

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

2021 • 5

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944



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:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич (бас редактордың орынбасары), медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 11

РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан) Н = 23

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) Н = 11

САНГ-СУ Квак, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корей биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері (Дэчон, Корея) Н = 34

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан) Н = 12

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі (Санкт-Петербург, Ресей) Н = 14

ЛОКШИН Вячеслав Нотанович, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш Республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Ақушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі (Чебоксары, Ресей) Н = 23

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

ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ) Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), Нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) Н = 26

РОСС Самир, Ph.D, Миссисипи университетінің Фармация мектебі өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу орталығының профессоры (Оксфорд, АҚШ) Н = 26

МАЛЪМ Анна, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша) Н = 22

ОЛИВЬЕРО Росси Сезаре, Ph.D (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) Н = 27

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

ISSN 2518-1483 (Online),

ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ93VPY00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология; физикалық және химиялық ғылымдар.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

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

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

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:

БЕНБЕРИН Валерий Васильевич (заместитель главного редактора), доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан) Н = 11

РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан) Н = 23

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

САНГ-СУ Квак, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея) Н = 34

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан) Н = 12

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия) Н = 14

ЛОКШИН Вячеслав Нотанович, академик НАН РК, доктор медицинских наук, профессор, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан) Н = 8

СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия) Н = 23

ФАРУК Асана Дар, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан) Н = 21

ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (США) Н = 27

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия) Н = 26

РОСС Самир, доктор Ph.D, профессор Школы фармации Национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США) Н = 26

МАЛЪМ Анна, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша) Н = 22

ОЛИВЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (Ph.D, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия) Н = 27

Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»**ISSN 2518-1483 (Online),****ISSN 2224-5227 (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 № KZ93VPY00025418, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии и медицины; физические и химические науки.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров

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

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

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemistry, Professor, Academician of NAS RK, President of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) H = 4

Editorial board:

BENBERIN Valery Vasilievich, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) H = 11

RAMANKULOV Erlan Mirkhaidarovich, Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan) H = 23

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Scientific and Production Holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) H = 11

SANG-SOO Kwak, Ph.D in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB) (Daecheon, Korea) H = 34

BERSIMBAEV Rakhmetkazhi Iskendirovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan) H = 12

ABIYEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia) H = 14

LOKSHIN Vyacheslav Notanovich, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan) H = 8

SEMENOV Vladimir Grigorievich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia) H = 23

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan) H = 21

TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA) H = 27

CALANDRA Pietro, Ph.D in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy) H = 26

ROSS Samir, Ph.D, Professor, School of Pharmacy, National Center for Scientific Research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) H = 26

MALM Anna, Doctor of Pharmacy, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland) H = 22

OLIVIERRO ROSSI Cesare, Ph.D in Chemistry, Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy) H = 27

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**ISSN 2518-1483 (Online),****ISSN 2224-5227 (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. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine; physical and chemical sciences.*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

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

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

УДК 541.13+621.383+541.64

Уразов К.А.¹, Грибкова О.Л.², Тамеев А.Р.², Рахимова А.К.¹

¹Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан;

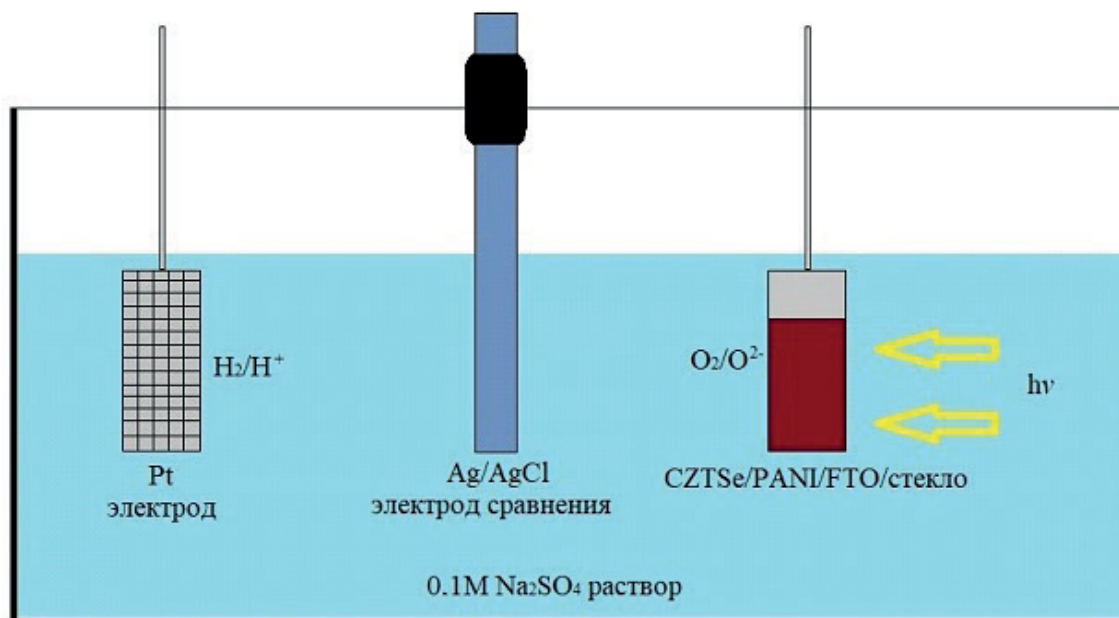
²Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук,
Москва, Россия.

E-mail: u_kazhm@mail.ru

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КОМПЛЕКСА ПОЛИАНИЛИНА НА ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК CZTSE

Аннотация. Рассмотрено влияние поверхности слоя электропроводящего полианилина (PANI) на морфологию, состав и фотоэлектрохимические свойства пленок кестерита $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ (CZTSe), электроосажденных на слой полианилина. Слои PANI были синтезированы электрохимической анодной полимеризацией анилина из 3х различных электролитов на поверхности проводящей подложки FTO/стекло. Разработан одностадийный способ электроосаждения тонких пленок CZTSe из раствора на основе винной кислоты на поверхность структуры PANI/FTO/стекло. С помощью оптической и электронной микроскопии установлено, что в пленках CZTSe формируются микрокристаллы с максимальным размером в несколько микрон. Фотоэлектрохимические измерения образцов в растворе 0,1M Na_2SO_4 показывают устойчивый фотоотклик у всех гетероструктур $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4/\text{PANI}$.

Графический абстракт:



Ключевые слова: электроосаждение, полианилин, кестерит, фотоэлектрохимия, тонкая пленка, солнечный элемент.

Введение. В тонкопленочных солнечных элементах (СЭ) в качестве фотоактивного материала применяют CdTe [1-3], $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$ [4-6], $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_4$ [7-9]. СЭ на основе тонких пленок CdTe и $\text{Cu}(\text{In}_{1-x}\text{Ga}_x)\text{Se}_2$ уже промышленно производятся, а СЭ на основе $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_4$ находятся на стадии разработок. Привлекательность кестерита $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}_{1-x}\text{Se}_x)_4$ обусловлена высоким коэффициентом оптического поглощения и оптимальной шириной запрещенной зоны [10-12], а также относительно

низкой стоимостью материала, доступностью и не токсичностью содержащихся в нем химических элементов. Тем не менее, за последние десять лет разработок эффективность преобразования солнечного света в СЭ на его основе достигла только 12,6% [13]. Поэтой причине исследования фотоэлектрических процессов в тонких пленках кестерита остаются актуальной задачей.

Одним из ключевых процессов, определяющих КПД СЭ, является эффективный сбор носителей заряда на электродах. Для повышения сбора носителей заряда на электродах формируют буферный (зарядо-транспортный) слой, располагаемый между фотоактивным слоем и электродом. Буферный слой должен обеспечивать эффективный транспорт носителей заряда одного знака и препятствовать транспорту носителей заряда противоположного знака. При этом рекомбинация носителей заряда уменьшается, а КПД СЭ растет.

В качестве транспортного слоя для зарядов в СЭ могут быть использованы органические материалы, обладающие полупроводниковыми свойствами, в частности электропроводящие полимеры. Известным электропроводящим полимером является полианилин (PANI), в котором основными носителями заряда являются дырки. Ранее нами было показано [14-15], что комплекс PANI с поли-(2-акриамидо-2-метил-1-пропансульфоновой) кислотой (PAMPSA) и его композит с графеном успешно выступают в качестве дырочно-транспортного слоя (ДТС) в органическом и перовскитном СЭ.

Основными методами получения PANI является химическая и электрохимическая полимеризация анилина. Метод электрохимического синтеза слоев проводящих полимеров удобен тем, что на оптически прозрачных подложках с проводящим слоем происходит формирование равномерных слоев без примесей окислителя. Их толщину и морфологию можно регулировать изменением количества электричества, затраченного на электрохимический синтез.

Электрохимический синтез PANI проводят как в среде неорганических кислот, так и в присутствии полимерных кислот. Локальное концентрирование мономера вблизи основной цепи полимерной кислоты приводит к тому, что добавление даже небольших количеств поликислоты в реакционную среду [16-20] или ведение электросинтеза в присутствии полимерных сульфокислот без включения неорганической кислоты [19-22] ускоряет синтез, а образующиеся пленки имеют существенно отличную морфологию по сравнению с морфологией пленок комплекса, получаемого только в присутствии низкомолекулярной кислоты.

Недавно нами было показано [23], что введение буферного слоя из полианилина в структуру тонкопленочного СЭ повышает фототок в несколько раз по сравнению со структурами CZTSe/Mo и CZTSe/FTO без полимерного слоя. В настоящей работе мы рассматриваем влияние состава электролита, используемого при электроосаждении полианилина, на морфологию, состав и фотоэлектрохимические свойства слоя CZTSe, нанесенного поверх полианилина.

Материалы и методы исследования. Электрохимический синтез пленок PANI проводили в водных растворах в гальваностатическом режиме при токе 7.5 мкА. Площадь электрода составляла 1,5 см². 15% водный раствор PAMPSA ($M_w \sim 2,000,000$, Aldrich) был использован для приготовления растворов необходимой концентрации. Концентрацию полимерной кислоты рассчитывали на одно мономерное звено, включающее сульфогруппу. Анилин (An) был использован сразу после перегонки. Для электрополимеризации анилина использовали 3 состава растворов: 0,5М HCl, 0,05М An; 0,05М PAMPSA, 0,025М An; 0,5М HCl, 0,001М PAMPSA, 0,05М An. Составы были выбраны на основе данных работ [20,21]. В процессе синтеза контролировали заряд, пошедший на синтез и оптическое поглощение пленки при 750 нм с помощью скоростного сканирующего спектрофотометра Ocean Optics PC-2000. PANI наносили на стеклянные электроды, покрытые прозрачным проводящим слоем SnO₂:F (FTO) с поверхностным сопротивлением 7 Ом/см. В качестве противоэлектрода использовали платиновую фольгу, электрода сравнения – насыщенный хлорсеребряный электрод (н.х.с.э.). Электрохимическая полимеризация анилина осуществлялась в специальной трех электродной ячейке с помощью потенциостата/гальваностата HA-501G (Hokuto Denko Ltd.). По окончании электрополимеризации полученные образцы промывали дистиллированной водой и высушивали на воздухе.

На поверхность FTO/стекло подложки, покрытой слоем PANI, электрохимически осаждали тонкие пленки CZTSe в одну стадию из одного электролита 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). Электроосаждение пленок Cu₂ZnSnSe₄ (CZTSe) осуществлялся из электролита с pH 1,5 на основе раствора 0,1М винной кислоты, который содержал 0,002М CuSO₄·5H₂O, 0,01М ZnSO₄·7H₂O, 0,01М SnCl₄·5H₂O и 0,005М NaHSeO₃. Электролиз проводили при постоянном потенциале E=-0,6В в

течение 30 минут с перемешиванием электролита магнитной мешалкой при комнатной температуре. Полученные образцы промывали дистиллированной водой и высушивали на воздухе. Затем отжигали при температуре 450°C в течение 30 минут в атмосфере аргона.

Электропроводность слоев PANI, электроосажденных на электроды FTO, оценивали путем измерения вольт-амперной характеристики (ВАХ) в структуре FTO/PANI/Au. Верхним электродом служил прижимной контакт площадью 10 мкм². Электропроводность слоя определяли на линейном участке ВАХ, где выполняется закон Ома.

Атомную силовую микроскопию (АСМ) электроосажденных пленок проводили на АСМ-микроскопе Enviroscope с контроллером Nanoscope V (Bruker) в полуконтактном режиме. Шероховатость пленок оценивали из среднеквадратического отклонения неровностей профиля поверхности по кадру (5x5 мкм²). Кадры регистрировали в разных частях пленки и усредняли. Толщина электроосажденных сухих пленок была измерена с помощью профилометра KLA-Tencor D-100, составила 30-40 нм.

Элементный анализ и характеристику морфологии поверхности пленок PANI и CZTSe выполняли с использованием сканирующего микроскопа JSM 6610 (JEOL Ltd.) с приставкой для энергодисперсионного анализа. Микрофотографии поверхности получали с различным увеличением. Состав компонентов определяли в атомных % с точностью ±0,5%.

Оптические свойства полученных образцов FTO/PANI были исследованы с помощью спектрометра СФ-256 УВИ с возможностью регистрации коэффициента пропускания в интервале длины волны от 190 нм до 1100 нм.

Фотоэлектрические свойства пленок FTO/PANI/CZTSe были исследованы методом фотоэлектрохимического (ПЕС) анализа с использованием потенциостата-гальваностата Gill AC в трех электродной кварцевой ячейке, где рабочим электродом служили изготовленные образцы стекло/FTO/PANI/CZTSe, противозлектродом – платиновая спираль, в качестве электрода сравнения использовался насыщенный хлорсеребряный электрод. Фототоки регистрировали в режиме темнота/освещение в растворе 0,1 М сульфата натрия. В качестве источника света была использована галогеновая лампа мощностью 75 Вт.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 представлены электронные спектры пропускания для всех исследуемых пленок полианилина, полученных в различных электролитах.

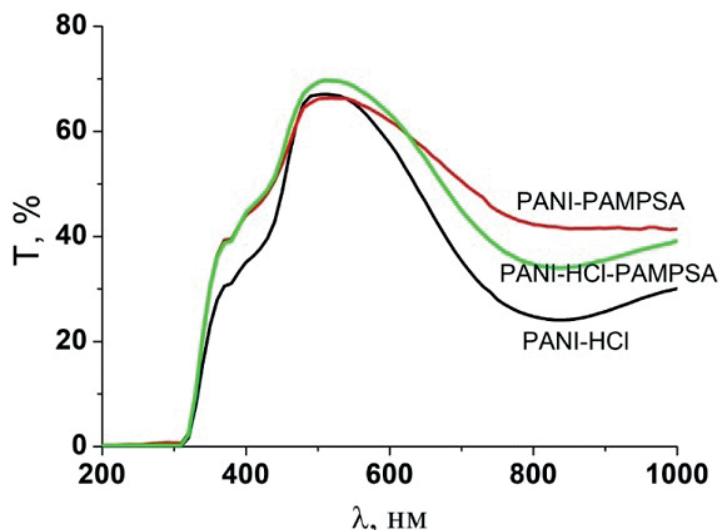


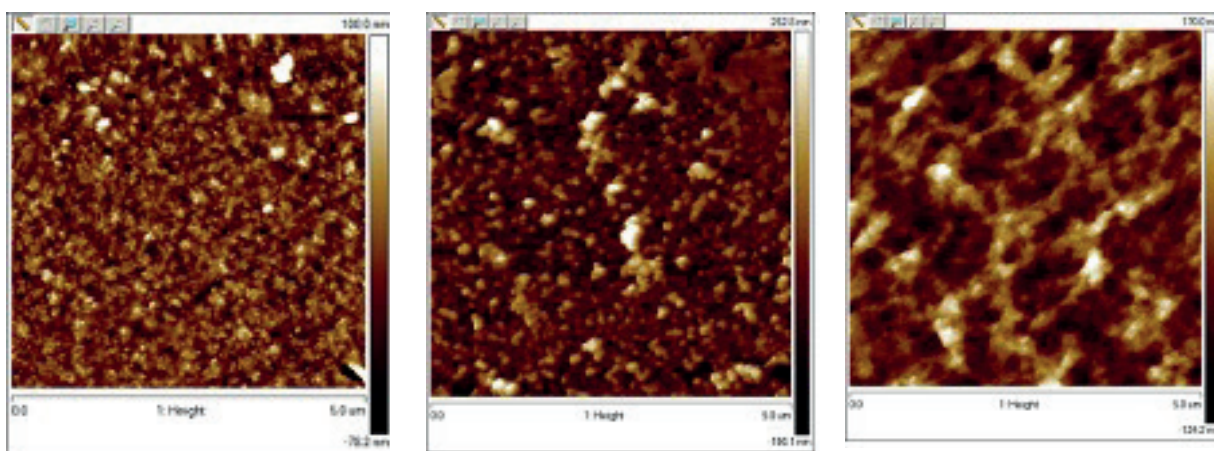
Рисунок 1 - Спектры пропускания пленок PANI

Из спектров пропускания видно, что все пленки PANI обладают хорошей прозрачностью в диапазоне 450-650 нм видимой области спектра (пропускание 65-75%), что позволяет использовать их в качестве буферных слоев в фотоэлектрохимических устройствах.

Электропроводность слоев PANI представлена в Таблице 1. Как видно из таблицы, электропроводность пленки комплекса PANI-HCl выше, чем пленок PANI-PAMPSA, PANI-HCl-PAMPSA. Это объясняется тем, что в составе последних присутствует полимерная кислота PAMPSA, которая не обладает проводимостью, т.к. является диэлектриком. Надо отметить, что полностью исключить контактное сопротивление было невозможно, поэтому указанные значения следует рассматривать как нижнюю границу электропроводности слоя.

Таблица 1 - Удельная электропроводность пленок PANI

Полимер	PANI-HCl	PANI-PAMPSA	PANI-HCl-PAMPSA
Удельная электропроводность, См/см	$4,9 \times 10^{-2}$	$5,6 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-2}$



а) PANI-HCl

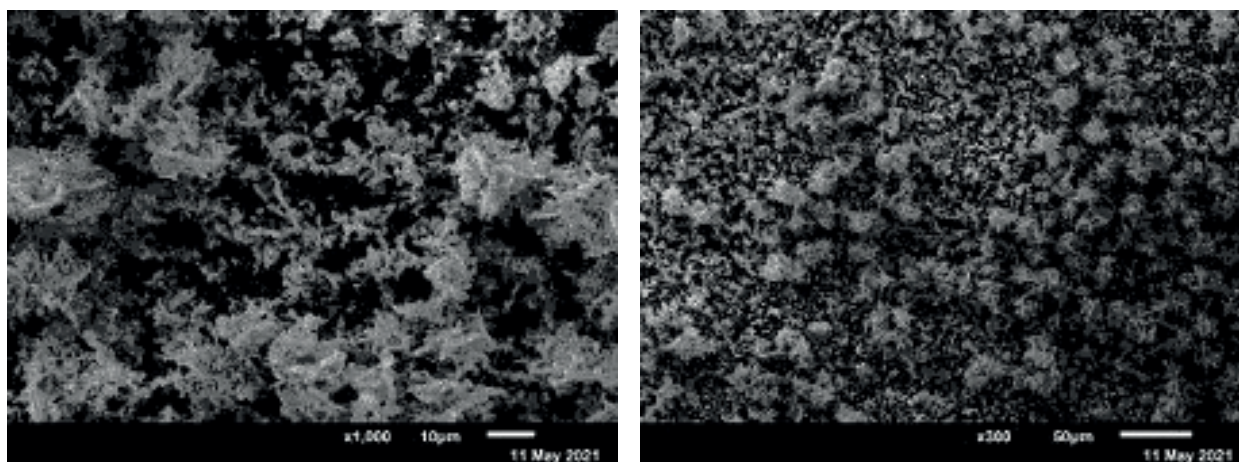
б) PANI-HCl-PAMPSA

в) PANI-PAMPSA

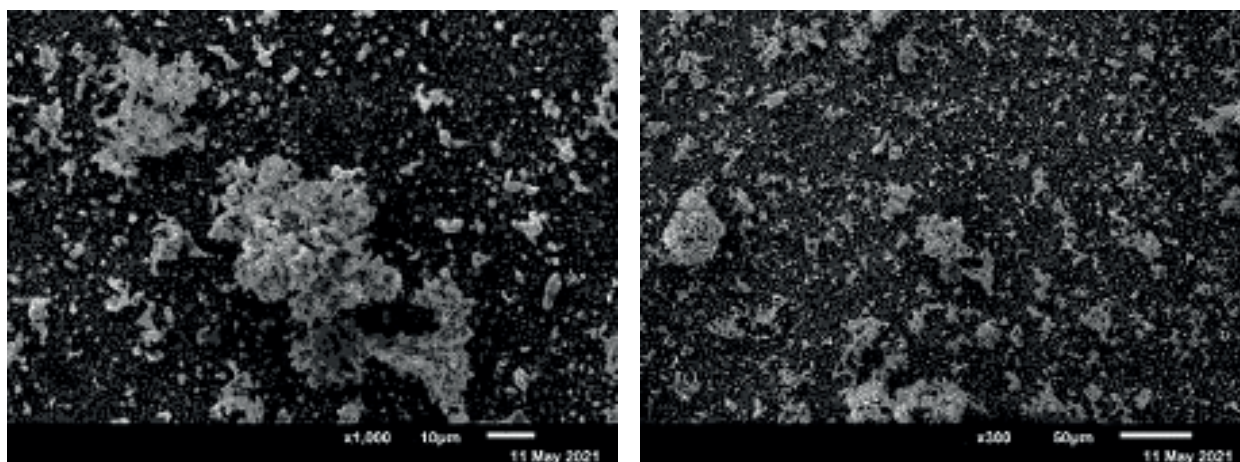
Рисунок 2 - АСМ изображения пленок PANI.

АСМ изображения поверхности пленок PANI представлены на Рис.2. Видно, что пленки PANI, полученные в HCl и HCl-PAMPSA, имеют глобулярную структуру, а в PAMPSA – нитевидную. Наименьшую шероховатость имеют пленки PANI, полученного в HCl (25,1 нм). Их поверхности образованы нанобъектами размером ~ 50 нм, которые формируют глобулы ~200 нм. Поверхность пленки PANI, полученной в смеси электролитов HCl-PAMPSA, состоит из более крупных объектов ~100 нм, которые образуют глобулы размером 200-400 нм (шероховатость ~63 нм). Поверхность пленки PANI-PAMPSA сформирована из нитей шириной 250 нм и высотой 50-150 нм, которые состоят из мелких объектов величиной 50 нм. Шероховатость ее (~55 нм) немного меньше чем у пленки PANI, полученной из смеси электролитов, несмотря на то, что содержит большее количество полимерной кислоты.

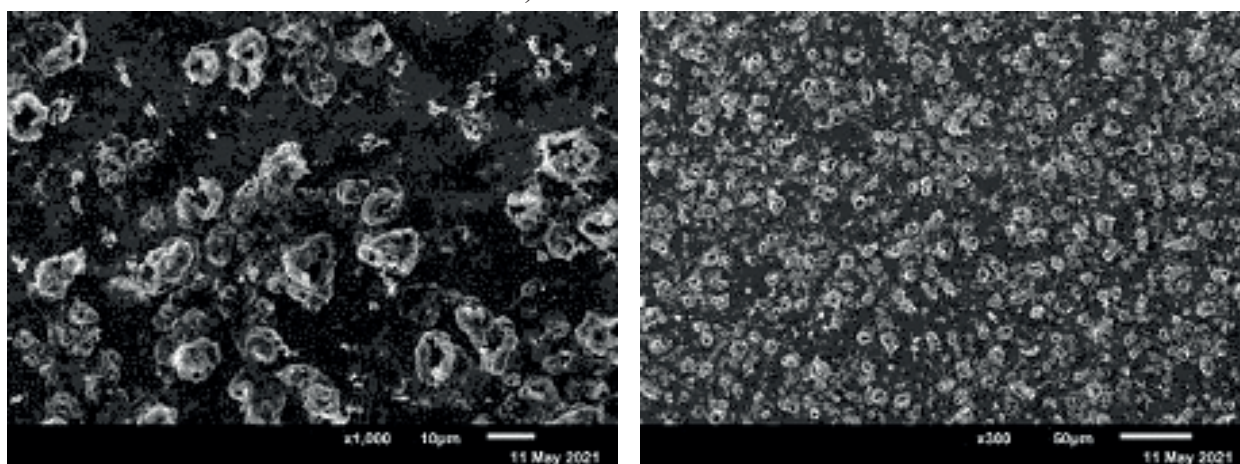
Микрофотографии поверхности пленок CZTSe, электроосажденных на различные образцы PANI/FTO/стекло, были получены с помощью СЭМ (рисунок 3).



а) PANI-HCl



б) PANI-PAMPSA



в) PANI-HCl-PAMPSA

Рисунок 3 – Микрофотографии поверхности пленок CZTSe, электроосажденных на PANI/FTO/стекло, полученных в разных электролитах.

Как видно из рисунка 3в, пленка CZTSe осажденная на слой PANI, полученного из раствора смеси HCl-PAMPSA, состоит из более равномерно распределенных по поверхности частиц по сравнению с пленками CZTSe, электроосажденных на PANI-HCl (рисунок 3а) или PANI-PAMPSA (рисунок 3б). По-видимому, глобулярная, более шероховатая структура слоев PANI-HCl-PAMPSA позволяет в дальнейшем получать равномерно распределенные по поверхности частицы CZTSe.

На рисунке 4 представлен график распределения химических элементов в составе пленок CZTSe, электроосажденных на PANI/FTO/стекло, где слой PANI также получен из различных электролитов. Как видно из графика, химический состав пленок CZTSe различается в зависимости от условий получения слоя полианилина. По-видимому, это связано с величиной удельной электропроводности и морфологией поверхности пленок PANI, полученных из различных электролитов. Согласно полученным результатам, пленки CZTSe, осажденные на PANI-PAMPSA и PANI-HCl, можно охарактеризовать как «бедные цинком» и «богатые медью» кестериты. Наиболее близкой к стехиометрическому составу получается пленка, электроосажденная на PANI-HCl-PAMPSA.

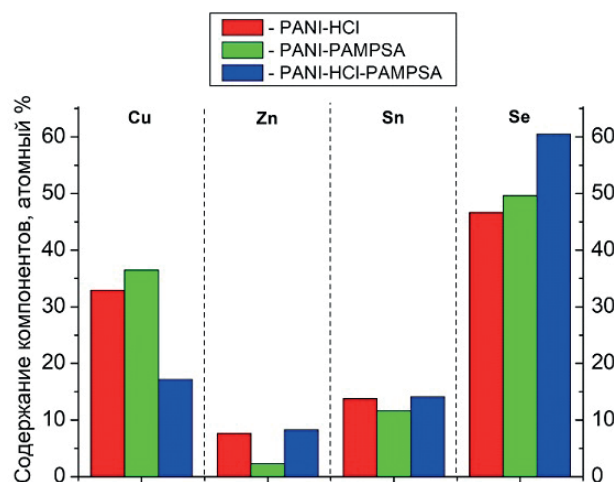


Рисунок 4 – График химического состава пленок CZTSe, электроосажденных на PANI/FTO/стекле, в зависимости от условий получения слоя PANI.

Исследование фотосвойств полученных материалов было проведено методом фотоэлектрохимического анализа. Хроноамперометрическая зависимость была получена в режиме темнота/освещение (light off/light on) при постоянном потенциале, который определяется как стационарный потенциал, установленный между полупроводником и электролитом.

На рисунке 5 приведены значения фототоков для пленок PANI. Видно, что образец PANI-PAMPSA проявляет высокий фото отклик при освещении, когда фототок увеличивается в положительную сторону, затем резко падает до нуля и продолжает падать до отрицательных значений. Можно предположить, что это связано с полупроводниковым переходом p- в n- тип при приложении потенциала, как представлено в работе [24], где полианилин проявлял такие же фотоэлектрические свойства из раствора 1M NaCl. Для образцов PANI-HCl и PANI-HCl-PAMPSA ток равен нулю в темноте и резко меняется в катодную область при освещении, затем достигает плато и падает до нуля при отключении освещения, что свидетельствует о p- типе проводимости полианилина. Все исследуемые пленки полианилина проявляют фотоотклик.

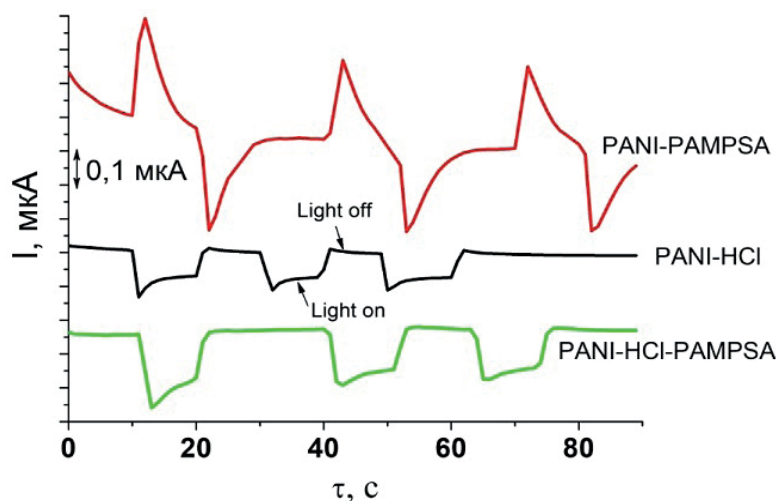


Рисунок 5 – Хроноамперометрическая зависимость для пленок PANI при прерывистом освещении.

Фотоэлектрохимическое поведение пленок CZTSe, электроосажденных на PANI/FTO/стекле, представлено в виде зависимостей «ток-время» и «ток-потенциал» на рисунке 6. Из рисунка 6а видно, что осажденная пленка CZTSe на слое PANI-HCl характеризуется более высоким фототоком, чем на слое PANI-HCl-PAMPSA. Но на поляризационных кривых наблюдается обратная картина, где фототок для CZTSe на PANI-HCl-PAMPSA больше. Самый низкий фототок регистрируется на пленке CZTSe, осажденной на слое PANI-PAMPSA.

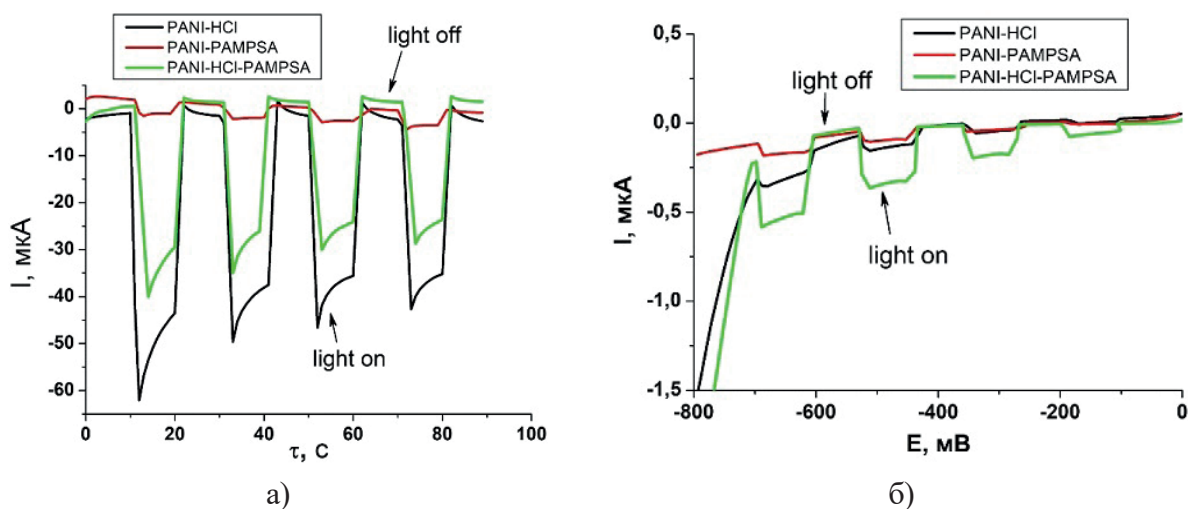


Рисунок 6 – Хроноамперометрическая зависимость (а) и поляризационная кривая [CZTSe/PANI/FTO/стекло] образцов при прерывистом освещении.

Полученные результаты показывают, что осаждённая на PANI-HCl-PAMPSA пленка CZTSe со структурой близкой к стехиометрическому составу проявляет более стабильный фотоотклик, чем пленки с большим содержанием меди, либо бедные цинком, как показано в работе [25], в которой обсуждается влияние соотношения Cu/Zn в составе пленки на ВАХ СЭ.

Заключение. Тонкие пленки полианилина PANI были получены электрохимическим методом из трех разных электролитов. Поверхность пленки PANI-HCl-PAMPSA имеет более шероховатую, глобулярную структуру с равномерным покрытием поверхности, чем пленки PANI-HCl и PANI-PAMPSA. При этом наименьшая шероховатость поверхности характерна для пленки PANI, полученной в присутствии HCl. Все полученные PANI являются полупроводниками p-типа и обладают электрической проводимостью, максимальное значение которой составляет $4,9 \cdot 10^{-2}$ См/см. Это позволило провести электрохимическое осаждение пленок CZTSe на структуру PANI/FTO/стекло. Продемонстрировано, что пленка CZTSe, нанесенная поверх слоя PANI-HCl-PAMPSA, со структурой, близкой к стехиометрическому составу, проявляет стабильный фотоотклик.

Таким образом, оптические и электрофизические характеристики слоев полианилина, синтезированных электрополимеризацией анилина на прозрачных электродах стекло/FTO, обеспечивают возможность последующего электроосаждения фотоактивного слоя кестерита и отвечают требованиям к зарядо-транспортным материалам для солнечного элемента.

Благодарности. Атомная силовая микроскопия выполнена на оборудовании ЦКП при ИФХЭ РАН. Авторы выражают благодарность и глубокую признательность д.х.н., профессору Дергачевой М.Б. за советы и ценные замечания при работе над данной статьей.

Финансирование работы. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP08051961), а также Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (оборудование).

Уразов К.А.¹, Грибкова О.Л.², Тамеев А.Р.², Рахимова А.К.¹

¹Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан;

²Ресей ғылым академиясының А.Н. Фрумкин атындағы физикалық химия және электрохимия институты, Мәскеу, Ресей.
E-mail: u_kazhm@mail.ru

ПОЛИАНИЛИН КОМПЛЕКСІ ҚҰРАМЫНЫҢ CZTSE ЖҰҚА ҚАБЫҚШАЛАРЫНЫҢ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Аннотация. Электр өткізгіш полианилиннің (PANI) беткі қабатының полианилин қабатына электротұндырылған $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ (CZTSe) кестерит қабықшаларының морфологиясына, құрамына және фотоэлектрохимиялық қасиеттеріне әсері қарастырылады. PANI қабаттары өткізгіш FTO/шыны

субстрат бетінде 3 түрлі электролиттерден анилинді электрохимиялық анодтық полимерлеу арқылы синтезделді. PANI/FTO/шыны құрылымының бетіні тартрат қышқылы негізіндегі ерітіндіден жұқа CZTSe қабықтарын электротұндырудың бір сатылы әдісі жасалған. Оптикалық және электронды микроскопияны қолдана отырып, CZTSe қабықшаларында максималды мөлшері бірнеше микрон болатын микрокристалдар түзілетіндігі анықталды. Үлгілерді 0,1M Na₂SO₄ ерітіндісінде фотоэлектрохимиялық өлшеулер нәтижесінде барлық Cu₂ZnSnSe₄/PANI гетероқұрылымдары үшін тұрақты фотокасиет көрсетілді.

Түйінді сөздер: электротұндыру, полианилин, кестерит, фотоэлектрохимия, жұқа қабықша, күн элементі.

Urazov K.A.¹, Gribkova O.L.², Tameev A.R.², Rahimova A.K.¹

¹D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan;

²Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

E-mail: u_kazhm@mail.ru

EFFECT OF THE COMPOSITION OF THE POLYANILINE COMPLEX ON THE PHOTOELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF CZTSE THIN FILMS

Abstract. The effect of the surface of an electrically conductive polyaniline (PANI) layer on the morphology, composition, and photoelectrochemical properties of Cu₂ZnSnSe₄ (CZTSe) kesterite films electrodeposited onto a polyaniline layer is considered. PANI layers were synthesized by electrochemical anodic polymerization of aniline from 3 different electrolytes on the surface of a conductive FTO/glass substrate. A one-stage method of electrodeposition of thin CZTSe films from a solution based on tartaric acid on the surface of a PANI/FTO/glass structure has been developed. Using optical and electron microscopy, it was found that microcrystals with a maximum size of several microns are formed in CZTSe films. Photoelectrochemical measurements of samples in a 0.1M Na₂SO₄ solution show a stable photoresponse for all Cu₂ZnSnSe₄/PANI heterostructures.

Key words: electrodeposition, polyaniline, kesterite, photoelectrochemistry, thin film, solar cell.

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>;

Gribkova Oxana Leonidovna – PhD, Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the Russian Academy of Sciences, oxgribkova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1862-1214>;

Tameev Alexey Raisovich – Dr. Sci. (Physics and Math.), Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry Russian Academy of Sciences, tameev@elchem.ac.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8865-3361>;

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

REFERENCES

[1] Munshi A.H., Sasidharan N., Pinkayan S., et.al. (2018) Thin-film CdTe photovoltaics – The technology for utility scale sustainable energy generation, *Sol Energy*, 173:511-516. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.07.090>.

[2] Luo R., Liu B., Yang X., et.al. (2016) The large-area CdTe thin film for CdS/CdTe solar cell prepared by physical vapor deposition in medium pressure, *Appl Surf Sci*, 360:744-748. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.11.058>.

[3] Shen K., Li Q., Wang D., Yang R., Deng Y., Jeng M.-J., Wang D. (2016) CdTe solar cell performance under low-intensity light irradiance, *Sol Energy Mater Sol Cells*, 144:472-480. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2015.09.043>.

[4] Jadhav H.S., Kalubarme R.S., Ahn S., et.al. (2013) Effects of duty cycle on properties of CIGS thin films fabricated by pulse-reverse electrodeposition technique, *Appl Surf Sci*, 268:391-396. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.12.107>.

- [5] Gremenok V.F., Zaretskaya E.P., Bashkirov S.A., Kim W.Y., Chai S.H., Moon C.B., Jhun C.G. (2015) Growth and Optical Properties of Cu(In,Ga)Se₂ Thin Films on Flexible Metallic Foils, *Journal of Advanced Microscopy Research*, 10:28–32. DOI:10.1166/jamr.2015.1233.
- [6] Saji V.S., Choi I.-H., Lee C.-W. (2011) Progress in electrodeposited absorber layer for CuIn_(1-x)Ga_xSe₂ (CIGS) solar cells, *Sol Energy*, 85:2666-2678. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.08.003>.
- [7] Li Y., Yuan T., Jiang L., Su Z., Liu F. (2014) Growth and characterization of Cu₂ZnSnS₄ photovoltaic thin films by electrodeposition and sulfurization, *J Alloys Compd*, 610:331-336. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.05.014>.
- [8] Jeon J., Lee K.D., Oh L.S., et.al. (2014) Highly efficient copper-zinc-tin-selenide (CZTSe) solar cells by electrodeposition, *Chem Sus Chem*, 7:1073-1077. <https://doi.org/10.1002/cssc.201301347>.
- [9] Li J., Ma T., Wei M., Liu W., Jiang G., Zhu C. (2012) The Cu₂ZnSnSe₄ thin films solar cells synthesized by electrodeposition route, *Appl Surf Sci*, 258:6261–6265. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2012.03.006>.
- [10] Katagiri H., Sasaguchi N., Hando S., Hoshino S., Ohashi J., Yokota T. (1997) Preparation and evaluation of Cu₂ZnSnS₄ thin films by sulfurization of e-B evaporated precursors, *Sol Energy Mater Sol Cells*, 49:407-414. DOI: 10.1016/j.matpr.2018.07.092.
- [11] Maeda T., Nakamura S., Wada T. (2009) Electronic Structure and Phase Stability of In-free Photovoltaic Semiconductors, Cu₂ZnSnSe₄ and Cu₂ZnSnS₄ by 77 First-principles Calculation, *Mater Re Soc Symp Proc*, P.1165. DOI: 10.1557/PROC-1165-M04-03.
- [12] Ennaoui A., Lux-Steiner M., Weber A., et.al., (2009) Cu₂ZnSnS₄ thin film solar cells from electroplated precursors: novel lowcost perspective, *Thin solid films*, 517:2511-2514. DOI: 10.1016/j.tsf.2008.11.061.
- [13] Wang Wei., Winkler Mark T., Gunawan Oki, et.al., (2014) Device characteristics of CZTSSe thin-film solar cells with 12.6% efficiency, *Adv Energy Mater*, 4:1301465. DOI: 10.1002/aenm.201301465.
- [14] Iakobson O.D., Gribkova O.L., Tameev A.R., Nekrasov A.A., Saranin D.S., Di Carlo A. (2018) Graphene nanosheet/polyaniline composite for transparent hole transporting layer, *J Indust Engin Chem*, 65:309–317. DOI: 10.1016/j.jiec.2018.04.042.
- [15] Iakobson O.D., Gribkova O.L., Tameev A.R., Nunzi J.M. (2021) A common optical approach to thickness optimization in polymer and perovskite solar cells, *Sci Rep*, 11:5005. DOI: 10.1038/s41598-021-84452-x.
- [16] Hyodo K., Omae M., Kagami Y. (1991) Effect of the polymer electrolyte on the electrochemical polymerization of aniline, *Electrochim Acta*, 36:87–91. [https://doi.org/10.1016/0013-4686\(91\)85183-8](https://doi.org/10.1016/0013-4686(91)85183-8).
- [17] Lyutov V., Georgiev G., Tsakova V. (2009) Comparative study on the electrochemical synthesis of polyaniline in the presence of mono- and poly(2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic) acid, *Thin Solid Films*, 24:6681–6688. DOI: 10.1016/j.tsf.2009.05.010.
- [18] Ding H., Park S.M. (2003) Electrochemistry of Conductive Polymers XXVII. Effects of Polystyrene Sulfonate on Electrochemical Behavior of Polyaniline, *J Electrochem Soc*, 150:E33-E38. DOI: 10.1149/1.1525271.
- [19] Lyutov V., Tsakova V., Bund A. (2011) Microgravimetric study on the formation and redox behavior of poly(2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonate)-doped thin polyaniline layers, *Electrochim Acta*, 56:4803–4811. DOI:10.1016/j.electacta.2011.03.079.
- [20] Lapkowski M. (1993) Electrochemical synthesis of polyaniline/poly(2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid) composite, *Synthetic Met*, 55:1558–1563. [https://doi.org/10.1016/0379-6779\(93\)90284-4](https://doi.org/10.1016/0379-6779(93)90284-4).
- [21] Nekrasov A.A., Gribkova O.L., Eremina T.V., Isakova A.A., Ivanov V.F., Tverskoj V.A., Vannikov AV. (2008) Electrochemical synthesis of polyaniline in the presence of poly(amidosulfonic acid)s with different rigidity of polymer backbone and characterization of the films obtained, *Electrochim Acta*, 53:3789-3797. DOI: 10.1016/j.electacta.2007.08.060.
- [22] Gribkova O.L., Nekrasov A.A., Ivanov V.F., Zolotarevsky V.I., Vannikov A.V. (2014) Templating effect of polymeric sulfonic acids on electropolymerization of aniline, *Electrochim Acta*, 122:150–158. DOI: 10.1016/j.electacta.2013.12.025.
- [23] Urazov K., Dergacheva M., Tameev A., Gribkova O., Mit' K. (2021) Electrodeposited polyaniline/Cu₂ZnSnSe₄ heterojunction. *J Solid State Electrochem*, 25:237–245. DOI:10.1007/s10008-020-04801-0.
- [24] Yaohua D., Shaolin M. (1991) Photoelectrochemical behavior of polyaniline affected by potentials and pH of solutions. *Electrochim Acta*, 13: 2015-2018. DOI: 10.1016/0013-4686(91)85087-N.
- [25] Bourdais S., Choné C., Delatouche B., et.al., (2016). Is the Cu/Zn Disorder the Main Culprit for the Voltage Deficit in Kesterite Solar Cells, *Adv Energy Mater*, 6:1502276. DOI: 10.1002/aenm.201502276.

СОДЕРЖАНИЕ

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Абай Г.Қ., Юлдашбаев Ю.А., Чоманов У.Ч., Савчук С.В., Бержанова Р.Ж. ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОФЛОРЫ КОЗЬЕГО МОЛОКА КАК ОБЪЕКТА НУТРИЦЕВТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ.....	5
Иманбаева М.К., Арынова Р.А., Масалимов Ж.К., Просеков А.Ю., Серикбай Г. БЕЗЛАКТОЗНАЯ ЗАКВАСКА НА ОСНОВЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ ШТАММОВ ЛАКТОБАКТЕРИЙ.....	12
Кенжеханова М.Б., Мамаева Л.А., Ветохин С.С., Тулекбаева А.К., Кайсарова А.А. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ЯБЛОК, ВЫРАЩИВАЕМЫХ В ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ В ЯБЛОЧНЫЕ ЧИПСЫ.....	22
Насиев Б.Н., Бушнев А.С. ФОРМИРОВАНИЕ МАСЛИЧНЫХ АГРОЦЕНОЗОВ В ЗОНЕ СУХИХ СТЕПЕЙ.....	30
Обухова А.В., Михайлов Н.С., Никитин Д.А., Кульмакова Н.И., Альдяков А.В. МЯСНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ И ВЕТЕРИНАРНО - САНИТАРНАЯ ОЦЕНКА МЯСА НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ.....	37
Онегов А.В., Стрельников А.И., Семенов В.Г., Исхан К.Ж., Баймуканов Д.А. ВЛИЯНИЕ ГРУПП КРОВИ СИСТЕМЫ D НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОБЫЛ ТЯЖЕЛОВОЗНЫХ ПОРОД.....	43
Рахымжан Ж., Ашимова Б.А., Бейсенова Р.Р. ПРОБЛЕМА ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВ КАЗАХСТАНА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.....	48
Сыдыков Ш.К., Байболов А.Е., Алибек Н.Б., Токмолдаев А.Б., Абдикадилова А.А. К МЕТОДИКЕ ВЫБОРА ТЕПЛОВОГО НАСОСА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ НОРМИРОВАННОГО МИКРОКЛИМАТА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ ПОМЕЩЕНИИ.....	56
Садырова Г.А., Инелова З.А., Байжигитов Д.К., Жамилова С.М. АНАЛИЗ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ГАЛОФИЛЬНОГО ФЛОРИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ХРЕБТА КЕТПЕН-ТЕМИРЛИК.....	65

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абильмагжанов А.З., Иванов Н.С., Адельбаев И.Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ С АЛМАТИНСКОГО ПОЛИГОНА.....	73
Бейсеев С.А., Наукенова А.С., Сатаев М.И., Ивахнюк Г.К., Тулекбаева А.К. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ РИСКОВ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПИЩЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ НА ОСНОВЕ КРИТЕРИЕВ МЕЖДУНАРОДНОГО СТАНДАРТА ISO 45001.....	82
Багова З., Жантасов К., Бектуреева Г., Сапаргалиева Б., Javier Rodrigo-Parri ВЛИЯНИЕ СВИНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	94
Дергачева М.Б., Хусурова Г.М., Пузикова Д.С., Леонтьева К.А., Панченко П.В. ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТОНКИХ ПЛЕНОК СУЛЬФИД ИОДИД ВИСМУТА.....	100

Джелдыбаева И.М., Каирбеков Ж., Суймбаева С.М. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ УГЛЯ.....	109
Ермагамбет Б.Т., Казанкапова М.К., Касенова Ж.М. ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ОКСИДА КРЕМНИЯ...	119
Зарипова Ю.А., Гладких Т.М., Бигельдиева М.Т., Дьячков В.В., Юшков А.В. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОГЛОЩЕНИЯ ГАММА- КВАНТОВ НА ПУЧКЕ МЕДИЦИНСКОГО УСКОРИТЕЛЯ ELEKTA AXESSE.....	126
Ибраимова Ж.У., Полимбетова Г.С., Борангазиева А.К., Иткулова Ш.С., Болеубаев Е.А. КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ПЕЧНОГО ГАЗА ФОСФОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ПУТИ ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕЙ УТИЛИЗАЦИИ.....	136
Ильясова Г.У., Ахметов Н.К., Казыбекова С.К., Касымбекова Д.А. УСТРАНЕНИЕ ПРОТИВОРЕЧИЙ В ТАБЛИЦЕ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА.....	144
Исаева А., Корганбаев Б., Волненко А., Жумадуллаев Д. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РЕГУЛЯРНОЙ ТРУБЧАТОЙ НАСАДКИ.....	151
Нурлыбекова А.К., Кудайберген А.А., Дюсебаева М.А., Ибрахим М., Женис Ж. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ARTEMISIA SEROTINA.....	158
Нурмаканов Е.Е., Калимулдина Г.С., Кручинин Р.П. НОСИМЫЙ ТЕКСТИЛЬНЫЙ ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ НАНОГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ PDMS-PPy/НАЙЛОНОВОЙ НИТИ.....	166
Нургазина А.Е., Шокобаев Н.М. ПОЛУЧЕНИЕ МЕДНОГО ПОРОШКА В ПРИСУТСТВИИ НИТРИЛОТРИМЕТИЛ-ФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ.....	174
Такибаева А.Т., Касенов Р.З., Демец О.В., Алиева М.Р., Бакибаев А.А. ВЫДЕЛЕНИЕ БЕТУЛИНА ИЗ БЕРЕСТЫ БЕРЕЗЫ КИРГИЗСКОЙ (BETULAKIRGHISORUM) МЕТОДОМ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АКТИВАЦИИ.....	182
Уразов К.А., Грибкова О.Л., Тамеев А.Р., Рахимова А.К. ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КОМПЛЕКСА ПОЛИАНИЛИНА НА ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК CZTSE.....	189

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

Батырбекова М.Б. УВЕЛИЧЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ВЫГОДЫ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ ERP В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ КОММЕРЧЕСКОЙ НЕДВИЖИМОСТЬЮ.....	198
Кабылбеков К.А., Абдрахманова Х.К., Винтайкин Б.Е., Сайдахметов П.А., Исаев Е.Б. РАСЧЕТ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА С ПАРАШЮТОМ.....	210
Мазаков Т.Ж., Саметова А.А. КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЛЕСНЫХ И СТЕПНЫХ ПОЖАРОВ.....	219
Шопагулов О.А., Исмаилова А.А., Корячко В.П. БАЗЫ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЕТЕРИНАРИИ.....	226

МАЗМҰНЫ

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Абай Г.Қ., Юлдашбаев Ю.А., Чоманов У.Ч., Савчук С.В., Бержанова Р.Ж. НУТРИЦЕВТИКАЛЫҚ ТАҒАМ ОБЪЕКТИСІ РЕТІНДЕ ЕШКІ СҮТІНІҢ МИКРОФЛОРАСЫН ЗЕРТТЕУ.....	5
Иманбаева М.К., Арынова Р.А., Масалимов Ж.К., Просеков А.Ю., Серикбайқызы Г. ЛАКТОБАКТЕРИЯЛАРДЫҢ ПРОБИОТИКАЛЫҚ ШТАМДАРЫНАН НЕГІЗІНДЕ ЛАКТОЗАСЫЗ АШЫТҚЫ.....	12
Кенжеханова М.Б., Мамаева Л.А., Ветехин С.С., Тулекбаева А.К., Қайсарова А.А. ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНДАҒЫ ФЕРМЕРЛІК ШАРУАШЫЛЫҚТАРДА ӨСІРІЛЕТІН АЛМАЛАРДЫҢ АЛМА ҚЫТЫРЛАҒЫН ӨНДЕУГЕ ЖАРАМДЫЛЫҒЫН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ.....	22
Насиев Б.Н., Бушнев А.С. ҚҰРҒАҚ ДАЛА ЖАҒДАЙЫНДА МАЙЛЫ АГРОЦЕНОЗДАРДЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУ.....	30
Обухова А.В., Михайлов Н.С., Никитин Д.А., Кульмакова Н.И., Альдяков А.В. ШОШҚА ТӨЛІНІҢ ЕТТІ ӨНІМДІЛІГІ ЖӘНЕ ПРОБИОТИКАЛЫҚ ПРЕПАРАТТАРДЫ ҚОЛДАНУ АЯСЫНДАЕТТІ ВЕТЕРИНАРИЯЛЫҚ-САНИТАРИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ.....	37
Онегов А.В., Стрельников А.И., Семенов В.Г., Исхан К.Ж., Баймуканов Д.А. D ЖҮЙЕСІНІҢ ҚАН ТОПТАРЫНЫҢ АУЫР ЖҮК ТАСЫМАЛДАУШЫ ТҰҚЫМДЫ БИЕЛЕРДІҢ СҮТ ӨНІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ.....	43
Рахымжан Ж., Ашимова Б.А., Бейсенова Р.Р. ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ТОПЫРАҚТЫҢ ТҮЗДАНУ МӘСЕЛЕСІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ШЕШУ ЖОЛДАРЫ.....	48
Сыдықов Ш.Қ., Байболов А.Е., Әлібек Н.Б., Тоқмолдаев А.Б., Әбдіқадірова А.А. МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ҚОРА-ЖАЙЫНДА ҚОЛАЙЛЫ МИКРОКЛИМАТТЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУ ҮШІН ЖЫЛУ СОРҒЫСЫН ТАҢДАУ ӘДІСТЕМЕСІ.....	56
Садырова Г.А., Инелова З.А., Байжігітов Д.К., Жәмилова С.М. ГАЛОФИЛЬДІ ТҮРЛЕРДІҢ ӨРТҮРЛІЛІГІН ТАЛДАУ КЕТПЕН-ТЕМІРЛІК ЖОТАСЫНЫҢ ФЛОРИСТИКАЛЫҚ КЕШЕНІ.....	65

ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ

Абильмагжанов А.З., Иванов Н.С., Нургазина А.Е., Адельбаев И.Е. АЛМАТЫ ПОЛИГОНЫНАН ҚАЛҒАН ТҮРМЫСТЫҚ ҚАТТЫ ҚАЛДЫҚТАРДЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ.....	73
Бейсеев С.А., Наукенова А.С., Сатаев М.И., Ивахнюк Г.К., Тулекбаева А.К. ISO 45001 ХАЛЫҚАРАЛЫҚ СТАНДАРТЫНЫҢ КРИТЕРИЙЛЕРІ НЕГІЗІНДЕ ӨСІМДІК МАЙЫН ӨНДІРЕТІН КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ ЖҰМЫС ОРЫНДАРЫНДАҒЫ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАҒАЛАУ БОЙЫНША ҰСЫНЫСТАР.....	82
Багова З., Жантасов Қ., Бектуреева Г., Сапарғалиева Б., Javier Rodrigo-Parri ҚҰРАМЫНДА ҚОРҒАСЫН БАР ҚОЖДЫ ҚАЛДЫҚТАРДЫҢ ТІРШІЛІК ЕТУ ҚАУІПСІЗДІГІНЕ ӘСЕРІ.....	94
Дергачева М.Б., Хусурова Г.М., Пузикова Д.С., Леонтьева К.А., Панченко П.В. ВИСМУТ ЙОДИД СУЛЬФИД ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШ ЖҰҚА ҚАБЫҚШАЛАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН ТҮНДЫРЫЛУЫ.....	100

Джелдыбаева И.М., Қайырбеков Ж., Суймбаева С.М. КӨМІРДЕН БӨЛІНІП АЛЫНҒАН ГУМИН ҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ANTIОКСИДАНТТЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	109
Ермағамбет Б.Т., Қазанқапова М.К., Касенова Ж.М. ГУМИН ҚЫШҚЫЛЫ ЖӘНЕ КРЕМНИЙ ТОТЫҒЫ НЕГІЗІНДЕ КОМПОЗИТ АЛУ.....	119
Зарипова Ю.А., Гладких Т.М., Бигельдиева М.Т., Дьячков В.В., Юшков А.В. ELEKTA AXESSE МЕДИЦИНАЛЫҚ ҮДЕТКІШІНІҢ СӘУЛЕСІНДЕ СЫЗЫҚТЫҚ ГАММА-КВАНТ СІңІРУ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІН ӨЛШЕУ ӘДІСІ.....	126
Ибраимова Ж.У., Полимбетова Г.С., Борангазиева А.К., Итқулова Ш.С., Болеубаев Е.А. ФОСФОР ӨНДІРІСІНІҢ ПЕШ ГАЗЫН КАТАЛИТИКАЛЫҚ ТАЗАЛАУ ЖӘНЕ ОНЫ ОДАН ӘРІ КӘДЕГЕ ЖАРАТУ ЖОЛДАРЫ.....	136
Ильясова Г.У., Ахметов Н.К., Казыбекова С.К., Касымбекова Д.А. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВ КЕСТЕСІНІҢ ҚАРАМА-ҚАЙШЫЛЫҒЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ЖОЮ.....	144
Исаева А., Корманбаев Б., Волненко А., Жумадуллаев Д. РЕЖИМ ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ ТҰРАҚТЫ ҚҰБЫРЛЫ САПТАМАНЫҢ ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ ЗАНДЫЛЫҚТАРЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	151
Нурлыбекова А.К., Құдайберген А.А., Дюсебаева М.А., Ибрахим М., Жеңіс Ж. ARTEMISIA SEROTINA ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ.....	158
Нурмаканов Е.Е., Калимулдина Г.С., Кручинин Р.П. КИЛЕТІН ПДМС-ПП / НЕЙЛОН ЖІБІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ТЕКСТИЛЬ ТРИБОЭЛЕКТРИКАЛЫҚ НАНОГЕНЕРАТОРЫ.....	166
Нуртазина А.Е., Шокобаев Н.М. НИТРИЛОТРИМЕТІЛ ФОСФОН ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ ҚАТЫСУЫМЕН МЫС ҰНТАҒЫН АЛУ.....	174
Такибаева А.Т., Касенов Р.З., Демец О.В., Алиева М.Р., Бакибаев А.А. БЕТУЛИНДІ УЛЬТРАДЫБЫСТЫҚ АКТИВТЕНДІРУ ӘДІСІМЕН ҚЫРҒЫЗ ҚАЙЫҢ ҚАБЫҒЫНАН (BETULAKIRGHISORUM) БӨЛІП АЛУ.....	182
Уразов К.А., Грибкова О.Л., Тамеев А.Р., Рахимова А.К. ПОЛИАНИЛИН КОМПЛЕКСІ ҚҰРАМЫНЫҢ CZTSE ЖҰҚА ҚАБЫҚШАЛАРЫНЫҢ ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ.....	189
ФИЗИКА ҒЫЛЫМДАРЫ	
Батырбекова М.Б. КОММЕРЦИЯЛЫҚ ЖЫЛЖЫМАЙТЫН МҮЛІКТІ БАСҚАРУ САЛАСЫНДА ОРТАЛЫҚТАНДЫРЫЛМАҒАН ERP ЖҮЙЕСІН ҚОЛДАНУДЫҢ ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ ПАЙДАСЫН АРТТЫРУ.....	198
Қабылбеков К.А., Абдрахманова Х.К., Винтайкин Б.Е., Сайдахметов П.А., Исаев Е.Б. ПАРАШЮТПЕН СЕКІРГЕН АДАМНЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫН ЕСЕПТЕУ МЕН БЕЙНЕЛЕУ.....	210
Мазаков Т.Ж., Саметова А.А. ОРМАН ЖӘНЕ ДАЛА ӨРТТЕРІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛДЕРІНІҢ КЛАССИФИКАЦИЯСЫ.....	219
Шопагулов О.А., Исмаилова А.А., Корячко В.П. ВЕТЕРИНАРИЯ МІНДЕТТЕРІН ШЕШУГЕ АРНАЛҒАН САРАПТАМАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ БІЛІМ ҚОРЫ.....	226

CONTENTS

BIOTECHNOLOGY

Abay G.K., Yuldashbaev Yu.A., Chomanov U.Ch., Savchuk S.B., Berzhanova R.Zh. STUDY OF THE MICROFLORA OF GOAT'S MILK AS AN OBJECT OF NUTRACEUTICAL NUTRITION.....	5
Imanbayeva M.K., Arynova R.A., Masalimov Zh.K., Prosekov A.U., Serikbay G. LACTOSE-FREE STARTER CULTURE BASED ON PROBIOTIC STRAINS OF LACTOBACILLI.....	12
Kenzhekhanova M.B., Mamaeva L.A., Vetokhin S.S., Tulekbayeva A.K., Kaysarova A.A. TECHNOLOGICAL ASSESSMENT OF THE SUITABILITY OF APPLES CULTIVATED IN FARMING TURKESTAN REGION FOR PROCESSING INTO APPLE CHIPS.....	22
Nasiyev B.N., Bushnev A.S. THE FORMATION OF OIL-BEARING AGROCENOSISES IN THE ZONE OF DRY STEPPES.....	30
Obukhova A.V., Mikhailov N.S., Nikitin D.A., Kulmakova N.I., Aldyakov A.V. MEAT PRODUCTIVITY OF YOUNG PIGS AND VETERINARY MEAT ASSESSMENT IN THE BACKGROUND OF APPLICATION OF PROBIOTIC PREPARATIONS.....	37
Onegov A.V., Strelnikov A.I., Semenov V.G., Iskhan K.Zh., Baimukanov D.A. INFLUENCE OF BLOOD GROUPS D ON DAIRY PRODUCTIVITY OF HEAVYDRAFT MARES.....	43
Rakhymzhan Zh., Ashimova B.A., Beisenova R.R. THE PROBLEM OF SOIL SALINITY IN KAZAKHSTAN AND WAYS TO SOLVE THEM.....	48
Sydykov Sh., Baibolov A., Alibek N., Tokmoldaev A., Abdikadirova A. ON THE METHOD OF CHOOSING A HEAT PUMP FOR THE FORMATION OF A NORMALIZED MICROCLIMATE IN A LIVESTOCK BUILDING.....	56
Sadyrova G., Inelova Z., Bayzhigitov D., Jamilova S. ANALYSIS OF THE BIOLOGICAL DIVERSITY OF THE HALOPHILIC FLORISTIC COMPLEX OF THE KETPEN-TEMERLIK RIDGE.....	65

CHEMICAL SCIENCES

Abilmagzhanov A.Z., Ivanov N.S., Nurtazina A.E., Adelbayev I.E. STUDY OF ENERGY CHARACTERISTICS OF SOLID HOUSEHOLD WASTE FROM THE ALMATY LANDFILL.....	73
Beiseev S.A., Naukenova A.S., Sataev M.I., Ivakhnyuk G.K., Tulekbayeva A.K. RECOMMENDATIONS FOR RISK ASSESSMENT AT WORKPLACES OF ENTERPRISES PRODUCING EDIBLE VEGETABLE OILS BASED ON THE CRITERIA OF THE INTERNATIONAL STANDARD ISO 45001.....	82
Bagova Z., Zhantasov K., Bektureeva G., Sapargaliyeva B., Javier Rodrigo-Illarri THE IMPACT OF LEAD-CONTAINING SLAG WASTES ON THE LIFE SAFETY.....	94
Dergacheva M.B., Khusurova G.M., Puzikova D.S., Leontyeva X.A., Panchenko P.V. CHEMICAL DEPOSITION OF BISMUTH IODIDE SULFIDE SEMICONDUCTOR THIN FILMS.....	100
Jeldybayeva I.M., Kairbekov Zh., Suimbayeva S.M. INVESTIGATION OF PHYSICO-CHEMICAL AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF HUMIC ACIDS ISOLATED FROM COAL.....	109

Yermagambet B.T., Kazankapova M.K., Kassenova Zh.M. PREPARATION OF A COMPOSITE BASED ON HUMIC ACID AND SILICON OXIDE.....	119
Zaripova Y.A., Gladkikh T.M., Bigeldiyeva M.T., Dyachkov V.V., Yushkov A.V. METHOD FOR MEASURING LINEAR GAMMA RADIATION ABSORPTION COEFFICIENTS AT THE ELEKTA AXESSE MEDICAL ACCELERATOR BEAM.....	126
Ibraimova Z.U., Polimbetova G.S., Borangazieva A.K., Itkulova S.S., Boleubaev E.A. CATALYTIC PURIFICATION AND WAYS FOR UTILIZATION OF FURNACE GAS OF PHOSPHORUS PRODUCTION.....	136
Ilyasova G.U., Akhmetov N.K., Kazybekova S.K., Kassymbekova D.A. ELIMINATION OF CONTRADICTIONS IN THE TABLE OF D. I. MENDELEEV.....	144
Issayeva A., Korganbayev B., Volnenko A., Zhumadullayev D. STUDY OF THE INFLUENCE OF OPERATING CONDITIONS ON THE HYDRODYNAMIC REGULARITIES OF A REGULAR TUBULAR PACKING.....	151
Nurlybekova A.K., Kudaibergen A.A., Dyusebaeva M.A., Ibrahim M., Jenis J. CHEMICAL CONSTITUENTS OF ARTEMISIASEROTINA.....	158
Nurmakanov Y.Y., Kalimuldina G.S., Kruchinin R.P. WEARABLE TEXTILE PDMS-PPy/NYLON FIBER-BASED TRIBOELECTRIC NANOGENERATOR.....	166
Nurtazina A.E., Shokobayev N.M. OBTAINING COPPER POWDER IN THE PRESENCE OF NITRIL OTRIMETHYL PHOSPHONIC ACID.....	174
Takibayeva A.T., Kassenov R.Z., Demets O.V., Aliyeva M.R., Bakibayev A.A. ISOLATION OF BETULIN FROM BIRCH BARK (BETULA KIRGHISORUM) BY THE ULTRASONIC ACTIVATION METHOD.....	182
Urazov K.A., Gribkova O.L., Tameev A.R., Rahimova A.K. EFFECT OF THE COMPOSITION OF THE POLYANILINE COMPLEX ON THE PHOTOELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF CZTSE THIN FILMS.....	189

PHYSICAL SCIENCES

Batyrbekova M.B. INCREASE IN INVESTMENT BENEFITS FROM THE USE OF A DECENTRALIZED ERP SYSTEM IN THE FIELD OF COMMERCIAL REAL ESTATE MANAGEMENT.....	198
Kabylbekov K.A., Abdrakhmanova Kh.K., Vintaykin B.E., Saidakhmetov P.A., Issayev Ye.B. CALCULATION AND VISUALIZATION OF A MAN PARACHUTING DOWNWARD.....	210
Mazakov T.Zh., Sametova A.A. CLASSIFICATION OF MATHEMATICAL MODELS FOR FOREST AND STEPPE FIRES.....	219
Shopagulov O.A., Ismailova A.A., Koryachko V.P. EXPERT SYSTEMS KNOWLEDGE BASES FOR SOLVING VETERINARY PROBLEMS.....	226

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 work described 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 originality detection service Cross Check <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://www.nauka-nanrk.kz)

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

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

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 15.10.2021.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать - ризограф.
8,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.