

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 (451)

APRIL – JUNE 2022

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of chemistry and technologies scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия химии и технологий» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество в глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.

Бас редактор:

ЖУРЫНОВ 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 Сергазы 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), Реддинг университетінің профессоры (Реддинг, 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-Маджиди Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдар 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/arhiv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2022

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

ТЕЛЬТАЕВ 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 углекислоты (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/arhiv>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2022

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, 2022

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 451 (2022), 159-168

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1491.111>

УДК 541.13; 541.64

К.А. Уразов, А.К. Рахимова, С. Айт

АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского»,

Алматы, Казахстан.

E-mail: u_kazhm@mail.ru

**ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ПЛЕНОК CZTS НА СЛОЙ
ПРОВОДЯЩЕГО
ПОЛИМЕРА**

Аннотация. Проведено электроосаждение тонких пленок $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ на FTO/стеклоподложках, покрытых тонким слоем полимера PEDOT:PSS. Изучено влияние проводящего полимера PEDOT:PSS на химический состав и микрорельеф поверхности пленок $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ с помощью метода сканирующей электронной микроскопии. Определены параметры шероховатости и морфология поверхности исследуемых материалов методом атомно-силовой микроскопии. Подтвержден фазовый состав полученных материалов методом рентгеновской дифракции. Исследованы фотоэлектрические свойства изготовленных материалов методом фотоэлектрохимического анализа. Определено, что исследуемые образцы обладают фотоактивностью.

Ключевые слова: электроосаждение, кестерит, проводящий полимер, тонкая пленка, центрифугирование.

К.А. Уразов*, А.К. Рахимова, С. Айт

Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail: u_kazhm@mail.ru

ӨТКІЗГІШ ПОЛИМЕР ҚАБАТЫНА CZTS ҚАБЫҒЫН ЭЛЕКТРОТҮНДЫРУ

Аннотация. PEDOT: PSS полимер қабатымен қапталған FTO/шыны төсенішке $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ жұқа қабықтарын электротүндыру жүргізілді. PEDOT:PSS өткізгіш полимерінің $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ қабықшаларының химиялық құрамы мен беткі микрорельефіне әсері сканерлейтін электронды микроскопия көмегімен зерттелді. Зерттелетін материалдардың кедір-бұдырлық параметрлері мен беткі морфологиясы атомдық-күш микроскопия әдісімен анықталды. Алынған материалдардың фазалық құрамы рентгендік дифракция арқылы дәлелденді. Фотоэлектрохимиялық талдау әдісімен дайындалған материалдардың фотоэлектрлік қасиеттері зерттелді. Зерттелетін үлгілердің фотобелсенділігі бар екені анықталды.

Түйін сөздер: электротүндыру, кестерит, өткізгіш полимер, жұқа қабықша, центрифугалау.

К.А. Urazov*, А.К. Rahimova, S. Ait

“D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry” JSC,
Almaty, Kazakhstan.

E-mail: u_kazhm@mail.ru

ELECTRODEPOSITION OF CZTS FILMS ON A CONDUCTIVE POLYMER LAYER

Abstract. Electrodeposition of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin films on FTO/glass substrates coated with a thin layer of PEDOT:PSS polymer was carried out. The influence of the conducting polymer PEDOT:PSS on the chemical composition and microrelief of the surface of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ films was studied using scanning electron microscopy. Atomic-force microscopy was used to determine the roughness characteristics and surface morphology of the materials investigated. The phase composition of the obtained materials was confirmed by X-ray diffraction. The photoelectric properties of the fabricated materials were studied by photoelectrochemical analysis. The photoactivity of the investigated samples was determined.

Key words: electrodeposition, kesterite, conductive polymer, thin film, spin-coating.

Введение. Тонкопленочные фотовольтаические технологии стремительно развиваются благодаря своим характеристикам, таким как легкий вес и совместимость как с гибкими, так и жесткими подложками. Солнечные элементы на основе тонких пленок CdTe and Cu(In,Ga)(S,Se)₂ продемонстрировали эффективность выше 20% и уже коммерциализируются. Следовательно, устойчивое развитие фотовольтаики потребует разработки материалов, не требующих использования редких элементов и безопасных для окружающей среды. Одним из перспективных материалов для недорогих, экологически безопасных и высокоэффективных тонкопленочных фотоэлектрических элементов являются полупроводники Cu₂ZnSnS₄ (CZTS) на основе кестерита (Chandran, 2015:2; Dipmala, 2021:13; Ye, 2011:16; Delbos, 2021:13; Gong, 2021:8, Wang, 2014:5; Yuan, 2015:3; Dergacheva, 2017:8; Pawar, 2010:4; Khalil, 2014:4; Chen, 2011:5; He, 2012:3; Boutebakh, 2017:10; Márquez, 2016:6).

Новым направлением в использовании пленочных полупроводников CZTS является создание с их участием гибридных фотоэлементов. Предлагаемая структура гибридного фотоэлемента представляет собой композицию из проводящего полимера PEDOT:PSS (поли-(3,4-этилендиокситиофен): поли-(стирол сульфонат)) в комбинации с тонкопленочным неорганическим полупроводником CZTS. В данной гибридной структуре пленка PEDOT:PSS действует как слой для переноса дырок.

Среди проводящих полимеров PEDOT:PSS привлек наибольшее внимание из-за его относительно высокой проводимости и стабильности по сравнению с другими полимерами. PEDOT представляет собой органический полупроводник с проводимостью p-типа и может использоваться отдельно или с полистиролсульфонатом (PSS). Он обладает хорошими электрическими и оптическими свойствами (Kumar, 2020:6; Dimitriev, 2011:5; Kumar, 2014:12; Alemu, 2012:9; Kim, 2011:5; Gueye, 2020:102).

Цель работы заключается в использовании проводящего полимера PEDOT:PSS как слой для улучшения качества сбора заряда, генерируемых тонкой пленкой CZTS.

Материалы и методы. Пленки PEDOT:PSS получали методом центрифугирования с использованием прибора «Модуль EM-04» (Вольта) с возможностью контролировать скорость вращения до 2500 об/мин. Использовался водный раствор полимера PEDOT:PSS фирмы Sigma-Aldrich. Нанесение пленок производилось на предварительно очищенные оптически прозрачные электроды, представляющие собой стекло, покрытое

слоем фторированным оксидом олова (FTO/стекло), размером 10x25 мм. При вращении FTO/стекло подложки были зафиксированы в горизонтальной плоскости специальным держателем, что позволило избежать смещения подложки и исключить влияние положения на равномерность нанесения пленки. Процесс нанесения выполняется в течение 60 секунд при скоростях вращения 2000 об/мин. Приготовленные образцы высушивали в муфельной печи в течение 10 минут при температуре 100°C.

На поверхность FTO/стекло подложки, покрытой слоем PEDOT:PSS, электрохимически осаждали тонкие пленки CZTS при постоянном потенциале, который поддерживали с помощью потенциостата-гальваностата Gill AC (ACM Instruments) в трех электродной ячейке. Вспомогательным электродом служила платиновая сетка, а электродом сравнения – Ag/AgCl(нас.KCl). Пленки $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS) электрохимически осаждали из электролита на основе 0,2M цитрата натрия с добавлением 0,1M винной кислоты и содержанием 0,005M $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0,01M SnSO_4 , 0,02M $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и 0,05M $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ при pH 4,6. Электролиз проводили при постоянном потенциале $E=-1\text{В}$ с перемешиванием электролита магнитной мешалкой при комнатной температуре. Полученные образцы промывали дистиллированной водой и высушивали на воздухе. Все исследуемые образцы подвергались термической обработке при 450°C в течение 30 минут в атмосфере аргона.

Химический состав приготовленных пленок исследовали с помощью метода сканирующей электронной микроскопии JSM-6600 (JEOL). Морфологиюповерхноститонкихпленокисследовалипомощьюатомногосилового микроскопа JSPM 5200 (JEOL). Рентгеновский дифракционный анализ проводили на дифрактометре ДРОН 4-05 при постоянном напряжении 25 кВт с использованием Со анода. Фотоэлектрические свойства полученных пленок были исследованы методом фотоэлектрохимического (PEC) анализа с использованием потенциостата-гальваностата Gill AC в трех электродной кварцевой ячейке, где рабочим электродом служили изготовленные образцы с тонкой пленкой, противозлектродом – платиновая спираль, в качестве электрода сравнения использовался хлорсеребряный электрод. Фототоки регистрировали в режиме темнота/освещение из раствора 0,1M сульфата натрия. В качестве источника света была использована галогеновая лампа мощностью 75 Вт.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 представлен график распределения химических элементов в составе пленок CZTS, электроосажденных на чистом FTO/стекло подложке, а также FTO/стекло подложках, покрытые полимерным слоем PEDOT:PSS. Как видно из графика, химический состав пленок CZTS различаются. Пленка CZTS, осажденная

на FTO/стекло подложку без полимерного слоя имеет химический состав очень близкий к стехиометрическому. Согласно полученным результатам пленки CZTS, осажденные на PEDOT:PSS можно охарактеризовать как «богатые медью» кестериты.

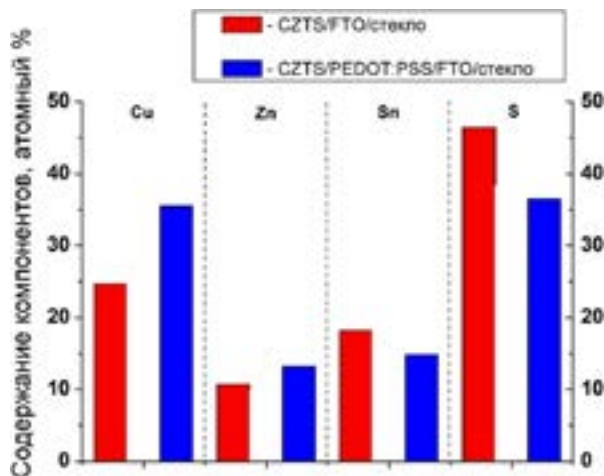
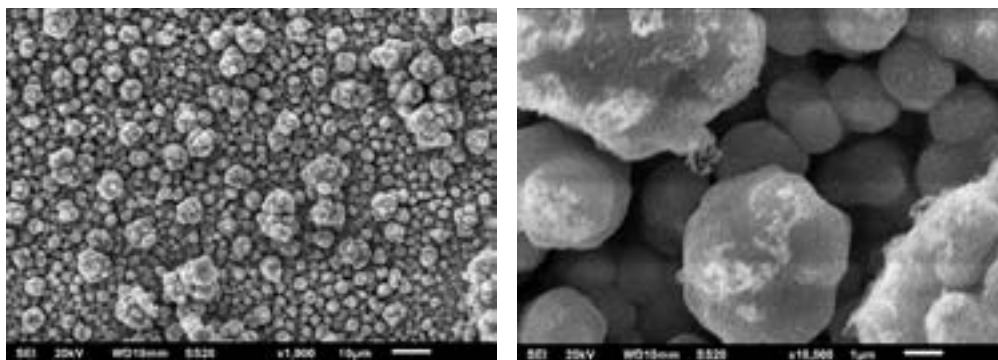
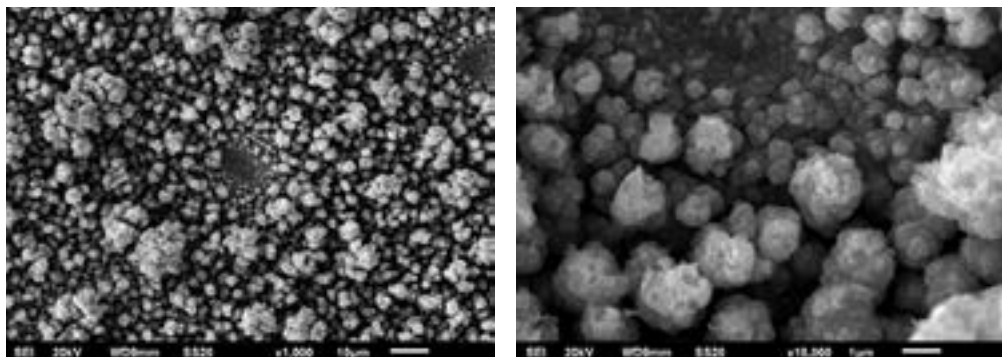


Рисунок 1 – График химического состава пленок CZTS, осажденных на FTO/стекло подложки с и без полимерного слоя

Морфологию поверхности и химический состав изготовленных образцов исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа. Как показано на микрофотографиях из рисунка 2, пленка CZTS имеет зернистую структуру и состоит из плотно упакованных кристаллов различного размера. На поверхности пленки CZTS, осажденной без полимерного слоя, образуются крупные и мелкие кристаллы в форме зерен (рисунок 2а). Осаждение на полимерном слое приводит к образованию менее плотно расположенных кристаллов сферической формы (рисунок 2б).



а) CZTS/FTO/стекло



в) CZTS/PEDOT:PSS/FTO/стекло

Рисунок 7 – Микрофотографии поверхности пленки CZTS, осажденной на FTO/стекло подложки с и без полимерного слоя

Параметры шероховатости и морфологию поверхности изготовленных образцов исследовали методом атомно-силовой микроскопии. На рисунке 3 представлены АСМ изображения поверхности пленок CZTS, осажденных на PEDOT:PSS.

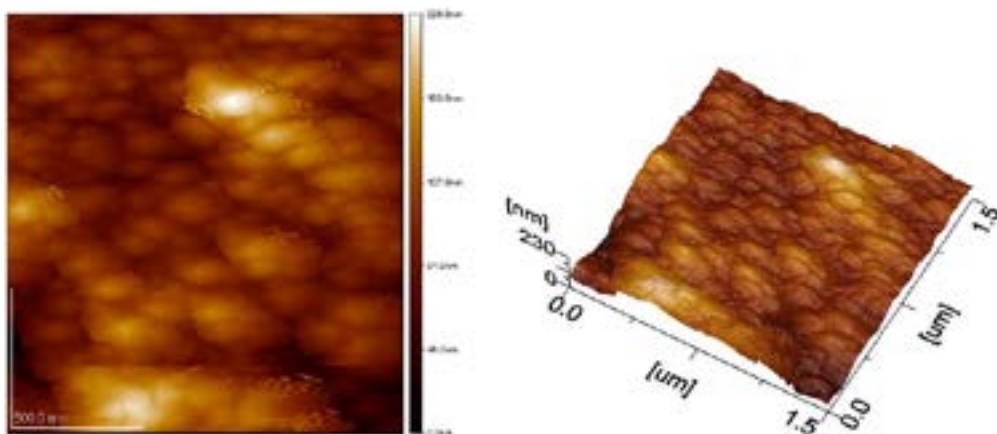


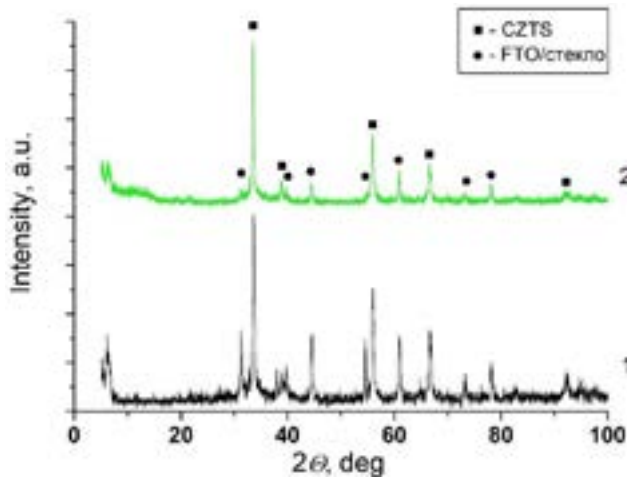
Рисунок 3 – АСМ изображения поверхности пленок CZTS, осажденных на PEDOT:PSS/FTO/стекло подложки

Шероховатость пленки CZTS, осажденной на полимерный слой PEDOT: PSS оценивали из данных гистограммы распределения частиц по поверхности на выбранном участке. Результаты представлены в таблице 1. Поверхность пленки CZTS, осажденной на полимерный слой PEDOT:PSS, сформирована из нитей шириной 250 нм и высотой 50-150 нм, которые состоят из мелких объектов величиной 100-200 нм и имеют более однородную и мелкозернистую структуру (средняя шероховатость \square 25 нм).

Таблица 1 – Параметры шероховатости поверхности пленок CZTS

R_a , нм средняя шероховатость	R_{zjis} , нм средняя шероховатость по 10 точкам	R_q , нм корень квадратный из квадрата шероховатости	R_z , нм разность между максимумом и минимумом высоты анализируемого изображения
25,8	201,2	33,4	229,8

Фазовый состав тонких пленок CZTS, электроосажденных на чистом FTO/стекло- подложке, а также FTO/стеклоподложке, покрытой полимерным слоем PEDOT:PSS исследован методом рентгеновского дифракционного анализа. На рисунке 4 представлены рентгенограммы пленок CZTS, полученных на FTO/стекло подложках с и без полимерного слоя. На представленных рентгенограммах присутствует идентичные дифракционные пики при $32,9^\circ$, 56° , 66° , 92° , которые соответствуют фазе CZTS (JCPDS 34-1246). Фазы металлов, интерметаллидов, оксидов не обнаружены. Дифракционные рефлексы на углах 31° , $44,3^\circ$, $60,8^\circ$ и $78,1^\circ$ относятся к подложке $SnO_2:F/стекло$ (FTO/стекло) и определяется как фаза оксида олова.

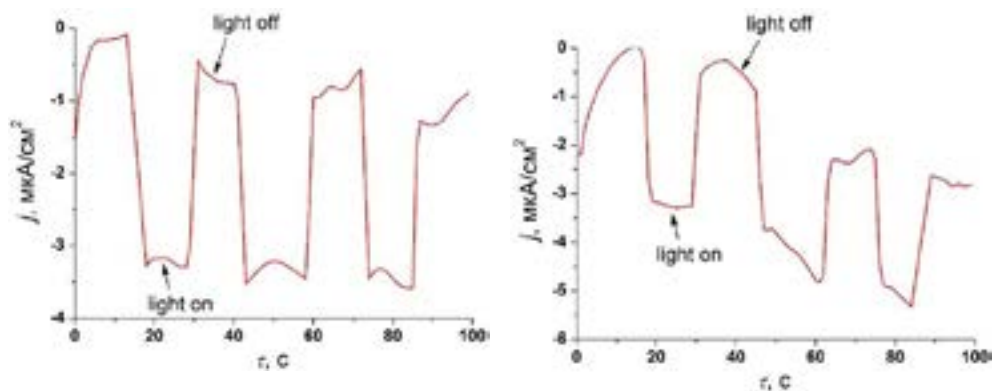


1 – CZTS/FTO/стекло, 2 - CZTS/PEDOT:PSS/FTO/стекло

Рисунок 4 – Рентгенограммы пленки CZTS, осажденной на FTO/стекло подложки с и без полимерного слоя

Изучение фотоэлектрических свойств изготовленных материалов проводилось с помощью фотоэлектрохимического метода анализа. Результаты исследования фотоэлектрических свойств полученных материалов представлены на рисунке 5. Зависимость фототока от времени была получена при прерывистом освещении в режиме «темнота/освещение» (light off/

light on) при постоянном потенциале, который устанавливается на границе электрода и электролита. Зависимость “плотность фототока - время” показала, что фототок для пленки CZTS, осажденной на FTO/стекло, составляет около 3 мкА/см². Введение полимера PEDOT:PSS в структуру тонкопленочного фотоэлемента в качестве слоя для переноса дырок оказало небольшое влияние на фотоотклик и продемонстрировало незначительное увеличение фототока исследуемого образца (рисунок 5б).



а) CZTS/FTO/стекло

б) CZTS/PEDOT:PSS/FTO/стекло

Рисунок 5 – Хроноамперометрическая зависимость полученных материалов при прерывистом освещении

По результатам фотоэлектрохимического анализа было установлено, что все исследуемые образцы обладают фотоактивностью.

Заключение. Выполнено электрохимическое осаждение тонких пленок $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ с на стеклянных проводящих подложках, покрытых тонким слоем полимера PEDOT:PSS. Исследованы свойства изготовленных материалов. Согласно полученным результатам пленки CZTS, осажденные на PEDOT:PSS, можно охарактеризовать как «богатые медью» кестериты. Определены параметры шероховатости и морфология поверхности изготовленных образцов. Методом рентгеновской дифракции подтвержден фазовый состав исследуемых материалов. Методом фотоэлектрохимического анализа определено, что все исследуемые образцы обладают фотоактивностью. Установлено, что использование полимера PEDOT:PSS в качестве слоя для переноса дырок оказывает небольшое влияние на фотоотклик композиции.

Финансирование работы: Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант №AP08051961).

Information about authors:

Urazov Kazhmukhan Amankeldievich – PhD, D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, u_kazhm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6460-5653>;

Rahimova Ainur Kairatovna – PhD, D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, ainura_302015@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3681-9232>;

Ait Sauyk – PhD, Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, ait-sauik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6166-2604>.

REFERENCES

- Alemu D., Wei H-Y., Ho K-C., Chu C-W. (2012). Highly conductive PEDOT:PSS electrode by simple film treatment with methanol for ITO-free polymer solar cells, *Energy Environ Sci*, 5:9662-9671. DOI: 10.1039/C2EE22595F (in Eng.).
- Boutebakh F.Z., Zeggar M.L., Attaf N., Aida M.S. (2017). Electrical properties and back contact study of CZTS/ZnS heterojunction, *Optik*, 144:180-190. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2017.06.080> (in Eng.).
- Chandran R., Pandey R., Mallik A. (2015). One step electrodeposition of CuInSe₂ from an acidic bath: A reduction co-deposition study, *Mater Lett*, 160:275-277, <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.07.132> (in Eng.).
- Chen S., Walsh A., Yang J-H., Gong X., Sun L., Yang P-X., Chu J-H., Wei S-H. (2011). Compositional dependence of structural and electronic properties of Cu₂ZnSn(S,Se)₄ alloys for thin film solar cells, *Phys Rev B*, 83:125201. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.83.125201> (in Eng.).
- Delbos S. (2012) Kesterite thin films for photovoltaics: a review, *EPJ Photovolt*, 3: 35004. <https://doi.org/10.1051/epjpv/2012008> (in Eng.).
- Dergacheva M.B., Urazov K.A., Nurtazina A.E. (2017). Electrodeposition of thin Cu₂ZnSnS₄ films, *Russ J Electrochem*, 53:366-374. <https://doi.org/10.1134/S102319351703003X> (in Eng.).
- Dimitriev O.P., Piryatinski, Y.P., Pud, A.A. (2011). Evidence of the controlled interaction between PEDOT and PSS in the PEDOT:PSS complex via concentration changes of the complex solution, *J Phys Chem B*, 115(6):1357–1362. DOI:/10.1021/jp110545t (in Eng.).
- Dipmala P.S., Nandu B.C. (2021). Electrodeposition and Characterization of CdTe thin films for photovoltaic applications, *Mater Today-Proc*, 42:1647-1650, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.475> (in Eng.).
- Gong Y., Zhang Y., Jedlicka E., et al. (2021). Sn⁴⁺ precursor enables 12.4% efficient kesterite solar cell from DMSO solution with open circuit voltage deficit below 0.30 V, *Sci China Mater*, 64:52–60. <https://doi.org/10.1007/s40843-020-1408-x> (in Eng.).
- Gueye M.N., Carella A., Faure-Vincent J., Demadrille R., Simonato J-P. (2020). Progress in understanding structure and transport properties of PEDOT-based materials: A critical review, *Prog Mater Sci*, Volume 108:100616. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2019.100616> (in Eng.).
- He J., Sun L., Chen S.Y., Chen Y., Yang P.X., Chu J.H. (2012). Composition dependence of structure and optical properties of Cu₂ZnSn(S,Se)₄ solid solutions: an experimental study, *J Alloy Compd*, 511:129-132. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2011.08.099> (in Eng.).
- Khalil M.I., Bernasconi R., Magagnin L. (2014). CZTS layers for solar cells by an electrodeposition-annealing route, *Electrochim Acta*, 145:154-158. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2014.09.001> (in Eng.).

Kim Y.H., Sachse C., MacHala M.L., May C., Müller-Meskamp L., Leo K. (2011). Highly conductive PEDOT:PSS electrode with optimized solvent and thermal post-treatment for ITO-free organic solar cells, *Adv Funct Mater*, 21(6):1076-1081. doi:10.1002/adfm.201002290 (in Eng.).

Kumar P., Kumar A., Shin P.K., Ochiai S. (2014). Influence of solvent treatment with fluoro compounds on the properties of poly(3,4-ethylenedioxythiophene):poly(styrene sulfonate) polymer as a hole transport layer in polymer solar cells, *J Photon Energy*, 4(1):043097. <https://doi.org/10.1117/1.JPE.4.043097> (in Eng.).

Kumar S., Kim H., Kim D., Sundar Kumar Iyer S. (2020). Spin and doctor-blade coated PEDOT:PSS back electrodes in inverted organic solar cells, *Solar Energy*, 204:64-70 DOI: 10.1016/j.solener.2020.04.071 (in Eng.).

Márquez J., Neuschitzer M., Dimitrievska M., Gunder R., Haass S., Werner M., Romanyuk Y.E., Schorr S., Pearsall N.M., Forbes I. (2016). Systematic compositional changes and their influence on lattice and optoelectronic properties of $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ kesterite solar cells, *Sol Energ Mat Sol C*, 144:579-585. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2015.10.004> (in Eng.).

Pawar S.M., Pawar B.S., Moholkar A.V., Choi D.S., Yun J.H., Moon J.H., Kolekar S.S., Kim J.H. (2010). Single step electrosynthesis of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS) thin films for solar cell application, *Electrochim Acta*, 55:4057-4061. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2010.02.051> (in Eng.).

Wang W., Winklern M.T., Gunawan O., Gokmen T., Todorov T.K., Zhu Y., Mitzi D.B. (2014). Device Characteristics of CZTSSe Thin-Film Solar Cells with 12.6% Efficiency, *Adv Energy Mater*, 4:1301465. <https://doi.org/10.1002/aenm.201301465> (in Eng.).

Ye H.C., Park H.S., Akhavan V.A., Goodfellow B.W., Panthani M.G., Korgel B.A., Bard, A.J. (2011). Photoelectrochemical characterization of CuInSe_2 and $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$ thin films for solar cells, *J Phys Chem C*, 115:234-240. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jp108170g> (in Eng.).

Yuan T., Li Y., Jia M., Lai Y., Li J., Liu F., Liu Y. (2015). Fabrication of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ thin film solar cells by sulfurization of electrodeposited stacked binary Cu–Zn and Cu–Sn alloy layers, *Mater Lett*, 155:44-47. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.04.101> (in Eng.).

ПАМЯТИ УЧЕНЫХ



ПАМЯТИ ЛЕПЕСОВА КАМБАРА КАЗЫМОВИЧА

Безвременно ушел из жизни известный ученый-электрохимик, кандидат химических наук, профессор Лепесов Камбар Казымович. Большая часть его научной деятельности прошла в стенах Института органического катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского.

Камбар Казымович родился в 1947 г. в Актюбинской области. В 1971 г., после окончания инженерно-физико-химического факультета Московского химико-технологического института им. Д.И. Менделеева, поступил в аспирантуру Института органического катализа и электрохимии АН КазССР по специальности «теоретическая электрохимия». В 1975 г. защитил кандидатскую диссертацию по теме «Исследование кинетики и механизма ионизации висмута, меди и индия на вращающемся дисковом электроде с кольцом». С 1974 по 1987 г.г. работал в ИОКЭ АН КазССР в должности младшего, затем старшего научного сотрудника. С 1987 по 2007 г.г. – заведующий лабораторией защиты металлов от коррозии ИОКЭ им. Д.В. Сокольского (в 2001 г. переименована в лабораторию прикладной электрохимии и коррозии).

Результаты исследований К.К. Лепесова в области электрохимии металлов, полученные методом дискового электрода с кольцом, классической и

нестационарной вольтамперметрии, позволили выявить основные закономерности образования промежуточных продуктов – ионов металлов низшей валентности в процессах разряда-ионизации поливалентных металлов и установить протекание стадийных электродных реакций с участием ионов металлов промежуточной и необычной валентности в химических реакциях диспропорционирования и репропорционирования, комплексообразования в зависимости от природы металла и анионов раствора, активности воды в электролите.

Им впервые было показано и обосновано применение метода дискового электрода с кольцом для исследования комплексообразования ионов металлов промежуточной и высшей валентности в растворах.

К.К. Лепесов являлся высококвалифицированным специалистом в области исследования кинетики и механизма электрохимических и коррозионных процессов металлов и разработки методов защиты от коррозии. Он был ответственным исполнителем программы «Разработать композиционные ферритные антикоррозионные материалы на основе продукции и вторичных ресурсов предприятий Казахстана» 2003-2005 г.г., инновационной программы «Организация опытного производства импорт-замещающих средств электрохимической защиты стальных конструкций от коррозии» 2003-2005 г.г., ряда хоздоговорных работ по коррозии.

По результатам исследований разработаны антикоррозионные составы лакокрасочных материалов с различными добавками, повышающие коррозионную стойкость покрытий в водно-солевых и кислых средах, которые нашли применение при защите водоводов в различных регионах.

Лепесов К.К. – автор более 300 научных публикаций, 1 монографии и 28 патентов на изобретения. Среди его учеников 8 кандидатов наук и 1 PhD.

Прирожденный талант исследователя в сочетании с неисчерпаемой творческой энергией и глубокой эрудицией определили его большой вклад в развитие химической науки.

Он всегда останется для нас талантливым ученым, мудрым учителем и хорошим другом.

Коллектив АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» выражает глубокое соболезнование родным и близким.

СОДЕРЖАНИЕ

Г.С. Айдарханова, К.С. Избастина, Ж.М. Кожина, Д.Т. Садырбеков ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСТАВА ЭФИРНЫХ МАСЕЛ В ХВОЕ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. НА ТЕРРИТОРИИ ГНПП «БУРАБАЙ» И г. НУР-СУЛТАН.....	6
Б.А, Аскапова, Ш. Барани, Б.М. Жакып, К.Б, Мусабеков УСТОЙЧИВОСТЬ ГИДРОСУСПЕНЗИИ КОМПОЗИТОВ МАГНИТНЫХ ГЛИН В ПРИСУТСТВИИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ.....	22
Т.С. Байжуманова, М. Жұмабек, Н.С. Таласбаева, М.К. Еркибаева, А.О. Айдарова КАТАЛИТИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ БИОГАЗА В СИНТЕЗ-ГАЗ.....	32
Г.Т. Балыкбаева, Г.У. Ильясова, К.Х. Дармаганбет, Г.М. Абызбекова, Ш.О. Еспенбетова СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН.....	43
Р.Р. Бейсенова, Р.М. Тазитдинова, А.О. Жупышева, Р. Курбаналиев, А.Н. Оркеева ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ СЕЛЬСКИХ МЕСТНОСТЕЙ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	53
Н.И. Бердикул, К. Акмалайулы, И.И. Пундиене ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БЕТОНА К СУЛЬФАТНОЙ КОРРОЗИИ.....	63
А.Б. Диханбаев, Б.И. Диханбаев, С.Б. Ыбрай, Ж.Т. Бекишева РАЗРАБОТКА БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТВАЛОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С ПОЛНОЙ ДЕКАРБОНИЗАЦИЕЙ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ.....	74
А.А. Досмаканбетова, З.А. Ибрагимова, Ж.К. Шуханова, С.М. Конысбеков, Д.К. Жумадуллаев РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА ДВУОКСИ КРЕМНИЯ.....	93
А.М. Кожяхметова, К.Т. Жантасов, О. Б. Дормешкин, Б.К. Асилбекова, Г.Т. Жаманбалаева ПОЛУЧЕНИЕ ТУКОСМЕСИ НА ОСНОВЕ ДОЛОМОТИЗИРОВАННОГО КРЕМНИСТО - ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ТЭЦ.....	103

З.М. Мулдахметов, С.Д. Фазылов, А.М. Газалиев, О.А. Нуркенов, О.Т. Сейлханов СИНТЕЗ НОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВКЛЮЧЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ ЦИТИЗИН:β-ЦИКЛОДЕКСТРИН.....	112
Б.М. Насибуллин, Р.Б. Ахметкалиев, Р.О. Орынбасар, Н.Б. Жаксылык ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЭМУЛЬСАЦИИ ОБВОДНЕННОЙ НЕФТИ.....	121
П.В. Панченко, Д.С. Пузикова, Г.М. Хусурова, К.А. Леонтьева ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА ТИТАНА.....	130
Н.Ж. Тотенова, Б.К. Масалимова, В.А. Садыков, Г.К. Матниязова СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ, ТЕКСТУРНЫХ, МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ФЕРРИТОВ ДЛЯ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА ЭТАНОЛА.....	148
К.А. Уразов, А.К. Рахимова, С. Айт ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ПЛЕНОК CZTS НА СЛОЙ ПРОВОДЯЩЕГО ПОЛИМЕРА.....	159
А.У.Шингисов, Р.С. Алибеков, С.У. Еркебаева, Э.У. Майлыбаева, М.С. Кадеева ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИФЕНОЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ СОРТАХ ЯБЛОК КАЗАХСТАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ.....	169
М.А. Якияева, А.Г. Сагынова, М.Е. Ержанова РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАЦИОНАЛЬНОГО КРУПЯНОГО ПРОДУКТА (ТАЛКАН) ВЫСОКОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ.....	180

ПАМЯТИ УЧЕНЫХ

ЛЕПЕСОВА КАМБАР КАЗЫМОВИЧ.....	193
---------------------------------------	-----

МАЗМҰНЫ

Г.С. Айдарханова, К.С. Избастина, Ж.М. Кожина, Д.Т. Садырбеков «БУРАБАЙ» МҰТП ЖӘНЕ НҰР-СҰЛТАН ҚАЛАСЫ АЙМАҚТАРЫНДАҒЫ PINUS SYLVESTRIS L. ҚЫЛҚАНДАРЫ ЭФИР МАЙЫ ҚҰРАМЫНЫҢ ӨЗГЕРМЕЛІЛІГІ.....	6
Б.А. Аскапова, Ш. Барани, Б.М. Жакып, К.Б. Мусабеков СУДА ЕРИТІН ПОЛИМЕРЛЕРДІҢ ҚАТЫСУЫМЕН МАГНИТТІК САЗ КОМПОЗИТТЕРІНІҢ ГИДРОСУСПЕНЗИЯСЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ.....	22
Т.С. Байжуманова, М. Жұмабек, Н.С. Таласбаева, М.К. Еркибаева, А.О. Айдарова БИОГАЗДЫ СИНТЕЗ-ГАЗҒА КАТАЛИТИКАЛЫҚ КОНВЕРСИЯЛАУ.....	32
Г.Т. Балықбаева, Г.У. Ильясова, К.Х. Дармаганбет, Г.М. Абызбекова, Ш.О. Еспенбетова СУДЫ АУЫР МЕТАЛЛ ИОНДАРЫНАН СОРБЦИЯЛЫҚ ТАЗАЛАУДА БЕНТОНИТ САЗЫН ПАЙДАЛАНУ.....	43
Р.Р. Бейсенова, Р.М. Тазитдинова, А.О. Жұпышева, Р. Курбаналиев, А.Н. Оркеева ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫНЫҢ АУЫЛДЫҚ АУЫЗ СУ КӨЗДЕРІНІҢ САПАСЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ.....	53
Н.И. Бердікүл, К. Ақмалайұлы, И.И. Пундиене БЕТОННЫҢ СУЛЬФАТТЫ КОРРОЗИЯҒА ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУ.....	63
А.Б. Диханбаев, Б.И. Диханбаев, С.Б. Ыбрай, Ж.Т. Бекишева ШЫҒАТЫН ГАЗДАРДЫ ТОЛЫҚ ДЕКАРБОНИЗАЦИЯЛАУ АРҚЫЛЫ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ КҮЛ ҮЙІНДІЛЕРІН ҚАЙТА ӨНДЕУДІҢ ҚАЛДЫҚСЫЗ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӨЗІРЛЕУ.....	74
А.А. Досмақанбетова, З.А. Ибрагимова, Ж.К. Шуханова, С.М. Конысбеков, Д.К. Жумадуллаев КРЕМНИЙ ДИОКСИДІНІҢ ҰСАҚДИСПЕРСТІ ҰНТАҒЫН АЛУ ӨДІСІН ӨЗІРЛЕУ.....	93
А.М. Қожахметова, Қ.Т. Жантасов, О.Б.Дормешкин, Б.К. Әсілбекова, Г.Т. Жаманбалаева ЖЭО ҚАЛДЫҚТАРЫ МЕН ДОЛОМИТТЕЛГЕН ФОСФАТТЫ-КРЕМНИЙЛІ ШИКІЗАТ НЕГІЗІНДЕ ТУОҚОСПА АЛУ.....	103

З.М. Молдахметов, С.Д. Фазылов, А.М. Ғазалиев, О.А. Нүркенов, О.Т. Сейлханов ЦИТИЗИН-β-ЦИКЛОДЕКСТРИН КЕШЕҢІНІҢ ЖАҢА ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ СИНТЕЗІ.....	112
Б.М. Насибуллин, Р.Б. Ахметқалиев, Р.О. Орынбасар, Н.Б. Жақсылық СУЛАНДЫРЫЛҒАН МҰНАЙДЫҢ ДЕЭМУЛЬСАЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ.....	121
П.В. Панченко, Д.С. Пузикова, Г.М. Хусурова, К.А. Леонтьева ТИТАН ДИОКСИДІН АЛУДЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ӘДІСІ.....	130
Н.Ж. Төтеннова, Б.К. Масалимова, В.А. Садықов, Г.К. Матниязова ЭТАНОЛДЫҢ БУ АЙНАЛЫМЫНА ҚАЖЕТТІ ПЕРОВСКИТ ҚҰРЫЛЫМДЫ ФЕРРИТТЕР НЕГІЗІНДЕГІ КАТАЛИЗАТОРЛАРДЫ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ, ТЕКСТУРАЛЫҚ, МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	148
К.А. Уразов, А.К. Рахимова, С. Айт ӨТКІЗГІШ ПОЛИМЕР ҚАБАТЫНА CZTS ҚАБЫҒЫН ЭЛЕКТРОТҰНДЫРУ.....	159
А.У. Шингисов, Р.С. Алибеков, С.У. Еркебаева, Э.У. Майлыбаева, М.С. Кадеева ҚАЗАҚСТАНДЫҚ СЕЛЕКЦИЯСЫ АЛМАЛАРЫНЫҢ ӘР ТҮРЛІ СОҢТАРЫНДАҒЫ ПОЛИФЕНОЛДАРДЫҢ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....	169
М.А. Якияева, А.Ғ. Сағынова, М.Е. Ержанова ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫ ЖОҒАРЫ ҰЛТТЫҚ ДӘНДІ ДАҚЫЛДЫҢ (ТАЛҚАН) ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ ЖӘНЕ ҚАУІПСІЗДІГІН ЗЕРТТЕУ.....	180

ҒАЛЫМДЫ ЕСКЕ АЛУ

ЛЕПЕСОВ ҚАМБАР ҚАСЫМҰЛЫ.....	193
-------------------------------------	-----

CONTENTS

G.S. Aidarkhanova, K.S. Izbastina, Z.M. Kozhina, D.T. Sadyrbekov VARIABILITY OF ESSENTIAL OILS COMPOSITION IN PINUS SYLVESTRIS L. NEEDLES IN THE TERRITORIES OF SNNP "BURABAY" AND NUR-SULTAN CITY.....	6
B.A. Askapova, S. Barany, B.M. Zhakyp, K.B. Musabekov STABILITY OF MAGNETIC CLAY COMPOSITE HYDRO-SUSPENSION IN PRESENCE OF WATER-SOLUBLE POLYMERS.....	22
T.S. Baizhumanova, M. Zhumabek, N.S. Talasbayeva, M.K. Erkibaeva, A.O. Aidarova CATALYTIC CONVERSION OF BIOGAS TO SYNTHESIS GAS.....	32
G.T. Balykbayeva, G.U. Iliasova, K.X. Darmaganbet, G.M. Abyzbekova, Sh.O. Yespenbetova SORPTION WATER PURIFICATION FROM HEAVY METAL IONS USING BENTONITE CLAY.....	43
R.R. Beisenova, R.M. Tazitdinova, A.O. Zhupysheva, R. Kurbanaliev, A.N. Orkeeva ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE QUALITY OF FRESH WATER SOURCES OF RURAL AREAS OF PAVLODAR REGION.....	53
N.I. Berdikul, K. Akmalaiuly, I.I. Pundiene INCREASING THE RESISTANCE OF CONCRETE AGAINST SULFATE CORROSION.....	63
A.B. Dikhanbayev, B.I. Dikhanbayev, S.B. Ybray, Zh.T. Bekisheva DEVELOPMENT OF WASTE-FREE TECHNOLOGY FOR PROCESSING ASH DUMPS OF POWER PLANTS WITH COMPLETE DECARBONIZATION OF EXHAUST GASES.....	74
A.A. Dosmakanbetova, Z.A. Ibragimova, Zh.K. Shukhanova, S.M. Konysbekov, D.K. Zhumadullayev DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OBTAINING FINELY DISPERSED SILICON DIOXIDE POWDER.....	93
A.M. Kozhakhmetova, K.T. Zhantasov, O.B. Dormeshkin, B.K. Asilbekova, G.T. Zhamanbalaeva PRODUCTION OF FUEL MIXTURE BASED ON BROKEN SILICON - PHOSPHATE RAW MATERIAL AND CHPP WASTE.....	103

Z.M. Muldakhmetov, S.D. Fazylov, A.M. Gazaliev, O.A. Nurkenov, O.T. Seilkhanov THE SYNTHESIS OF NEW INCLUSION COMPOUNDS COMPLEXES CYTISINE: β -CYCLODEXTRIN.....	112
B.M. Nasibullin, R.B. Akhmetkaliev, R.O. Orynassar, N.B. Zhaksylyk STUDY OF DEMULSIFICATION OF WATERED OIL.....	121
P.V. Panchenko, D.S. Puzikova, G.M. Khusurova, X.A. Leontyeva ELECTROCHEMICAL METHOD FOR OBTAINING TITANIUM DIOXIDE.....	130
N.Zh. Totenova, B.K. Massalimova, V.A. Sadykov, G.K. Matniyazova SYNTHESIS AND STUDY OF STRUCTURAL, TEXTURAL AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF CATALYSTS FOR STEAM REFORMING OF ETHANOLBASED ON PEROVSKITE -LIKE FERRITES.....	148
K.A. Urazov, A.K. Rahimova, S. Ait ELECTRODEPOSITION OF CZTS FILMS ON A CONDUCTIVE POLYMER LAYER.....	159
A.U. Shingisov, R.S. Alibekov, S.U. Yerkebayeva, E.U. Mailybayeva, M.S. Kadeyeva STUDY OF THE POLYPHENOLS CONTENT IN THE VARIOUS APPLES SORTS OF THE KAZAKHSTAN SELECTION.....	169
M.A. Yakiyaeva, A.G. Sagynova, M.E. Yerzhanova DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF NATIONAL CEREALS PRODUCT (TALKAN) OF HIGH NUTRITIONAL VALUE AND SAFETY STUDY.....	180

MEMORY OF SCIENTISTS

LEPESOV KAMBAR KAZYMOVICH.....	193
---------------------------------------	-----

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 сайте:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*

Верстка на компьютере *Г.Д.Жадыранова*

Подписано в печать 24.06.2022.

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

12,5 п.л. Тираж 300. Заказ 2.