CMK-3: Synthesis and characterization. *Microporous and Mesoporous Materials*, 89(1–3), 196–203.
- Li, J., Xie, F., Pang, W., Liang, Q., Yang, X., & Zhang, L. (2024). Regulate transportation of ions and polysulfides in all-solid-state Li-S batteries using ordered-MOF composite solid electrolyte. In *Sci. Adv* (Vol. 10).
- Li, Z., Zhang, S., Zhang, J., Xu, M., Tatara, R., Dokko, K., & Watanabe, M. (2017). Three-Dimensionally Hierarchical Ni/Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>/S Cathode for Lithium-Sulfur Battery. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 9(44), 38477–38485.
- Lin, H., Yang, L., Jiang, X., Li, G., Zhang, T., Yao, Q., Zheng, G. W., & Lee, J. Y. (2017). Electrocatalysis of polysulfide conversion by sulfur-deficient MoS<sub>2</sub> nanoflakes for lithium-sulfur batteries. *Energy and Environmental Science*, 10(6), 1476–1486.
- Mai, T. T., Vu, D. L., Huynh, D. C., Wu, N. L., & Le, A. T. (2019). Cost-effective porous carbon materials synthesized by carbonizing rice husk and K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> activation and their application for lithium-sulfur batteries. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 4(2), 223–229.
- Manoj, M., Muhamed Ashraf, C., Jasna, M., Anilkumar, K. M., Jinisha, B., Pradeep, V. S., & Jayalekshmi, S. (2019). Biomass-derived, activated carbon-sulfur composite cathode with a bifunctional interlayer of functionalized carbon nanotubes for lithium-sulfur cells. *Journal of Colloid and Interface Science*, 535, 287–299.
- Meng, L., Song, C., Lin, Q., Sun, G., Long, J., Zhang, X., Li, H., Hu, J., & Ye, S. (2023). CO<sub>2</sub>-Activation Nanofiber Carbon Paper as a High-Performance Interlayer for Trapping Polysulfides in Li-S Batteries. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 15(17), 21585–21594.
- Ogoke, O., Wu, G., Wang, X., Casimir, A., Ma, L., Wu, T., & Lu, J. (2017). Effective strategies for stabilizing sulfur for advanced lithium-sulfur batteries. In *Journal of Materials Chemistry A* (Vol. 5, Issue 2, pp. 448–469). Royal Society of Chemistry.
- Ould Ely, T., Kamzabek, D., Chakraborty, D., & Doherty, M. F. (2018). Lithium-Sulfur Batteries: State of the Art and Future Directions. In *ACS Applied Energy Materials* (Vol. 1, Issue 5, pp. 1783–1814). American Chemical Society.
- Rakhimbek, I., Baikarov, N., Konarov, A., Mentbayeva, A., Zhang, Y., & Bakenov, Z. (2023). Nickel and nickel oxide nanoparticle-embedded functional carbon nanofibers for lithium sulfur batteries. *Nanoscale Advances*, 6(2), 578–589.
- Robinson, J. B., Xi, K., Kumar, R. V., Ferrari, A. C., Au, H., Titirici, M. M., Puerto, A. P., Kucernak, A., Fitch, S. D. S., Araez, N. G., Brown, Z. L., Pasta, M., Furness, L., Kibler, A. J., Walsh, D. A., Johnson, L. R., Holc, C., Newton, G. N., Champness, N. R., & Shearing, P. R. (2021). 2021 roadmap on lithium sulfur batteries. In *JPhys Energy* (Vol. 3, Issue 3). IOP Publishing Ltd.
- Seh, Z. W., Sun, Y., Zhang, Q., & Cui, Y. (2016). Designing high-energy lithium-sulfur batteries. In *Chemical Society Reviews* (Vol. 45, Issue 20, pp. 5605–5634). Royal Society of Chemistry.
- Sultanov, F., Zhumasheva, N., Dangaliyeva, A., Zhaisanova, A., Baikarov, N., Tatykayev, B., Yeleuov, M., Bakenov, Z., & Mentbayeva, A. (2024). Enhancing lithium-sulfur battery performance with biomass-derived graphene-like porous carbon and NiO nanoparticles composites. *Journal of Power Sources*, 593.
- Sun, Z., Hu, Y., Qin, F., Lv, N., Li, B., Jiang, L., Zhang, Z., & Liu, F. (2021). Sulfurized polyacrylonitrile cathodes with electrochemical and structural tuning for high capacity all-solid-state lithium-sulfur batteries. *Sustainable Energy and Fuels*, 5(21), 5603–5614.
- Wang, J., Liang, J., Wu, J., Xuan, C., Wu, Z., Guo, X., Lai, C., Zhu, Y., & Wang, D. (2018). Coordination effect of network NiO nanosheet and a carbon layer on the cathode side in constructing a high-performance lithium-sulfur battery. *Journal of Materials Chemistry A*, 6(15), 6503–6509.
- Wang, W., Zhao, Y., Zhang, Y., Liu, N., & Bakenov, Z. (2021). Nickel embedded porous macrocellular carbon derived from popcorn as sulfur host for high-performance lithium-sulfur batteries. *Journal of Materials Science and Technology*, 74, 69–77.

Wang, Z., Xu, X., Ji, S., Liu, Z., Zhang, D., Shen, J., & Liu, J. (2020). Recent progress of flexible sulfur cathode based on carbon host for lithium-sulfur batteries. *Journal of Materials Science and Technology*, *55*, 56–72.

Xiao, Q., Li, G., Li, M., Liu, R., Li, H., Ren, P., Dong, Y., Feng, M., & Chen, Z. (2020). Biomass-derived nitrogen-doped hierarchical porous carbon as efficient sulfur host for lithium-sulfur batteries. *Journal of Energy Chemistry*, *44*, 61–67.

Yang, K., Gao, Q., Tan, Y., Tian, W., Qian, W., Zhu, L., & Yang, C. (2016). Biomass-Derived Porous Carbon with Micropores and Small Mesopores for High-Performance Lithium-Sulfur Batteries. *Chemistry - A European Journal*, *22*(10), 3239–3244.

Yang, X., Li, X., Adair, K., Zhang, H., & Sun, X. (2018). Structural Design of Lithium-Sulfur Batteries: From Fundamental Research to Practical Application. In *Electrochemical Energy Reviews* (Vol. 1, Issue 3). Springer Singapore.

Zhang, H., Tian, D., Zhao, Z., Liu, X., Hou, Y. N., Tang, Y., Liang, J., Zhang, Z., Wang, X., & Qiu, J. (2019). Cobalt nitride nanoparticles embedded in porous carbon nanosheet arrays propelling polysulfides conversion for highly stable lithium-sulfur batteries. *Energy Storage Materials*, *21*, 210–218.

Zhang, L., Wang, Y., Niu, Z., & Chen, J. (2019). Advanced nanostructured carbon-based materials for rechargeable lithium-sulfur batteries. *Carbon*, *141*, 400–416.

Zhao, M., Peng, H. J., Li, B. Q., & Huang, J. Q. (2023). Kinetic Promoters for Sulfur Cathodes in Lithium-Sulfur Batteries. *Accounts of Chemical Research*.

Zhu, K., Wang, C., Chi, Z., Ke, F., Yang, Y., Wang, A., Wang, W., & Miao, L. (2019). How Far Away Are Lithium-Sulfur Batteries From Commercialization? *Frontiers in Energy Research*, *7*(November), 1–12.

## МАЗМҰНЫ

### ХИМИЯ

- Г.Е. Азимбаева, Г.Н. Кудайбергенова, А.К. Камысбаева, Н.М. Курбанбаева, Ш. Балқашбай**  
ТОПИНАМБУР ЖӘНЕ ГЕОРГИН ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫНДАҒЫ  
МАЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫН АНЫҚТАУ.....5
- Ж.С. Байзакова, Е.В. Солодова, А.Т. Кожабергенов, С. Қозықан, Л.К. Бупебаева**  
ЕТ ӨНДІРУ ПРОЦЕСІН ТЕХНОХИМИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУ ШАРАЛАРЫ.....16
- Г.Ж. Байсалова, А.Б. Жунусова, А.Б. Шукирбекова, Б.Б. Торсыкбаева, Б.С. Иманғалиева**  
*PSORALEA DRUPACEA* ВВЕ ТАМЫРЫНАН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ  
КЕШЕНДЕРДІ ЭКСТРАКЦИЯЛАУ ҮДЕРІСІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....34
- Ә.С. Дәулетбаев, Қ.А. Қадирбеков, А.Д. Алтынбек, М.Ш. Сулейменова, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина**  
УРАН ӨНДІРУ КЕЗІНДЕГІ КАТИОНДЫҚ ЖӘНЕ АНИОНДЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ  
КОНЦЕНТРАЦИЯЛАРЫ МЕН СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ.....43
- Н. Жумашева, М. Турсынбек, Ф. Султанов, А. Ментбаева, Л. Кудреева, Ж. Бакенов**  
ЛИТИЙ-КҮКІРТТІ АККУМУЛЯТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН НИКЕЛЬ  
ОКСИДІНІҢ НАНОБӨЛШЕКТЕРІ БАР КҮРІШ ҚАУЫЗЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН  
КЕУЕКТІ ГРАФЕН ТӘРІЗДІ КӨМІРТЕКТІ КОМПОЗИТ.....58
- Д.Т. Касымова, Г.Е. Жусупова**  
*LIMONIUM GMELINII* ӨСІМДІГІНЕН АЛЫНҒАН ӨСІМДІК ЭКСТРАКТТАРЫ  
БАР ЖЕРГІЛІКТІ ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН ГЕЛЬДЕРДІ ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ  
БАҒАЛАУ.....75
- Б.К. Кенжалиев, Т.С. Өмірбек, А.Н. Беркинбаева, Ш. Сәулебекқызы, Н.М. Төлегенова,**  
МИКРОТОЛҚЫНДЫ ӨНДЕУ АРҚЫЛЫ ӨНДІРІСТІК КЛИНКЕРДЕН  
МЫРЫШТЫ АЛУ: ФАЗАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ  
ШАЙМАЛАУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ.....94

<b>Д.М. Кенжебеков, А.Е. Хусанов, И. Иристаев, А. Жолшыбек, Д.Ж. Джанабаев</b> БҰРАЛҒАН ПРОФИЛЬДІ ЖОЛАҚ ТҮРІНДЕГІ АҒЫН ИНТЕНСИФИКАТОРЫМЕН «ҚҰБЫР ІШІНДЕГІ ҚҰБЫР» ЖЫЛУАЛМАСУ АППАРАТЫН МУЛЬТИФИЗИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ.....	111
<b>М.К. Құрманалиев, Ж.Е. Шаихова, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Әбілқасова, С.Т. Дауметова</b> СІЛТІЛІК МЕТАЛЛ ИОНДАРЫН ЭКСТРАКЦИЯЛАУҒА АРНАЛҒАН ЖАҢА ТАҢДАМАЛЫ СОРБЕНТТЕР.....	129
<b>Д.С. Сейтбеков , Е.С. Ихсанов, Koji Matsuoka</b> КАСПИЙ СОРТАҢЫ ӨСІМДІГІНІҢ ЖЕР ҮСТІ БӨЛІГІНЕН ЛИОФИЛИЗАЦИЯ ӘДІСІМЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАР КЕШЕНІН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ.....	138
<b>С.К. Смаилов, Е.Ж. Габдуллина, Ж.Т. Лесова, Э.К. Асембаева, Д.Е. Нурмуханбетова</b> ТҮЙЕ ТІКЕНЕКТІ ( <i>ALHAGI KIRGISORUM S.</i> ) ӨСІМДІКТЕРДІҢ ПОЛИФЕНОЛДЫҚ ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТІ.....	152
<b>Л. Султанова, Г.Мусина, А. Аманжолова, К.Ерланова, М.Аяпберген</b> НАТРИЙ ДИТИОФОСФАТЫНЫҢ МАРГАНЕЦ РУДАЛАРЫНЫҢ ҮЛГІЛЕРІНЕ ҚАТЫСТЫ ФЛОТАЦИЯЛЫҚ ҚАБІЛЕТІНЕ ЖИНАҒЫШТАР ШЫҒЫМЫНЫҢ ӘСЕРІ.....	165
<b>А.К. Токтабаева, Р.К. Рахметуллаева, Г.С. Ирмухаметова, А.Ж. Аликулов</b> N-(2-ВИНИЛОКСИЭТИЛ)-N-(2-ЦИАНОЭТИЛ) АМИН (ВОЭЦЭА) НЕГІЗІНДЕГІ ГИДРОГЕЛЬДІҢ ФАЗАЛЫҚ АУЫСУ ТЕМПЕРАТУРАСЫН БЕТТІК АКТИВТІ ЗАТТАРМЕН РЕТТЕУ.....	175
<b>М.Я. Хакимов, Д.Т.Абдулетип, П.И. Уркимбаева, Г.С. Ирмухаметова, З.А. Кенесова,</b> ПОЛИВИНИЛ СПИРТІ, 2-ГИДРОКСИЭТИЛ-АКРИЛАТ ЖӘНЕ N-ВИНИЛКАПРОЛАКТАМ НЕГІЗІНДЕГІ СОПОЛИМЕРЛЕРДЕН БАКТЕРИЦИДТІК ҚАСИЕТІ БАР ГИДРОГЕЛЬДІ ТАҢҒЫШТАРДЫ АЛУ.....	186
<b>Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова</b> ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДАҒЫ ӨНЕРКӘСПТІК КӘСПОРЫНДАРДЫҢ ТҮТІН МҰРЖАЛАРЫНА БЕЙТАРАПТАНДЫРУ МОДУЛЬДЕРІН ОРНАТУҒА АРНАЛҒАН ӘМБЕБАП БЕКІТКІШ ЖИНАҒЫ.....	195

## СОДЕРЖАНИЕ

### ХИМИЯ

- Г.Е. Азимбаева, Г.Н. Кудайбергенова, А.К. Камысбаева, Н.М. Курбанбаева, Ш. Балқашбай**  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ЛИСТЬЕВ  
ТОПИНАМБУРА И ГЕОРГИН.....5
- Ж.С. Байзакова, Е.В. Солодова, А.Т. Кожабергенов, С. Козыкан, Л.К. Бупебаева**  
МЕРЫ ТЕХНОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ПРОЦЕССЕ  
ПРОИЗВОДСТВА МЯСА.....16
- Г.Ж. Байсалова, А.Б. Жунусова, А.Б. Шукирбекова, Б.Б. Торсыкбаева, Б.С. Имангалиева**  
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ  
КОМПЛЕКСОВ ИЗ КОРНЕЙ PSORALEA DRUPACEA VGE.....34
- А.С. Даулетбаев, К.А. Кадирбеков, А.Д. Алтынбек, М.Ш. Сулейменова, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина**  
ИЗУЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИК КАТИОННОГО И  
АНИОННОГО СОСТАВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ УРАНА.....43
- Н. Жумашева, М. Турсынбек, Ф. Султанов, А. Ментбаева, Л. Кудреева, Ж. Бакенов**  
ПОРИСТЫЙ ГРАФЕНОПОДОБНЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ КОМПОЗИТ НА  
ОСНОВЕ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ С НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДА НИКЕЛЯ  
ДЛЯ ЛИТИЙ-СЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ.....58
- Д.Т. Касымова, Г.Е. Жусупова**  
РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА ГЕЛЕЙ ДЛЯ МЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ С  
РАСТИТЕЛЬНЫМИ ЭКСТРАКТАМИ ИЗ РАСТЕНИЙ ВИДА LIMONIUM  
GMELINIИ.....75
- Б.К. Кенжалиев, Т.С. Омирбек, А.Н. Беркинбаева, Ш. Саулебеккызы, Н.М. Толегенова**  
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦИНКА ИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО КЛИНКЕРА С ПОМОЩЬЮ  
МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ: ОПТИМИЗАЦИЯ ФАЗОВЫХ  
ПРЕОБРАЗОВАНИЙ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ.....94



- Д.М. Кенжебеков, А.Е. Хусанов, И. Иристаев, А. Жолшыбек,  
Д.Ж. Джанабаев**  
МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО  
АППАРАТА «ТРУБА В ТРУБЕ» С ИНТЕНСИФИКАТОРОМ ПОТОКА В  
ВИДЕ ВИТОЙ ПРОФИЛИРОВАННОЙ ЛЕНТЫ.....111
- М.К. Курманалиев, Ж.Е. Шаихова, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Абилкасова,  
С.Т. Дауметова**  
НОВЫЕ СЕЛЕКТИВНЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ  
ИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ.....129
- Д.С. Сейтбеков, Е.С. Ихсанов, Koji Matsuoka**  
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ  
ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ЛИОФИЛИЗАЦИИ ИЗ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ  
СОЛЯНОКОЛОСНИКА ПРИКАСПИЙСКОГО.....138
- С.К. Смаилов, Е.Ж. Габдуллина, Ж.Т. Лесова, Э.К. Асембаева,  
Д.Е. Нурмуханбетова**  
БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЛИФЕНОЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ  
РАСТЕНИЙ ВЕРБЛЮЖЬЕЙ КОЛЮЧКИ (ALHAGI KIRGISORUM S).....152
- Л. Султанова, Г. Мусина, А. Аманжолова, К. Ерланова, М. Аяпберген**  
ВЛИЯНИЕ ВЫХОДА НАКОПИТЕЛЕЙ НА ФЛОТАЦИОННУЮ  
СПОСОБНОСТЬ ДИТИОФОСФАТА НАТРИЯ ПО ОТНОШЕНИЮ  
К ОБРАЗЦАМ МАРГАНЦЕВЫХ РУД.....165
- А.К. Токтабаева, Р.К. Рахметуллаева, Г.С. Ирмухаметова, А.Ж. Аликулов**  
РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ГИДРОГЕЛЯ  
НА ОСНОВЕ N-(2-ВИНИЛОКСИЭТИЛА)-N-(2-ЦИАНОЭТИЛА) АМИНА  
(ВОЭЦЭА) ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ.....175
- М.Я. Хакимов, Д.Т. Абдулетип, П.И. Уркимбаева, Г.С. Ирмухаметова,  
З.А. Кенесова**  
ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОГЕЛЕВЫХ ПОВЯЗОК НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРОВ  
ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА, 2-ГИДРОКСИЭТИЛАКРИЛАТА И  
N-ВИНИЛКАПРОЛАКТАМА С БАКТЕРИЦИДНЫМ  
ДЕЙСТВИЕМ.....186
- Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова**  
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ УЗЕЛ КРЕПЕЖА ДЛЯ УСТАНОВКИ МОДУЛЕЙ  
НЕЙТРАЛИЗАЦИИ В ДЫМОТВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ.....195

CONTENTS

CHEMISTRY

<b>G.E. Azimbayeva, G.N. Kudaibergenova, A.K. Kamysbayeva, N.M. Kurbanbayeva, Sh. Zh. Balkhashbay</b> DETERMINATION OF FATTY ACIDS IN THE COMPOSITION OF JERUSALEM ARTICHOKE AND DAHLIA LEAVES.....	5
<b>Zh.S. Baizakova, E.V. Solodova, A.T. Kozhabergenov, S. Kozykan, L.K. Bupebaeva</b> TECHNOCHEMICAL CONTROL MEASURES IN THE PROCESS OF MEAT PRODUCTION.....	16
<b>G.Zh. Baisalova, A.B. Zhunisova, A.B. Shukirbekova, B.B. Torsykbaeva, B.S. Imangaliyeva</b> OPTIMIZATION OF THE EXTRACTION PROCESS OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPLEXES FROM PSORALEA DRUPACEA BGE ROOTS.....	34
<b>A.S. Dauletbayev, K.A. Kadirbekov, A.D. Altynbek, M.Sh. Suleimenova, S.O. Abilkasova, L.M. Kalimoldina</b> STUDY OF CONCENTRATION AND CHARACTERISTICS OF CATION AND ANION COMPOSITION IN URANIUM PRODUCTION.....	43
<b>N. Zhumasheva, M. Tursynbek, F. Sultanov, A. Mentbaeva, L. Kudreyeva, Z. Bakenov</b> RICE HUSK-BASED POROUS GRAPHENE-LIKE CARBON COMPOSITE WITH NICKEL OXIDE NANOPARTICLES FOR LITHIUM-SULFUR BATTERIES.....	58
<b>D.T. Kassymova, G.E. Zhusupova</b> DEVELOPMENT AND EVALUATION OF TOPICAL HERBAL GELS WITH PLANT EXTRACTS FROM LIMONIUM GMELINII.....	75
<b>B.K. Kenzhaliyev, T.S. Omirbek, A.N. Berkinbayeva, Sh. Saulebekkyzy, N.M. Tolegenova</b> MICROWAVE-ASSISTED ZINC EXTRACTION FROM INDUSTRIAL CLINKER: OPTIMIZING PHASE TRANSFORMATIONS AND ENHANCING LEACHING EFFICIENCY.....	94
<b>D.M. Kenzhebekov, A.Ye. Khussanov, I. Iristaev1, A. Zholshybek, D.Zh. Dzhanabayev</b> MULTIPHYSICAL MODELING OF A PIPE-IN-PIPE HEAT EXCHANGER WITH A FLOW INTENSIFIER IN THE FORM OF A TWISTED PROFILED STRIP.....	111

---

<b>M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, Zh.D. Alimkulova, S.O.Abilkasova, S.T. Daumetova</b> NEW SELECTIVE SORBENTS FOR THE EXTRACTION OF ALKALI METAL IONS.....	129
<b>D.S. Seitbekov, E.S. Ihsanov, Koji Matsuoka</b> TECHNOLOGY FOR OBTAINING A COMPLEX OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES BY LYOPHILIZATION FROM THE ABOVEGROUND PART OF THE HALOSTACHYS CASPICA.....	138
<b>S.K. Smailov, E.Zh. Gabdullina, J.T. Lesova, E.K. Assembayeva, D.E. Nurmukhanbetova</b> BIOLOGICAL ACTIVITY OF POLYPHENOLIC COMPOUND FROM ALHAGY (ALHAGI KIRGISORUM S) PLANTS.....	152
<b>L. Sultanova, G.Musina, A. Amanzholova, K.Erlanova, M.Ayapbergen</b> THE EFFECT OF STORAGE YIELD ON THE FLOTATION CAPACITY OF SODIUM DITHIOPHOSPHATE IN RELATION TO SAMPLES OF MANGANESE ORES .....	165
<b>A.K. Toktabayeva, R.K. Rakhmetullayeva, G.S. Irmukhametova, A.Z. Alikulov</b> REGULATION OF THE PHASE TRANSITION TEMPERATURE OF A HYDROGEL BASED ON N-(2-VINYLOXYETHYL)-N-(2-CYANOETHYL) AMINE (VOECEA) WITH SURFACTANTS.....	175
<b>M.Y. Khakimov, D.T.Abduletip, P.I. Urkimbayeva, G.S. Irmukhametova, Z.A. Kenessova</b> OBTAINING HYDROGEL DRESSINGS BASED ON COPOLYMERS OF POLYVINYL ALCOHOL, 2-HYDROXYETHYL ACRYLATE, AND N-VINYLCAPROLACTAM WITH A BACTERIOCIDAL EFFECT.....	186
<b>B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy, A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova</b> UNIVERSAL FASTENER ASSEMBLY FOR INSTALLATION OF NEUTRALIZATION MODULES IN INDUSTRIAL FLUES IN DECARBONIZATION TECHNOLOGY.....	195

## **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](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://www.nauka-nanrk.kz)**

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

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

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

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 17.12.2024.

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

13,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.