

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Д.В. Сокольский атындағы
«Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
АО «Институт топлива, катализа и
электрохимии им. Д.В. Сокольского»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel,
catalysis and electrochemistry»

SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

2 (455)

APRIL – JUNE 2023

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/arithv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 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

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

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>

© 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

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

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

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224–5286

Volume 2, Number 455 (2023), 43–52

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.162>

УДК 549.31.665.72

МРНТИ 31.17.29

© M.A. Daurenbek, 2023

Non-profit limited company «Taraz regional university named M.KH. Dulaty»,
Taraz, Kazakhstan.

E-mail: mdaurenbek@mail.ru

ABOUT FOREIGN STUDIES OF ZnIn COMPOUND SULFIDE AS PHOTOCATALYSTS IN THE SYNTHESIS GAS PRODUCTION (status and tendencies)

Daurenbek Murat Amiruly — PhD student of specialty chemistry of the «Chemistry & chemical technology department», Non-profit limited company «Taraz regional university named M.KH. Dulaty», Suleimenov str., 7, Taraz, Kazakhstan

E-mail: mdaurenbek@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3275-2920>.

Abstract. The importance of solving the problems of carbon dioxide utilization is substantiated. The scheme of synthesis gas production is described. The function of the photocatalyst in the reaction of photocatalytic conversion of CO₂ has been determined. The place and role of complex sulfide compounds in the production of photocatalysts have been clarified. The review of the most significant foreign studies in the production of photocatalysts from more than 100 scientific papers, part of which are given in the article. Production of synthesis gas under the action of light on defective nanosheets; fabrication of ZnIn₂S₄-ZnAlO_x nanocomposite to reduce CO₂ to CO; oxygen doping of ZnIn₂S₄ nanosheets to accelerate photocatalytic conversion reaction of CO₂; quantitative evaluation of carrier dynamics in ZnIn₂S₄ with indium vacancies to enhance photocatalytic conversion of CO₂ are considered; phosphorus-doped metal-free ZnIn₂S₄ nanosheets for enhanced photocatalytic CO₂ conversion; ZnIn sulfide photocatalyst modified with NiS co-catalyst with ohmic transition for efficient CO₂ conversion; synthesis of Zn₃In₂S₆/TiO₂ for enhanced photocatalytic CO₂ conversion activity through electron transfer in Z-circuit; influence of composition defects in layered crystals of ternary metal chalcogenides (Zn_xIn₂S_{3+x}, x = 1–5) on carbon dioxide conversion by visible light; co-production of synthesis gas and C-N bond formation in one photo-oxidation-reduction cycle; construction of ZnIn₂S₄-CdIn₂S₄ microspheres for effective photocatalytic conversion of CO₂ under visible light; creation of one-dimensional TiO₂ nanotubes integrated into the ultrathin heterostructure of two-dimensional ZnIn₂S₄ nanosheets for highly efficient and selective CO₂ conversion; growth of ZnIn₂S₄

nanosheets on SiO₂ functionalized with amine for photocatalytic CO₂ conversion etc. are considered in this article.

The research trends of mixed ZnIn sulfide for increasing synthesis gas production are revealed.

Keywords: zinc-indium sulfide, synthesis gas production, photocatalyst, doping, photocatalytic conversion of CO₂, carbon monoxide

© М.Ә. Дәуренбек, 2023

КЕАҚ «М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті», Тараз, Қазақстан.

E-mail: mdaurenbek@mail.ru

СИНТЕЗ-ГАЗ ӨНДІРІСІНДЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОР РЕТІНДЕ ZnIn КҮРДЕЛІ СУЛЬФИДІН ШЕТЕЛДІК ЗЕРТТЕУЛЕР ТУРАЛЫ (жағдайы мен тенденциялары)

Аннотация. Көмір қышқыл газын кәдеге жарату мәселелерін шешудің маңыздылығын егізделген. Синтез-газ алудың схемасы сипатталған. CO₂ фотокаталитикалық түрлендіру реакциясында фотокализатордың функциясы анықталды. Фотокализаторлар өндірісіндегі сульфидтердің күрделі қосылыстарының орны мен рөлі айқындалды. Кейбіреулері мақалада келтірілген фотокализаторларын өндіру саласындағы 100-ден астам ғылыми жұмыстардың ең маңызды шетелдік зерттеулеріне шолу жасалды. Ақаулы нанопарақтардағы жарықтың әсерінен синтез-газ өндіру; CO₂-ні CO-ға тотықсыздандыру үшін ZnIn₂S₄-ZnAlO_x нанокөмірдің жасау; CO₂ фотокаталитикалық түрлендіру реакциясын жеделдету үшін ZnIn₂S₄ нанопарақтарын оттегімен допирлеу; CO₂ фотокаталитикалық түрлендіруін күшейту үшін индийдің бос орындары бар ZnIn₂S₄ тасымалдау шылардың динамикасын сандық бағалау; CO₂ жақсартылған фотокаталитикалық түрлендіру үшін фосформен легирленген ZnIn₂S₄ металл емес нанопарақтары; CO₂-ні тиімді түрлендіру үшін NiS омдық ауысу сокатализаторымен өзгертілген ZnIn сульфиді фотокализаторы; Zn₃In₂S₆/TiO₂ синтезі Z - схемасы бойынша электрондарды тасымалдау арқылы CO₂ фотокаталитикалық түрлендіру белсенділігі нарттыру; үштік металл халькогенидтерінің қабатты кристалдарындағы (Zn_xIn₂S_{3+x}, x = 1–5) композиция ақауларының көрінетін жарықтың әсерінен көмірқышқыл газының түрленуіне әсері; бір фотототығу-тотықсыздану цикліндегі синтез-газды бірлесіп өндіру және C-N байланысының түзілуі; көрінетін жарықпен CO₂ тиімді фотокаталитикалық түрлендіру үшін ZnIn₂S₄-CdIn₂S₄ микросфераларын құрастыру; жоғары тиімді және селективті CO₂ түрлендіру үшін ZnIn₂S₄ екі өлшемді нанопарақтардың ультра жұқа гетерокұрылымына біріктірілген бір өлшемді TiO₂ нанотүтікшелерін жасау; CO₂ фотокаталитикалық түрлендіру үшін жұмыс жасаушы аминмен SiO₂-де ZnIn₂S₄ нанопарақтардың өсуі және т. б. қарастырылды.

Синтез-газ өндірісін ұлғайту мақсатында ZnIn аралас сульфидін зерттеу үрдістері анықталды.

Түйін сөздер: мырыш-индий сульфиді, синтез-газ өндірісі, фотокатализатор, допинг, CO_2 фотокаталитикалық түрлендіру, көміртегі тотығы

© М.А. Дауренбек, 2023

НАО «Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати»,

Тараз, Казахстан.

E-mail: mdaurenbek@mail.ru

О ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ СЛОЖНОГО СУЛЬФИДА ZnIn В КАЧЕСТВЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СИНТЕЗ-ГАЗА (состояние и тенденции)

Аннотация. Обоснована важность решения проблем утилизации углекислого газа. Описана схема получения синтез-газа. Определена функция фотокатализатора в реакции фотокаталитического преобразования CO_2 . Выявлены место и роль комплексных соединений сульфидов в производстве фотокатализаторов. Приведён обзор наиболее значимых зарубежных исследований в области производства фотокатализаторов из более 100 научных работ, часть которых приведены в статье. Рассмотрены производство синтез-газа под действием света на дефектных нанолитах; изготовление нанокompозита $\text{ZnIn}_2\text{S}_4\text{-ZnAlO}_x$ для восстановления CO_2 в CO ; допирование кислородом нанолитов ZnIn_2S_4 для ускорения реакции фотокаталитического преобразования CO_2 ; количественная оценка динамики носителей в ZnIn_2S_4 с вакансиями индия для усиления фотокаталитического преобразования CO_2 ; безметалловые нанолиты ZnIn_2S_4 , легированные фосфором для улучшенного фотокаталитического преобразования CO_2 ; для эффективного преобразования CO_2 фотокатализатор сульфид ZnIn , модифицированный сокатализатором NiS с омическим переходом; синтез $\text{Zn}_3\text{In}_2\text{S}_6/\text{TiO}_2$ для повышения активности фотокаталитического преобразования CO_2 посредством переноса электронов по Z-схеме; влияние дефектов состава в слоистых кристаллах тройных халькогенидов металлов ($\text{Zn}_x\text{In}_{2-x}\text{S}_{3+x}$, $x = 1-5$) на преобразование диоксида углерода под действием видимого света; совместное производство синтез-газа и образование связи C-N в одном фотоокислительно-восстановительном цикле; конструирование микросфер $\text{ZnIn}_2\text{S}_4\text{-CdIn}_2\text{S}_4$ для эффективного фотокаталитического преобразования CO_2 видимым светом; создание одномерных нанотрубок TiO_2 , интегрированных в ультратонкую гетероструктуру двумерных нанолитов ZnIn_2S_4 , для высокоэффективного и селективного преобразования CO_2 ; рост нанолитов ZnIn_2S_4 на SiO_2 , функционализированном амином для фотокаталитического преобразования CO_2 и др. Выявлены тенденции исследования смешанного сульфида ZnIn в целях увеличения производства синтез-газа.

Ключевые слова: сульфид цинк-индий, производство синтез-газа, фотокатализатор, допирование, фотокаталитическое преобразование CO_2 , угарный газ

Введение

Как уже сообщалось, комплексное соединение сульфида $ZnIn$ обладает уникальными свойствами, что позволило ему найти достойное место в практическом применении. Так, в работе (Daurenbek, 2020), наряду с другими сульфидами приведены примеры исследований физико-химических свойств этого соединения с целью его применения в различных отраслях науки и техники. В статье (Daurenbek, 2022), представлены исследования названного сульфида в рамках выяснения его использования в производстве водорода. Здесь мы остановимся ещё на одном исследовании этого сульфида в целях его перспективного использования в производстве синтез-газа. Синтез-газ является главным источником сырья в химическом производстве важнейших веществ: аммиака, метанола, фосгена, диметилового эфира, синтетической нефти и моторных масел, различных углеводов, метилформиата, формамида, муравьиной кислоты и др. В свою очередь синтез-газ – продукт переработки угарного газа, сырьём для которого является углекислый газ. Колоссальным источником углекислого газа (20–40 %) являются попутные газы, образующиеся при добыче природного газа и нефти. Источником углекислого газа (30–40 %) также являются отходящие газы известковых и цементных заводов, колошниковых газов доменных печей (21–23 %), промышленные предприятия, транспорт и др. Очевидно, что утилизация хотя бы части этих выбросов приблизило бы к решению экологических проблем, связанных с парниковым эффектом. Отметим, что важнейшую роль в извлечении CO из углекислого газа является скорость этого процесса, для увеличения которой используются фотокатализаторы на основе смешанных сульфидов. Среди них наиболее перспективным оказался сульфид цинк-индий. Приведём примеры исследований физико-химических свойств фотокатализаторов на основе сульфида цинк-индий.

Состояние и тенденции исследований. 1. В работе (Wang, 2021) подчёркивается, что производство синтез-газа (CO и H_2) с использованием CO_2 в качестве источника газа не только снижает парниковый эффект, но и даёт ценное химическое сырьё. Однако традиционные фотокаталитические системы требуют использования благородных металлов или имеют низкий выход. В связи с этим авторы представляют нанолиты $ZnIn_2S_4$ с S – вакансиями. При этом обнаружено, что создание S – вакансий может придать $ZnIn_2S_4$ более сильное фотопоглощение, эффективное разделение электронов и дырок и большую адсорбцию CO_2 , что в результате способствует ускорению протекания реакций как выделения водорода (HER), так и реакции преобразования CO_2 (CO_2RR). Как следствие, при этом значительно увеличивается выход синтез-газа. В отличие от исходного $ZnIn_2S_4$ предложенный фотокатализатор V-S- $ZnIn_2S_4$ примерно в 4,73 раза увеличивает скорость выхода синтез-газа, а соотношение CO/H_2 изменилось от 1:4,18 до 1:1. Общее количество синтез-газа после 12-часового фотокатализа достигает $63,20$ ммоль $г^{-1}$, что даже выше, чем у традиционных катализаторов на основе благородных металлов.

2. В статье (Shao, 2021) отмечено, что преобразование солнечной энергии в

топливо привлекает всё большее внимание во всём мире. Однако эффективность такого преобразования остаётся относительно низкой из-за быстрой рекомбинации фотогенерированных носителей заряда. В связи с этим авторами предлагается нанокompозит $\text{ZnIn}_2\text{S}_4\text{-ZnAlO}_x$. При этом тонкослойная структура нанокompозита облегчает фотоиндуцированное разделение и перенос носителей заряда, а также обеспечивает превосходную адсорбционную способность по отношению к молекулам CO_2 . Такой нанокатализатор продемонстрировал высокую активность в преобразовании CO_2 под действием видимого света с оптимальной скоростью образования CO $1100 \text{ мкмоль г}^{-1} \text{ ч}^{-1}$, что в 5 раз больше, чем у объёмного ZnIn_2S_4 . Показано, что соотношение CO/H_2 увеличивается с 0,2 при объёмном ZnIn_2S_4 до 1,5. Эксперименты *in situ* FT-IR показали, что на предложенном нанокатализаторе $\text{ZnIn}_2\text{S}_4\text{-ZnAlO}_x$ трансформация CO_2 в CO на происходит по пути образования COOH^* . Эта работа даёт представление о механизме фотокаталитической реакции преобразования CO_2 в синтез-газ.

3. В публикации (Pan, 2021) авторы отмечают, что разработка электронных свойств фотокатализаторов на основе полупроводников с использованием элементного легирования является эффективным подходом к улучшению их каталитической активности. Тем не менее, до сих пор остаются противоречия относительно роли допантов в фотокатализе. В исследовании ультратонкие наноллисты ZnIn_2S_4 (ZIS), допированные кислородом, были синтезированы однореакторным сольвотермическим методом. Наличие кислорода в решетке образца ZIS (O-ZIS) подтверждается спектрами XRD, XPS и комбинационным рассеянием. При оптимальном легировании кислородом ультратонкие наноллисты O-ZIS, облучаемые видимым светом, демонстрируют повышенную активность преобразования CO_2 в угарный газ со скоростью выделения последнего $1680 \text{ лмоль ч}^{-1} \text{ г}^{-1}$, что примерно в 7 раз выше, чем у недопированного сульфида. Расчеты показывают, что легирование кислородом в решетку наноллистов ZnIn_2S_4 играет ключевую роль в оптимизации ее электронных свойств. Замечательные фотокаталитические характеристики O-ZIS можно объяснить синергетическим следствием уникальной ультратонкослойной структуры и сдвигом вверх минимума зоны проводимости (CBM), вызванного легированием кислородом. Исследование предлагает простой метод элементного легирования сульфида кислородом, что даёт новое представление о высокоэффективном искусственном фотосинтезе.

4. В работе (He, 2022) отмечается о невыясненном влиянии дефектов решётки на количественную динамику носителей. В исследовании дефект решётки синтезированного чувствительного металлического ZnIn_2S_4 (VIn-rich-ZIS) вызван богатым содержанием вакансий индия, что приводит к высокой эффективности фотовосстановления CO_2 до CO . Количественно исследовано влияние дефектов на динамические параметры носителей. В результате выяснено, что длина диффузии неосновных носителей (LD) тесно связана с каталитическими характеристиками. Инфракрасная спектроскопия *in situ* и теоретические расчеты показали, что присутствие вакансий индия снижает энергетический барьер для превращения CO_2 в CO через промежуточное соединение COOH^* . Таким образом, высокая

скорость выделения CO достигает 298,0 мкмоль $\text{г}^{-1} \text{ч}^{-1}$, что почти в 28 раз выше, чем у ZnIn_2S_4 (VIn-бедный-ZIS) с малым количеством вакансий индия. Работа заполняет пробелы между каталитическими характеристиками дефектных фотокатализаторов и динамикой их носителей, и даёт ценную информацию для понимания механизма фотокатализа и разработки более эффективных дефектных фотокатализаторов.

5. Авторы статьи (Qin, 2021) отмечают, что сульфид ZnIn_2S_4 (ZIS) показал большой потенциал фотокаталитического преобразования солнечной энергии. Однако существенными проблемами этого материала являются сильная рекомбинация зарядов и недостаточная площадь поверхности. Легирование гетероатомами неметаллов считается эффективной стратегией улучшения его фотокаталитических характеристик. В исследовании наноллисты ZIS, легированные фосфором (P-ZIS) были приготовлены из исходного материала простой гидротермической обработкой ZIS с использованием NaH_2PO_4 . Исследовано влияние легирования фосфором на кристаллическую и зонную структуры, а также фотокаталитическую активность ZIS в преобразовании CO_2 в видимом свете. Обнаружено, что легирование фосфором в решётку ZIS играет ключевую роль в оптимизации её электронных свойств. Отношение ZIS к NaH_2PO_4 влияет на фотокаталитические характеристики P-ZIS, при этом оптимальное соотношение 1:15. Легированный фосфором P-ZIS демонстрирует замечательную фотокаталитическую скорость производства CO в видимом свете (18,8 мкмоль/30 мин), что в 2,5 раза выше, чем у недопированного ZIS. Особенность ультратонких наноллистов и смещение края зоны проводимости CB вверх приводят к повышению эффективности преобразования CO_2 . Исследование демонстрирует простой способ легирования P в ZIS, даёт рекомендации по контролируемому дефекту решётки и синтезу высокоэффективных фотокатализаторов путем легирования гетероатомами неметаллов.

6. В работе (Wang, 2022) авторами отмечена важность улучшения эффективности разделения фотогенерированных носителей для повышения фотокаталитической активности материала. Изучено фотокаталитическое преобразование CO_2 фотокатализатором с омическим переходом 3D/0D $\text{ZnIn}_2\text{S}_4/\text{NiS}$ при облучении солнечным светом. Благодаря триэтаноламинным (TEOA) реагентам, образец ZnIn_2S_4 -2%NiS имеет улучшенные характеристики преобразования CO_2 в угарный газ (выход CO 12,63 мкмоль $\text{ч}^{-1} \text{г}^{-1}$), что в два раза больше, чем для чистого ZnIn_2S_4 (выход 6,37 мкмоль $\text{ч}^{-1} \text{г}^{-1}$). Показано, что наночастицы NiS не только повышают эффективность генерации электронов и разделения зарядов за счет построения плотного контактного омического перехода, но и действуют как сокатализатор. При этом расширяется диапазон фотореакций и снижается реакционный барьер, что эффективно ускоряет реакцию фотокаталитического преобразования. Кроме того, трехмерная структура ZnIn_2S_4 увеличивает удельную поверхность, что облегчает диспергирование NiS. Генерация, разделение и миграция фотогенерированных электронных дырок изучаются с точки зрения кинетики с помощью переходного фототока, кривой вольтамперометрии с линейной разверткой и спектроскопией

фотолюминесценции. В работе раскрывается важная роль сокатализатора и омического соединения в улучшении фотокаталитической активности, а также предлагается новая идея создания эффективных фотокатализаторов.

7. В исследовании (Wang, 2019) авторами отмечено, что фотокаталитическое преобразование CO_2 все больше привлекает интерес учёных в связи с растущими опасениями по поводу изменения климата, связанного с парниковым эффектом. В статье представлен метод гидротермального синтеза модифицированного нанокompозита $\text{Zn}_3\text{In}_2\text{S}_6/\text{TiO}_2$. Полученные образцы исследованы спектрами фотолюминесценции (ФЛ), диффузного отражения в УФ-видимой области (СДО), рентгеновской дифракцией (РД), сканирующей электронной микроскопией (СЭМ), просвечивающей электронной микроскопией (ПЭМ), рентгеновской фотоэлектронной спектроскопией (РФЭС) и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопией (ЭДС). Применение этого материала в качестве фотокатализатора позволило значительно увеличить скорость производства СО из углекислого газа. Контакт между $\text{Zn}_3\text{In}_2\text{S}_6$ и TiO_2 способствует улучшенной фотокаталитической активности из-за формирования механизма переноса и разделения фотоиндуцированных зарядов по Z-схеме.

8. В публикации (Wu, 2019) авторами подчёркивается, что изучение эффективных и стабильных фотокатализаторов имеет решающее значение для практического применения фотокаталитического расщепления воды для получения чистого водородного топлива, а также для преобразования углекислого газа в синтез-газ. Активируемые видимым светом образцы $\text{Zn}_x\text{In}_2\text{S}_{3+x}$ ($x = 1-5$) с различным нарушенным составом синтезированы простым гидротермальным методом в качестве серии высокоэффективных фотокатализаторов. Дефекты решёток в образцах $\text{Zn}_x\text{In}_2\text{S}_{3+x}$ играют важную роль в переносе носителей заряда с внутренних поверхностей на внешние, что дополнительно влияет на окислительно-восстановительные реакции фотогенерированных электронов и дырок на границе твердое тело-жидкость. Граница поглощения образцов $\text{Zn}_x\text{In}_2\text{S}_{3+x}$ в синтетическом растворе смещается в сторону более коротких длин волн по мере увеличения x атомного отношения Zn/In . Фотокаталитическую активность $\text{Zn}_x\text{In}_2\text{S}_{3+x}$ оценивали по фотокаталитическому получению водорода из воды и преобразованию CO_2 под действием видимого света. В тоже время в исследовании выявлено, что из образцов $\text{Zn}_x\text{In}_2\text{S}_{3+x}$ наилучшую фотокаталитическую активность показал образец ZnIn_2S_4 ($x = 1$) со скоростью выделения водорода $2,93 \text{ ммоль ч}^{-1} \text{ г}^{-1}$, и квантовым выходом $7,92 \%$ при длине волны $\lambda = 420 \text{ нм}$. Что касается преобразования CO_2 под действием видимого света самую высокую скорость образования СО $40,4 \text{ мкмоль ч}^{-1} \text{ г}^{-1}$ показал образец $\text{Zn}_x\text{In}_2\text{S}_{3+x}$. Наличие дефектов состава создавало дополнительные энергетические барьеры для блокировки фотоиндуцированного переноса носителей заряда. Подчёркивается, что исследование предполагает новый взгляд на раскрытие взаимосвязи структура-свойство слоистых кристаллов $\text{Zn}_x\text{In}_2\text{S}_{3+x}$, имеющих важное значение для реализации их приложений в широком диапазоне, связанном с энергетикой окружающей среды.

9. В работе (Han, 2021) отмечается, что производство синтез-газа на солнечной

энергии за счет сокращения выбросов CO_2 обеспечивает устойчивую стратегию получения возобновляемого сырья. Однако этот многообещающий процесс часто страдает от жесткой активации CO_2 , вялой кинетики окислительной полуреакции и выделения нежелательных побочных продуктов. Авторы предлагают функционально-ориентированную стратегию преднамеренного конструирования гетероструктур черных фосфорных квантовых точек сульфида ZnIn_2S_4 в BP/ZIS для преобразования CO_2 до синтетического газа под действием солнечной энергии в сочетании с селективным окислительным образованием связи C-N в одном окислительно-восстановительном цикле. Оптимальная гетероструктура BP/ZIS характеризуется улучшенным разделением носителей заряда и обогащенными активными центрами для совместного фотокаталитического производства синтез-газа с регулируемым соотношением CO/H_2 и эффективным окислением аминов в имины с высокой конверсией и селективностью. Эти выдающиеся каталитические характеристики обусловлены оптимальной электронной связью между квантовыми точками черного фосфора и ZnIn_2S_4 , а также оптимизированной адсорбцией ключевых промежуточных продуктов реакции, что подтверждается как экспериментальными, так и теоретическими исследованиями.

10. Авторы статьи (Han, 2022) предлагают серию гетероструктурированных микросфер ZnIn_2S_4 - CdIn_2S_4 , полученную методом ионного обмена и впервые используемую для фотокаталитического преобразования CO_2 в системах, не содержащих благородных металлов. Результаты показали, что такие микросферы проявляют превосходную каталитическую активность в видимом свете, при этом наилучший выход CO достигает $33,57 \text{ мкмоль} \cdot \text{ч}^{-1}$ при селективности 91 %. Стабильность и возможность повторного использования ZnIn_2S_4 - CdIn_2S_4 подтверждены различными характеристиками, включая рентгеновскую дифракцию (XRD), сканирующую электронную микроскопию (SEM), просвечивающую электронную микроскопию (TEM), рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию (XPS), энергетическую — дисперсионную рентгеновскую спектроскопию (EDX) и измерениями адсорбции N_2 .

11. В работе (Kim, 2022) показано, что разработанная недорогой, высокоэффективной фотосистемы, не содержащей благородных металлов, имеет большое значение в целях обеспечения разделения фотопроизводных носителей и в образовании центров захвата для преобразования CO_2 . Катализаторы из неблагородных металлов в виде нанотрубок TiO_2 (TNT) и гексагональных наноллистов ZnIn_2S_4 (ZIS) синтезированы простыми гидротермальными методами и использованы для фотовосстановления углекислого газа CO . При этом скорость образования CO составила $4,41 \text{ ммоль} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$, что в 1,5 раза выше скорости при использовании только наноллистов ZnIn_2S_4 . В частности, TNT/ZIS демонстрирует стабильную тенденцию к выделению CO в течение 72 часов облучения, обеспечивая регулярную активность и селективность для 4-кратного использования на рециркуляцию при облучении солнечным светом. Для выяснения природы фотокаталитического механизма исследованы и проанализированы кристаллическая структура, наноморфология, поглощение света, ширина запрещенной зоны и электрохимическое поведение полученных композитов.

12. Авторы работы (Shao, 2022) отмечают, что фотокаталитическое преобразования CO_2 в ценное топливо имеет многообещающее будущее, но остается проблема низкой эффективности разделения зарядов и неадекватных активных центров. При решении этих проблем авторами выявлено, что органический кремнезем, функционализированный вторичным амином, содержащий ZnIn_2S_4 ($\text{ZnIn}_2\text{S}_4/\text{NH-SiO}_2$), оказался эффективным при фотокаталитическом преобразовании CO_2 под действием видимого света. $\text{ZnIn}_2\text{S}_4/\text{NH-SiO}_2$ с содержанием ZnIn_2S_4 40 % обеспечивает скорость производства CO $1304,8 \text{ мкмоль г}^{-1} \text{ ч}^{-1}$ при комнатной температуре, что примерно в 3 раза выше, чем у недопированного ZnIn_2S_4 . Тонкие нанолиты ZnIn_2S_4 ускоряют разделение фотогенерированных электронных пар, а аминогруппы на $\text{ZnIn}_2\text{S}_4/\text{NH-SiO}_2$ действуют как активные центры для адсорбции и активации CO_2 , тем самым способствуя преобразованию CO_2 в угарный газ.

В заключении отметим, что из анализа более 100 публикаций, часть из которых приведены в статье, следует, что в исследовании комплексного соединения сульфида цинк-индий в целях использования в качестве фотокатализаторов в производстве синтез-газа чётко прослеживается тенденция удешевления этого процесса и увеличения скорости выхода конечных продуктов. С этой целью идут поиски замены классических катализаторов, содержащих благородные металлы наиболее перспективными сульфидами, в частности, сульфидом ZnIn . Для увеличения скорости выхода угарного газа исходный материал катализатора используется в виде нанолитов, осуществляется регулируемый дефект решётки с помощью введения различных химических элементов, конструируются сложные композиты из нескольких сульфидов, вводятся дополнительные сокатализаторы и т.п. Эти приёмы способствуют в несколько раз увеличить скорость фотокаталитической реакции выхода CO и, что важно, позволяют многократное использование изготовленных фотокатализаторов.

REFERENCES

- Daurenbek M.A., Mazhibaev A.K., Bakibaev A.A., 2020 — about modern research in the field of complex sulfide compounds (state and trends), news of the national academy of sciences of the republic of kazakhstan-series chemistry and technology, 1. Pp. 55–63. DOI: 10.32014/2020.2518-1491.7 (in Eng.).
- Daurenbek M.A., 2022 — some modern foreign studies based on complex sulfide compound ZnIn_2S_4 (state and trends), news of the national academy of sciences of the republic of kazakhstan-series chemistry and technology, 1. Pp. 20–26. DOI: 10.32014/2020.2518-1491.7 (in Russ.).
- Han C., Li Y.H., Li J.Y., Qi M.Y., Tang Z.R., Xu Y.J., 2021 — Cooperative Syngas Production and C-N Bond Formation in One Photoredox Cycle *ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION*, V. 60. 14. Pp. 7962–7970. DOI 10.1002/anie.202015756 (in Eng.).
- Han S.T., Li B.F., Huang L.J., Xi H.L., Ding Z.X., Long J.L., 2022 — Construction of ZnIn_2S_4 - CdIn_2S_4 Microspheres for Efficient Photo-catalytic Reduction of CO_2 with Visible Light, *CHINESE JOURNAL OF STRUCTURAL CHEMISTRY*, V. 41, 1. Pp. 7–13. DOI 10.14102/j.cnki.0254-5861.2021-0026 (in Eng.).
- He Y.Q., Chen C.L., Liu Y.X., Yang Y.L., Li C.G., Shi Z., Han Y., Feng S.H., 2022 — Quantitative Evaluation of Carrier Dynamics in Full-Spectrum Responsive Metallic ZnIn_2S_4 with Indium Vacancies for Boosting Photocatalytic CO_2 Reduction, *NANO LETTERS*, V. 22, 12. Pp. 4970–4978. DOI 10.1021/acs.nanolett.2c01666 (in Eng.).
- Kim E., Do K.H., Wang J.M., Hong Y., Rangappa A.P., Reddy D.A., Kumar D.P., Kim T.K., 2022

— Construction of 1D TiO₂ nanotubes integrated ultrathin 2D ZnIn₂S₄ nanosheets heterostructure for highly efficient and selective photocatalytic CO₂ reduction, *APPLIED SURFACE SCIENCE*, V. 587. DOI10.1016/j.apsusc.2022.152895 (in Eng.).

Pan B., Wu Y., Rhimi B., Qin J.N., Huang Y., Yuan M.Z., Wang C.Y., 2021 — Oxygen-doping of ZnIn₂S₄ nanosheets towards boosted photocatalytic CO₂ reduction, *JOURNAL OF ENERGY CHEMISTRY*, 57. Pp. 1–9. DOI10.1016/j.jechem.2020.08.024 (in Eng.).

Qin J.N., Zhao Q., Zhao Y.L., Wu Y., Pan B., Wang C.Y., 2021 — Metal-Free Phosphorus-Doped ZnIn₂S₄ Nanosheets for Enhanced Photocatalytic CO₂ Reduction, *JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY C*, V. 125, 43. Pp. 23813–23820. DOI10.1021/acs.jpcc.1c07651 (in Eng.).

Shao Y.Q., Wang X.K., Dou Z.L., Liang X.Y., Zhang X.X., Pang M., Xu Q., Ji M., Wang M., 2021 — Preparation of a ZnIn₂S₄-ZnAlO_x nanocomposite for photoreduction of CO₂ to CO, *CATALYSIS SCIENCE & TECHNOLOGY*, V. 11, 10. Pp.3422–3427. DOI 10.1039/d1cy00278c (in Eng.).

She H.D., Wang Y., Zhou H., Li Y., Wang L., Huang J.W., Wang Q.Z., 2019 — Preparation of Zn₃In₂S₆/TiO₂ for Enhanced CO₂ Photocatalytic Reduction Activity Via Z-scheme Electron Transfer, *CHEMCATCHEM*, V. 11. 2. Pp. 753–759/ DOI10.1002/cctc.201801745 (in Eng.).

Shao Y.Q., Dou Z.L., Liang X.Y., Zhang X.X., Ji M., Pang M., Wang M., Wang X.K., 2022 — ZnIn₂S₄ nanosheet growth on amine-functionalized SiO₂ for the photocatalytic reduction of CO₂, *CATALYSIS SCIENCE & TECHNOLOGY*, V. 12, 2. Pp.606–612, DOI10.1039/d1cy01740c (in Eng.).

Wang H.Q., Jiang H.P., Wang H.J., Liu Q., Huo P.W., 2022 — NiS Cocatalyst-Modified ZnIn₂S₄ as Ohmic-Junction Photocatalyst for Efficient Conversion of CO₂, *ENERGY TECHNOLOGY*, V.10, 6. DOI10.1002/ente.202101158 (in Eng.).

Wu Y., Wang H., Tu W.G., Wu S.Y., Chew J.W., 2019 — Effects of composition faults in ternary metal chalcogenides (Zn_xIn₂S_{3+x}, x=1–5) layered crystals for visible-light-driven catalytic hydrogen generation and carbon dioxide reduction, *APPLIED CATALYSIS B-ENVIRONMENTAL*, V. 256. DOI10.1016/j.apcatb.2019.117810 (in Eng.).

Wang X.W., Chen J.F., Li Q.Y., Li L.Y., Zhuang Z.Y., Chen F.F., Yu Y., 2021 — Light-Driven Syngas Production over Defective ZnIn₂S₄ Nanosheets, *CHEMISTRY-A EUROPEAN JOURNAL*. DOI 10.1002/chem.202004520 (in Eng.).

МАЗМҰНЫ

И. Акмалова, В. Меркулов ТҮРЛІ МАЙ ШИКІЗАТТАРЫНЫҢ НЕГІЗІНДЕГІ БЕТТІК-АКТИВДІ ЗАТТАРДЫ АЛУ ӘДІС.....5	5
М.Б. Ахтаева, Г.Е. Азимбаева, Ж.С. Мукагаева ЕКІҮЙЛІ ҚАЛАҚАЙ (<i>URTICA DIOCA L.</i>) ҚҰРАМЫНДАҒЫ ПОЛИФЕНОЛДЫ ҚОСЫЛЫСТАРДЫ, ФЛАВОНОИДТАРДЫ, КАРОТИНОИДТАРДЫ ЗЕРТТЕУ.....15	15
К.Б. Бажықова, Т.С. Бекежанова, Қ.Д. Рахимов СЕСКВИТЕРПЕНОИДТАР ҚАТАРЫНАН ХИМИЯЛЫҚ МОДИФИКАЦИЯЛАУ НЕГІЗІНДЕ ВИРУСҚА ҚАРСЫ ББЗ ІЗДЕСТІРУ.....24	24
М.Д. Даулетова, А.К. Үмбетова, Г.Ш. Бурашева, М.И. Чаудхари <i>ATRAPHAXIS</i> ТҰҚЫМДАС ҚАЗАҚСТАНДЫҚ ӨСІМДІК ТҮРЛЕРІНІҢ ҚЫШҚЫЛДЫҚ ҚҰРАМЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ЗЕРТТЕУ.....33	33
М.Ә. Дәуренбек СИНТЕЗ-ГАЗ ӨНДІРІСІНДЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОР РЕТІНДЕ ZnIn КҮРДЕЛІ СУЛЬФИДІН ШЕТЕЛДІК ЗЕРТТЕУЛЕР ТУРАЛЫ (жағдайы мен тенденциялары).....43	43
Б.С. Гайсина, Л.К. Оразжанова, Б.Х. Мұсабаева, А.Н. Сабитова, Б.Б. Баяхметова ХИТОЗАН- НАТРИЙ АЛГИНАТЫ НЕГІЗІНДЕГІ БИОҮЙЛЕСІМДІ КРИОҚҰРЫЛЫМДЫ АЛУ ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....53	53
Н. Жаникулов, А. Абдуллин, Б. Таймасов, М. Кенжехан МЫРЫШ-ФОСФАТТЫ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЦЕМЕНТ АЛУ ҮШІН ФОСФОР ШЛАГЫН ЗЕРТТЕУ.....63	63
М.Ж. Жұрынов, Т.С. Бекежанова, К.Б. Бажықова, К.Д. Рахимов, З.М. Зиятбек ДӘРМЕНЕ ЖУСАНЫ (<i>ARTEMISIA CINA BERG.</i>) ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫНАН ЭФИР МАЙЛАРЫН БӨЛІП АЛУ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ СТАНДАРТТАУ75	75
Б. Имангалиева, Б. Торсыкбаева, Г. Рахметова, Т. Нұрдаулетова, Б. Досанова ХИМИЯДАН "ТҮЗДАР ГИДРОЛИЗИ" ТАҚЫРЫБЫН ОҚЫТУДЫҢ ТИІМДІ ТЕХНОЛОГИЯСЫ.....85	85
А.Г. Исмаилова, Г.Ж. Аканова, Д.Х. Камысбаев, С. Исабекова НИТРАТТЫ ОРТАДАН ДИСПРОЗИЙДІ ДЭГФҚ-МЕН ЭКСТРАКЦИЯЛАУ.....98	98
Ж.А. Караев, Ж.У. Кобдикова, Б.Б. Торсыкбаева, Б.С. Имангалиева, Н.Р. Рахым ЖОҒАРҒЫ ОҚУ ОРЫНДАРЫНДА КРИТЕРИАЛДЫ ӘДІЛ БАҒАЛАУ.....111	111
М.К. Касымова, Р.С. Алибеков, З.И. Кобжасарова, Г.Э. Орымбетова, К.А. Уразбаева ҰЫТ ҚОЛДАНАТЫН ХАЛАЛ ШҰЖЫҚ ӨНІМДЕРІ.....124	124

Б.К. Масалимова, Г.Д. Джетписбаева, Е.В. Доқуцич, В.А. Садыков ОРГАНИКАЛЫҚ ТОТЫҚТЫРҒЫШТАР ҚАТЫСЫНДА ПЕРОВСКИТ ҚҰРЫЛЫМДЫ КҮРДЕЛІ ОКСИД LaCoO_3 АЛУ.....	143
Г.Э. Орымбетова, Р.С. Алибеков, Э.А. Габрильянц, К.А. Уразбаева, М.К. Касымова, З.И. Кобжасарова ЕТ-КӨКӨНІС ПАШТЕТТІ ӨНДІРУДЕ ХАССП ЖҮЙЕСІН ҚОЛДАНУ.....	151
С.О. Садикалиева, С.Д. Сатыбалдинова, З.Д. Ершебулов, Е.В. Фокина, К.А. Шораева БИОПРЕПАРАТТАР ӨНДІРУ ҮШІН СУДЫ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.....	164

СОДЕРЖАНИЕ

И. Акмалова, В. Меркулов МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНОГО ЖИРОВОГО СЫРЬЯ.....	5
М.Б. Ахтаева, Г.Е. Азимбаева, Ж.С. Мукатаева ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ФЛАВОНОИДОВ, КАРОТИНОИДОВ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ (<i>URTICA DIOCAL</i>).....	15
К.Б. Бажыкова, Т.С. Бекежанова, К.Д. Рахимов ПОИСК БАВ ПРОТИВ ВИРУСА ИЗ РЯДА СЕСКВИТЕРПЕНОИДОВ НА ОСНОВЕ ХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ.....	24
М.Д. Даулетова, А.К. Умбетова, Г.Ш. Бурашева, М.И. Чаудхари ОБРАЗОВАНИЕ СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ КИСЛОТНОГО СОСТАВА КАЗАХСТАНСКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ РОДА <i>ATRAPHAXIS</i>	33
М.А. Дауренбек О ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ СЛОЖНОГО СУЛЬФИДА ZnIn В КАЧЕСТВЕ ФОТОКАТАЛИЗАТОРОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ СИНТЕЗ-ГАЗА (состояние и тенденции).....	43
Б.С. Гайсина, Л.К. Оразжанова, Б.Х. Мұсабаева, А.Н. Сабитова, Б.Б. Баяхметова ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ БИОСОВМЕСТИМОЙ КРИОСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАН-АЛБГИНАТА НАТРИЯ.....	53
Н. Жаникулов, А. Абдуллин, Б. Таймасов, М. Кенжехан ИССЛЕДОВАНИЕ ФОСФОРНОГО ШЛАГА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИНК-ФОСФАТНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ЦЕМЕНТА.....	63
М.Ж. Жұрынов, Т.С. Бекежанова*, К.Б. Бажыкова, К.Д. Рахимов, З.М. Зиятбек СПОСОБЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ <i>ARTEMISIA</i> <i>SINA BERG.</i> И ИХ СТАНДАРТИЗАЦИЯ.....	75
Б. Имангалиева, Б. Торсыкбаева, Г. Рахметова, Т. Нурдаулетова, Б. Досанова ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕМЫ "ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ" ПО ХИМИИ.....	85
А.Г. Исмаилова, Г.Ж. Аканова, Д.Х. Камысбаев, С. Исабекова ЭКСТРАКЦИЯ ДИСПРОЗИЯ С ДЭЭГФК ИЗ НИТРАТНОЙ СРЕДЫ.....	98
Ж.А. Караев, Ж.У. Кобдикова, Б.Б. Торсыкбаева, Б.С. Имангалиева, Н.Р. Рахым СПРАВЕДЛИВОЕ КРИТЕРИАЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ.....	111
М.К. Касымова, Р.С. Алибеков, З.И. Кобжасарова, Г.Э. Орымбетова*, К.А. Уразбаева ХАЛЯЛНЫЕ КОЛБАСНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ИЗ ГОВЯДИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛОДА.....	124

Б.К. Масалимова, Г.Д. Джетписбаева, Е.В. Докунич, В.А. Садыков ПОЛУЧЕНИЕ СЛОЖНОГО ОКСИДА СО СТРУКТУРОЙ ПЕРОВСКИТА $LaCOO_3$ В ПРИ СУТСТВИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ.....	143
Г.Э. Орымбетова, Р.С. Алибеков, Э.А. Габрильянц, К.А. Уразбаева, М.К. Касымова, З.И. Кобжасарова ПРИМЕНЕНИЕ ХАССП СИСТЕМЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЯСОРАСТИТЕЛЬНОГО ПАШТЕТА.....	151
С.О. Садикалиева, С.Д. Сатыбалдинова, З.Д. Ершебулов, Е.В. Фокина, К.А. Шораева ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОПРЕПАРАТОВ.....	164

CONTENTS

I. Akmalova, V. Merkulov METHOD OF OBTAINING SURFACTANTS BASED ON VARIOUS FATTY RAW MATERIALS.....	5
M.B. Akhtayeva, G.E. Azimbayeva, J.S. Mukataeva STUDY OF CARATINOID, FLAVONOID, POLYPHENOL COMPOUNDS OF DICOTYLEDONOUS NETTLE (<i>URTICA DIOCA L.</i>).....	15
K.B. Bazhykova, T.S. Bekezhanova, K.D. Rakhimov SEARCH FOR BAS AGAINST A VIRUS FROM A NUMBER OF SESQUITERPENOIDS BASED ON CHEMICAL MODIFICATION.....	24
M.D. Dauletova, A.K. Umbetova, G.S. Burasheva, M.I. Chaudhari COMPARATIVE STUDY OF THE ACID COMPOSITION OF KAZAKH PLANT SPECIES OF THE GENUS <i>ATRAPHAXIS</i>	33
M.A. Daurenbek ABOUT FOREIGN STUDIES OF ZnIn COMPOUND SULFIDE AS PHOTOCATALYSTS IN THE SYNTHESIS GAS PRODUCTION (status and tendencies).....	43
B.S. Gaisina, L.K. Orazzhanova, B.H. Musabayeva, A.N. Sabitova, B.B. Bayakhmetova OBTAINING AND STUDYING THE PROPERTIES OF A BIOCOMPATIBLE CRYOSTRUCTURE BASED ON CHITOSAN-SODIUM ALGINATE.....	53
N. Zhanikulov, A. Abdullin, B. Taimasov, M. Kenzhehan INVESTIGATION OF PHOSPHORIC SLAG FOR OBTAINING OF ZINC-PHOSPHATE COMPOSITE CEMENT.....	63
M.Zh. Zhurinov, T.S. Bekezhanova, K.B. Bazhykova, K.D. Rakhimov, Z.M. Ziyatbek METHODS OF EXTRACTING ESSENTIAL OILS FROM <i>ARTEMISIA CINA</i> BERG. PLANT RAW MATERIALS AND THEIR STANDARDIZATION.....	75
B. Imangaliyeva, B. Torsykbayeva, B. Dossanova, T. Nurdauletova, G. Rakhmetova EFFECTIVE TECHNOLOGY OF TEACHING "SALTS HYDROLYSIS" IN CHEMISTRY.....	85
A.G. Ismailova, G.Zh. Akanova, D.Kh. Kamysbayev, S. Isabekova EXTRACTION OF DYSPROSIUM BY D2EHPA FROM NITRATE MEDIUM.....	98
Zh. Karaev, Zh. Kobdikova, B. Torsykbaeva, B. Imangaliyeva, N. Rakhym FAIR CRITERIA EVALUATION IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS.....	111
M.K. Kassymova, R.S. Alibekov, Z.I. Kobzhasarova, G.E. Orymbetova, K.A. Urazbayeva HALAL BEEF SAUSAGE PRODUCTS USING MALT.....	124

B.K. Massalimova, G.D. Jetpisbayeva, E.V. Docuchits, V.A. Sadykov OBTAINING A COMPLEX OXIDE WITH THE PEROVSKITE STRUCTURE LaCoO_3 IN THE PRESENCE OF ORGANIC REDUCING AGENTS.....	143
G.E. Orymbetova, R.S. Alibekov, E.A. Gabrilyants, K.A. Urazbayeva, M.K. Kassymova, Z.I. Kobzhasarova APPLICATION OF HACCP SYSTEM FOR THE MEAT-PLANT PASTE PRODUCTION.....	151
S.O. Sadikaliyeva, S.D. Satybaldinova, Z.D. Yershebulov, E.V. Fokina, K.A. Shorayeva CHEMICAL ANALYSIS OF WATER USED IN THE PRODUCTION OF BIOLOGICAL PRODUCTS.....	16

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)

Заместитель директор отдела издания научных журналов НАН РК *Р. Жәліқызы*

Редакторы: *М.С. Ахметова, Д.С. Аленов*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 05.07.2023.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф. 11,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.