

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>

Dergacheva M.B.¹, Khusurova G.M.¹, Puzikova D.S.^{1,2*}, Leontyeva X.A.^{1,2}, P.V. Panchenko¹

¹«D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan;

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: d.s.puzikova@mail.ru

CHEMICAL DEPOSITION OF BISMUTH IODIDE SULFIDE SEMICONDUCTOR THIN FILMS

Abstract. Semiconductor compounds play a critical role in devices that convert solar energy into electricity. In particular, the BiSI compound is of interest to researchers due to its excellent semiconducting properties and narrow band gap (1.59 eV). Bismuth iodide sulfide belongs to photovoltaic materials that can use most of the solar spectrum, from the visible to the near infrared wavelength range.

This article discusses the method of chemical deposition of bismuth iodide sulfide semiconductor thin films for application as a photoanode in photoelectrochemical cells. The effect of the chemical deposition process duration and the addition of polyvinylpyrrolidone on the surface morphology, elemental composition, thickness and photoconductivity of the films obtained has been investigated. It was shown that uniform film coatings of bismuth iodide sulfide, deposited within 60 minutes, have a particle size of the order of 1 ± 0.2 μm . Studies of the elemental composition and structure (SEM and XRD methods) showed the presence, along with the BiSI phase, secondary phase $\text{Bi}_{19}\text{S}_{27}\text{I}_3$, which is also characterized by a low band gap and high photosensitivity. The creation of such a two narrow-gap semiconductors system contributed to an increase in the samples photosensitivity. The photoelectrochemical parameters of the deposited BiSI films were determined by the PEC method in a 0.5 M Na_2SO_4 solution under modulated illumination (wavelength 465 nm). The research results confirmed the n-type conductivity characteristic of bismuth iodide sulfide. The presence of a stable photoresponse indicates the possibility of further application of n-BiSI as an alternative thin-film material in photoelectrochemical solar cells.

Key words: photoelectrochemical cells, thin films, bismuth thioiodide, bismuth iodide sulfide, solar energy conversion.

Introduction. Solar radiation is an efficient and affordable source of «green energy». Converting sunlight into electrical energy and chemicals is one of the ways to solve the problems of improving the environmental situation and reducing the economic costs associated with the use of fossil fuels [1,2]. Therefore, the development of devices for its conversion into electrical and chemical energy is an actual task for modern scientists.

Currently, more and more attention is paid to the study of the third generation of solar cells - photoelectrochemical cells (PEC), as well as semiconductor compounds based on thin-film materials for photoanodes and photocathodes used in the operation of this cells type. PEC cells are a new part of existing solar energy conversion technologies alongside solid-state photovoltaic cells and photocatalytic systems.

An interesting feature of PEC cells is the ability to convert solar energy into electrical energy and water splitting to produce hydrogen. Such cells can be part of systems for the accumulate and storage of electrical energy [3].

In general, any PEC cell consists of one or two photoelectrodes based on a semiconductor electrode, as well as a counter electrode and a reference electrode immersed in a solution. Such a system is characterized by photosensitivity due to processes occurring at the semiconductor/electrolyte heterojunction. The photons absorption gives rise to the charge carriers formation with excess free energy, the flow of such charge carriers causes an electric current (photocurrent) [4,5].

Among the wide multicomponent semiconductor compounds variety capable of absorbing solar radiation, the group of compounds AVBVICVII, (A = Bi, Sb; B = S, Se, Te; C = Cl, Br, I) attracts the attention of scientists due to diverse of the physicochemical properties [6-8]. In particular, bismuth chalcogenides BiSX (X = Cl, Br, I), possessing excellent semiconducting properties and a suitable band gap, are actively studied for applications in the photovoltaic industry [9], photoconductivity [10], photocatalysis, and radiation detection [11].

Bismuth sulfide iodide (BiSI), as one of the typical bismuthchalcogenides, is a promising material for the photovoltaic conversion of solar energy. This compound is characterized by a small band gap (1.59 eV) and the ability to absorb most of the visible radiation [12]. In addition, the compound has many interesting physical properties such as thermoelectric, photoelectric, ferroelectric properties, as well as luminescence effects, electro-optical effects, magnetic susceptibility, and electromechanical effects.

Thin BiSI films are obtained by such methods as spray pyrolysis [13, 14], asynchronous ultrasonic spray pyrolysis (APUSP) [15], hydrothermal synthesis [16], solvothermal synthesis [17, 18], spin-coating [19, 20].

To date, the chemical method for the synthesis of bismuth sulfide iodide thin films has not been sufficiently studied. In [21], to obtain a BiSI film with morphology in the form of crystal needles on an FTO substrate, chemical deposition was carried out from aqueous solutions of bismuth, iodine, and thiourea salts dissolved in nitric acid. The deposition time was 120 minutes. As a result, BiSI acicular crystallites with a characteristic pronounced faceting, 0.2–0.5 μm thick and 10–12 μm long were obtained on the substrate. Crystallites grow on the FTO substrate surface from crystallization centers in divergent beams; however, the coating is uneven and leaves most of the substrate unfilled. The most common problem with such coating is their low photocorrosion stability.

These studies' purpose was to develop a technologically simple method of chemical deposition of uniform BiSI films on conductive substrates, as well as to study their structure and physicochemical properties. Polyvinylpyrrolidone was used to achieve a uniform surface coating.

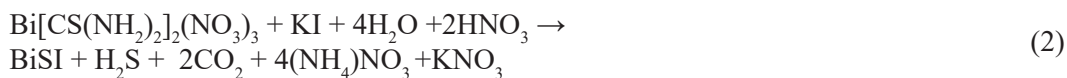
Materials and methods. BiSI semiconductor compound thin films were prepared by chemical deposition from solution onto the glass surface coated with conductive fluorinated tin oxide (FTO). FTO substrates were washed with a soap solution and subjected to boiling in a solution of NH₄OH + H₂O₂ (1:1) and drying before the chemical deposition.

A solution for the chemical deposition of BiSI was prepared as follows: weighed portions of bismuth nitrate (0.01M), thiourea (0.1M), potassium iodide (0.015M), and 2.5% by weight of polyvinylpyrrolidone were successively dissolved in HNO₃ (0.1M) at 45°C in constant mixing mode.

The source of sulfide anions was thiourea CS(NH₂)₂, which decomposes when heated in aqueous solutions, with the release of carbon monoxide, ammonia and hydrogen sulfide [22]:



When bismuth salt is mixed with thiourea, a thiourea complex is formed. This complex decomposes when heated in an acidic medium, and in the presence of iodide ions in the solution, BiSI is formed:



During the preparation of the solution bismuth sulfide iodide precipitates on the centers of crystallization in the volume of the solution. In order to suppress this process, the solution was filtered off before precipitation.

To carry out the chemical deposition of BiSI on FTO, the previously prepared substrates were completely immersed in a solution heated to 90°C. The duration of the process varied from 15 to 60 minutes. Then the films were dried at a temperature of 90°C for 15 minutes.

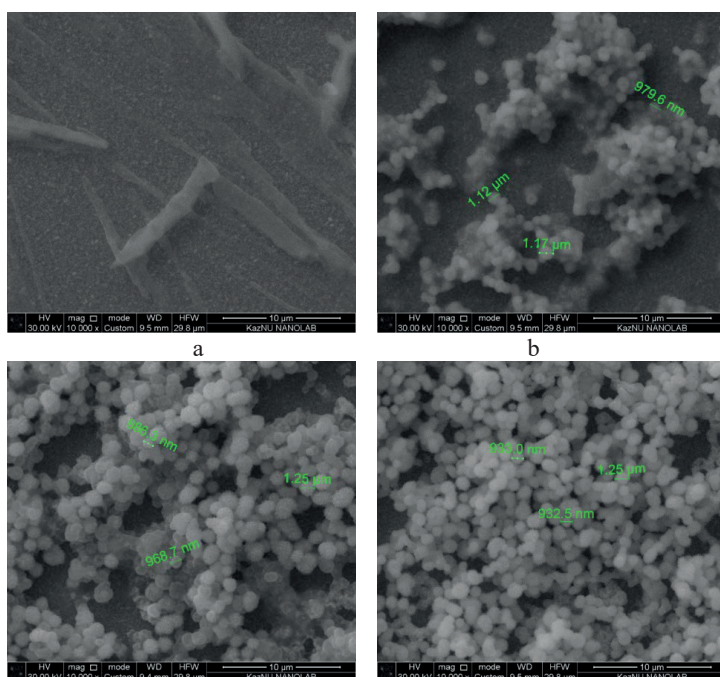
The elemental composition and surface morphology of the obtained samples were determined by the SEM method (JSM6610 LV, JEOL, Japan with microanalysis capabilities).

X-ray structural analysis (XRD) was performed on a Bruker D8 Advance powder diffractometer using a Cu Kα radiation source (λ = 1.541 Å) operating at 40 kV and 40 mA with a scan rate of 2 g/min, range 2θ = 10-100° with a step of 0.020°.

Photoelectrochemical (PEC) measurements were carried out using a GillACpotentiostat (ACM Instruments, England) in a standard three-electrode cell (50 ml volume) with a Pt counter electrode and an Ag/AgCl reference electrode (sat. KCl). All electrode potentials in operation are shown with respect to this

reference electrode. The photosensitivity of the samples was determined under modulated illumination with a light wavelength of 465 nm and an intensity of 1 mW/cm² from the solution side.

Results and discussion. As a result of chemical deposition with varying process time, uniform coatings were obtained from yellow (for 15 minutes of deposition) to dark gray (for 60 minutes of deposition). To determine the deposited BiSI films morphology, surface micrographs were taken.



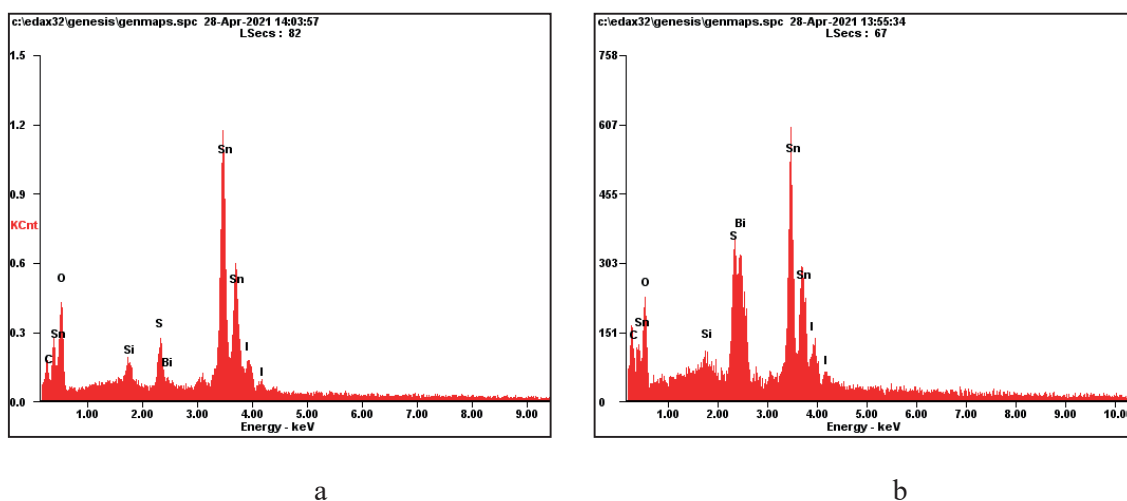
a - 15 minutes; b - 30 minutes; c - 45 minutes; d - 60 minutes

Figure 1 - Micrographs of the deposited semiconductor BiSI films surface

According to the scanning electron microscopy image (Figure 1a), the film obtained within 15 minutes is formed by acicular crystallites having a length of 10–12 μm and a thickness of 0.2–0.5 μm, and part of the FTO surface area remains unoccupied. This indicates a significant mismatch between the FTO crystal lattice and the BiSI crystal lattice, as well as a high value of the activation energy for the formation of nuclei of a new bismuth iodide sulfide phase on the FTO surface.

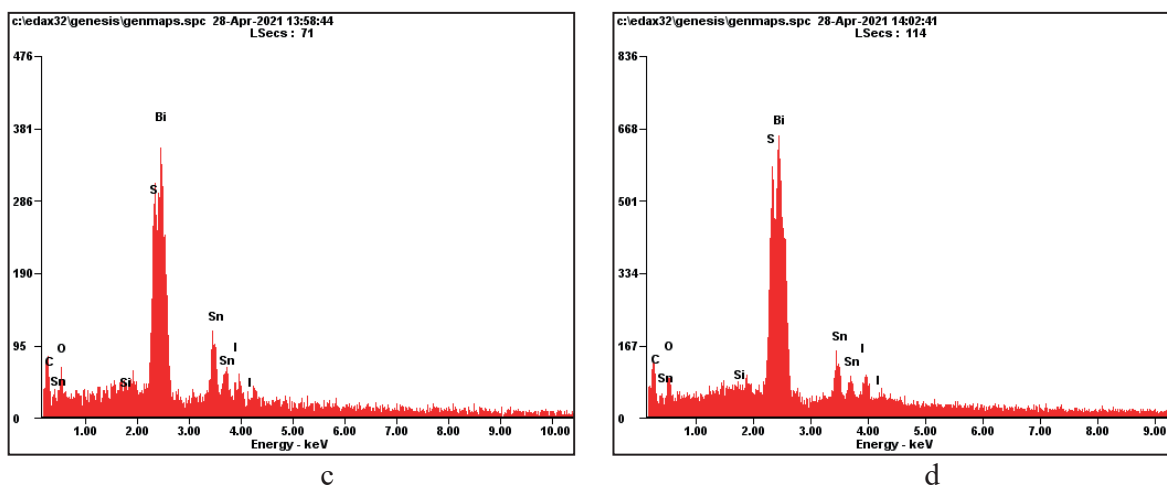
In order to study the effect of the deposition time on the filling of the FTO substrate surface with BiSI crystallites, the deposition time was varied from 15 to 60 minutes. As can be seen from Figures 1b, c, d, with an increase in the deposition time, the formation of globules with a size of 0.90 μm - 1.17 μm is observed. The most densely filled film surface obtained during 60 minutes of deposition, the maximum particle size reaches 1.25 microns.

To study the chemical composition of the deposited BiSI thin films, EDAX spectra were obtained (Figure 2).



a

b



a - 15 minutes; b - 30 minutes; c - 45 minutes; d - 60 minutes
 Figure 2 - EDAX spectra of BiSI films

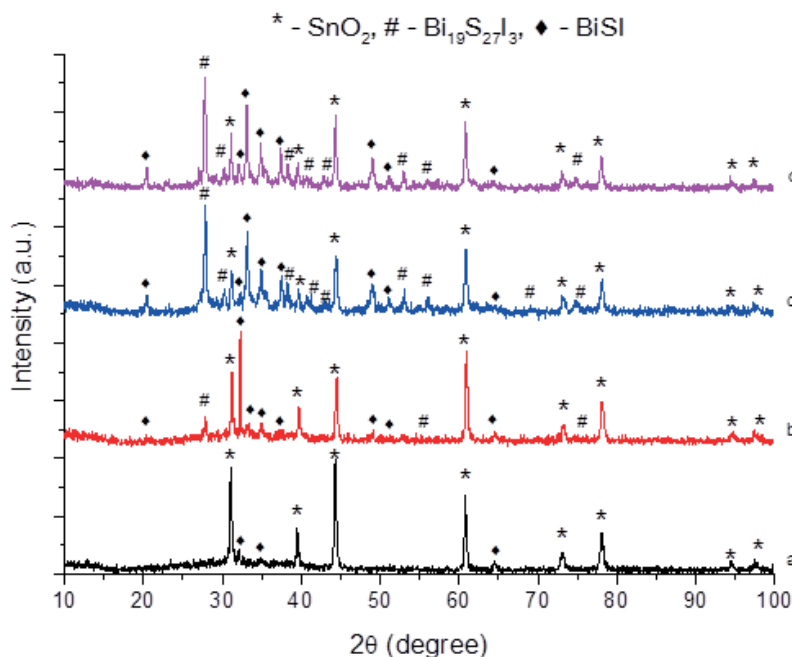
The EDAX spectra shown in Figure 2 confirm the presence of elements Bi, S, I.

The BiSI compound is characterized by the presence of secondary phases. The triple phase diagram Bi-S-I includes 4 triple and more than 15 binary stable compositions [23]. These compositions, as well as the pure stoichiometric composition of BiSI, are classified as highly efficient materials with photoconductivity [24, 25].

Thus, obtaining a BiSI formulation in a 1:1:1 ratio is not a primary concern. In addition, along with BiSI, much attention is paid to the synthesis of compounds $\text{Bi}_{13}\text{S}_{18}\text{I}_2$ and $\text{Bi}_{19}\text{S}_{27}\text{I}_3$, since they have a small band gap (~ 1.2 eV) and are perspective for use in photovoltaic devices [26].

Studies of the EDAX spectra (Figure 2) and XRD analysis (Figure 3) of the samples showed that the system is quasi-binary and includes two ternary compounds - BiSI and $\text{Bi}_{19}\text{S}_{27}\text{I}_3$. The crystal structure of these compounds is well researched.

It is known that BiSI crystallizes in the orthorhombic space group $Pnma$ with lattice parameters $a = 8.529$, $b = 4.172$, $c = 10.177$ Å and $z = 4$. $\text{Bi}_{19}\text{S}_{27}\text{I}_3$ has a hexagonal lattice, space group $P6_3/m$, with parameters $a = 15.640$, $c = 4.029(2)$ Å, $z = 2/3$ [23].



a - 15 minutes; b - 30 minutes; c - 45 minutes; d - 60 minutes
 Figure 3 - X-ray diffraction spectra of the films BiSI

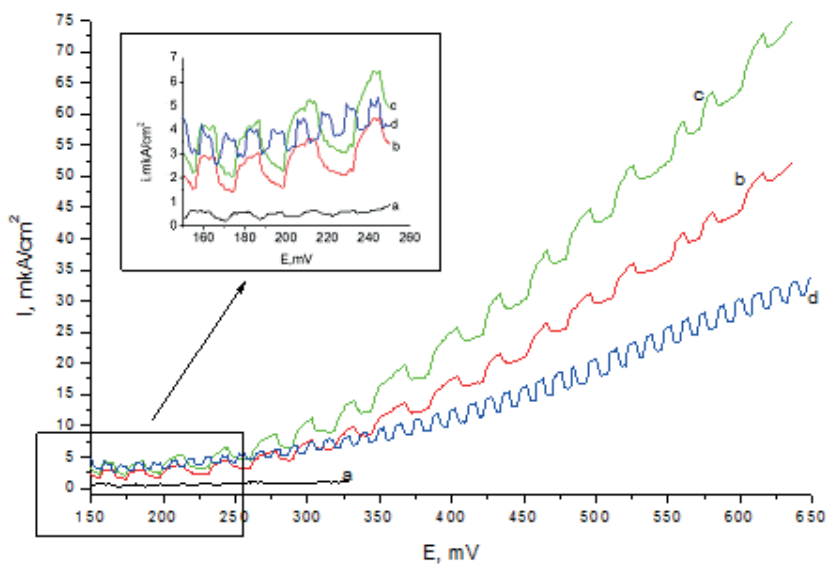
X-ray phase analysis data (Figure 1a) confirm the presence of the ternary compound $\text{Bi}_{19}\text{S}_{27}\text{I}_3$ and single-phase BiSI with the corresponding characteristic parameters of the unit cells. In this case, the dominant crystal plane directions are (110) for $\text{Bi}_{19}\text{S}_{27}\text{I}_3$ and (220), (160) for BiSI.

The X-ray diffraction pattern of the sample obtained after 15 minutes of deposition (Figure 3a) contains high-intensity SnO_2 (FTO) reflections, while the BiSI and $\text{Bi}_{19}\text{S}_{27}\text{I}_3$ reflections are low-intensity against them. This indicates the unevenness of the coating with the film of the FTO substrate, which is confirmed by the micrograph (Figure 1a), in which only partial coverage with BiSI acicular crystallites is observed.

The data of X-ray phase analysis of the sample deposited for 30 minutes (Figure 3b) indicate the appearance of additional reflections characteristic of bismuth iodide sulfide and the ternary compound $\text{Bi}_{19}\text{S}_{27}\text{I}_3$, with the appropriate values of Miller's indices (020); (210); (310); (321); (002) and (310); (002). The reflections observed at 15 minutes of deposition and inherent in the FTO substrate are less intense at 30 minutes of deposition. This fact indicates a higher occupancy of the substrate surface area and is confirmed by SEM micrographs (Figure 1b).

Figure 3c shows an increase in the intensity of bismuth-containing compounds reflections, as well as the appearance of new reflections in the range of angles 30° - 60° . In this case, a decrease in the intensity of reflections from the substrate is observed. A similar trend is observed in the X-ray diffraction pattern in Figure 3d. There is also an increase in the intensity of reflexes that appeared at 45 minutes of deposition. Based on these data, it can be concluded that the free area of the substrate surface decreases and the number of globules increases and their enlargement occurs. The data obtained are confirmed by the results of scanning electron microscopy (Figure 1c, d).

The photosensitivity of the deposited BiSI films was determined by the PEC method. The dependences of the photocurrent on the electrode potential in a $0.5\text{M Na}_2\text{SO}_4$ solution were obtained (Figure 4).



a - 15 minutes; b - 30 minutes; c - 45 minutes; d - 60 minutes

Figure 4 - Dependence of current density on electrode potential for BiSI electrode

As can be seen from Figure 4, the films obtained in a Na_2SO_4 solution demonstrate a characteristic flow of anodic photocurrent for n-type electrodes. The potential of the photocurrent beginning (E_{on}) for the electrodes is about 0.15V. With an increase in the anodic polarization, the photocurrents values increase smoothly, reaching the maximum value of the photocurrent in the studied range of potentials at a potential of about 350 mV. For films deposited on the FTO surface for 60 minutes, the achieved values remain constant over time ($\sim 5\text{-}7 \mu\text{A}$), and change slightly with further potential sweep. An increase in the photocurrent value with an increase in the deposition time is apparently due to a denser filling of the substrate surface, which makes it possible to efficiently absorb a large fraction of the incident light. Along with the photocurrent, a high dark current was recorded, which can be explained by the electrochemical oxidation of water molecules on the FTO surface, a significant part of which is in direct contact with the solution. Water molecules are insufficiently active photoholes acceptors and a significant part of the photocharges goes to the oxidation of crystal lattice anions and photodegradation of the semiconductor in accordance with the equation:



In a Na_2SO_4 solution, the obtained electrodes (Figure 4 a,b,c) undergo photooxidative corrosion after several minutes of photopolarization measurements. This data indicates possible phase changes in the investigating films.

Thus, in spite of the photocurrent values that are stable over time, there are high dark current values. A possible solution to this problem is doping the film during synthesis or modifying the surface with metal nanoclusters. This should ensure an increase in the photocurrent values, as well as a decrease in photooxidative processes.

Conclusion. As a result of these studies, a chemical method was developed for the deposition of thin semiconductor films of bismuth iodide sulfide on conductive FTO substrates. To increase the uniformity of the coating and reduce photocorrosion effects, polyvinylpyrrolidone was added to the composition of the deposition solution.

Coating continuity was achieved by increasing the deposition time. The thermal drying time of the samples at 90°C remained unchanged and amounted to 15 minutes. As a result, upon deposition for 60 minutes, uniform bismuth iodide sulfide film coatings with a particle size of the order of $1 \pm 0.2 \mu\text{m}$ were obtained.

Studies of the composition and structure have shown the presence, along with the BiSI phase, secondary phase $\text{Bi}_{19}\text{S}_{27}\text{I}_3$, which is also characterized by a low band gap and high photosensitivity.

The secondary phase $\text{Bi}_{19}\text{S}_{27}\text{I}_3$ fraction in the composition of the film increases with deposition process prolongation up to 60 minutes. The production of such a system of two narrow-gap semiconductors contributes to an increase in the photosensitivity of the samples, as well as a decrease in photocorrosion processes and, as a consequence, stabilization of the values of the recorded photocurrents.

The studies carried out show that the development of methods for obtaining BiSI electrodes is perspective for further applications in photoelectrochemical solar cells.

Funding. This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (AP08856338 «Photoelectrochemical solar cells based on thin-film semiconductor bismuth compounds»).

Дергачева М.Б.¹, Хусурова Г.М.¹, Пузикова Д.С.^{1,2*}, Леонтьева К.А.^{1,2}, Панченко П.В.¹

¹«Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, Катализ және Электрхимия Институты» АҚ, Алматы, Қазақстан;

²Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан.
E-mail: d.s.puzikova@mail.ru

ВИСМУТ ЙОДИД СУЛЬФИД ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШ ЖҰҚА ҚАБЫҚШАЛАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН ТҮНДЫРЫЛУЫ

Аннотация. Жартылай өткізгіш қосылыстар күн энергиясын электр энергиясына айналдыратын құрылғыларда маңызды рөл атқарады. Атап айтқанда, BiSI қоспасы жартылай өткізгіштік қасиеттері мен шағын диапазондағы тыйым салынған аймақ енімен (1,59 эВ) зерттеушілердің қызығушылығын тудырады. Висмут сульфид йодид - бұл фотоэлектрлік материал, ол күн спектрінің көп бөлігін көрінетін жарықтан жақын инфрақызыл толқын ұзындығына дейін қолдануға мүмкіндік береді.

Бұл мақалада фотоанод ретінде фотоэлектрхимиялық ұяшықтарда қолданылатын висмут сульфид йодид жартылай өткізгіш жұқа қабықшаларды химиялық түндыру әдісі қарастырылды. Химиялық түндыру процесінің ұзақтығы және поливинилпирролидон қоспасымен алынған қабықтардың морфологиясына, элементтік құрамына, қалыңдығына және фотоөткізгіштігіне әсері зерттелді. Висмут йодид сульфидінің 60 минут ішінде жиналып, біркелкі, жұқа қабықты бөлшектерінің мөлшері $1 \pm 0,2 \mu\text{m}$ болатынын көрсетті. Элементтік құрамы мен құрылымын зерттеудің нәтижесінде (СЭМ және РФА әдістері) BiSI фазасымен қатар $\text{Bi}_{19}\text{S}_{27}\text{I}_3$ қосындысының қосалқы фазасының болуын көрсетті, ол сонымен қатар шағын тыйым салынған аймақ енімен және жоғары фотосезімталдықпен сипатталды. Үлгілердің фотосезімталдығының артуына шағын тыйым салынған аймақ енімен екі жартылай өткізгіштердің осындай жүйені құруына ықпал етеді. Алынған BiSI пленкалардың

фотоэлектрохимиялық параметрлері 0,5 М Na₂SO₄ ерітіндісінде, модуляцияланған жарыктандыруда (толқын ұзындығы 465 нм) PEC әдісімен анықталды. Зерттеу нәтижелері висмут сульфид иодидінің n-типті өткізгіштік сипаттамасын растады. Тұрақты фото-жауаптың болуы n-BiSI-ді фотоэлектрохимиялық күн батареяларында балама жұқа қабықты материал ретінде әрі қарай қолдану мүмкіндігін көрсетті.

Түйінді сөздер: Фото электрохимиялық ұяшықтар, жұқа қабықшалар, висмут тиоидиді, висмут йодид сульфиді, күн энергиясының айналуы.

Дергачева М.Б.¹, Хусурова Г.М.¹, Пузикова Д.С.^{1,2*}, Леонтьева К.А.^{1,2}, Панченко П.В.¹

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

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

E-mail: d.s.puzikova@mail.ru

ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ТОНКИХ ПЛЕНОК СУЛЬФИД ИОДИД ВИСМУТА

Аннотация. Полупроводниковые соединения играют важнейшую роль в приборах, преобразующих солнечную энергию в электричество. В частности, соединение BiSI вызывает интерес исследователей благодаря превосходным полупроводниковым свойствам и узкой шириной запрещенной зоны (1,59 эВ). Сульфид иодид висмута относится к фотоэлектрическим материалам, которые могут использовать большую часть солнечного спектра, от видимого до ближнего инфракрасного диапазона длин волн.

В данной статье рассмотрен метод химического осаждения полупроводниковых тонких пленок сульфид иодид висмута для применения в фотоэлектрохимических ячейках в качестве фотоанода. Исследовано влияние продолжительности процесса химического осаждения и добавки поливинилпирролидона на морфологию поверхности, элементный состав, толщину и фотопроводимость полученных пленок. Показано, что однородные пленочные покрытия сульфида йодида висмута, осажденные в течение 60 минут, имеют размер частиц порядка $1 \pm 0,2$ мкм. Исследования элементного состава и структуры (методы СЭМ и РФА) показали наличие наряду с фазой BiSI вторичной фазы соединения Bi₁₉S₂₇I₃, которая также характеризуется малой шириной запрещенной зоны и высокой светочувствительностью. Создание такой системы из двух узкозонных полупроводников способствовало увеличению фоточувствительности образцов. Фотоэлектрохимические параметры осажденных пленок BiSI определяли методом PEC в 0,5М растворе Na₂SO₄ при модулированном освещении (длина волны 465 нм). Результаты исследований подтвердили характерную для сульфид иодид висмута проводимость n-типа. Наличие устойчивого фотоотклика указывает на возможность дальнейшего использования n-BiSI в качестве альтернативного тонкопленочного материала в фотоэлектрохимических солнечных элементах.

Ключевые слова: фотоэлектрохимические ячейки, тонкие пленки, тиоидид висмута, сульфид иодид висмута, преобразование солнечной энергии.

Information about authors:

Margarita Borisovna Dergacheva – Doctor of Chemical Science, professor, Academician of The Russian Academy of Natural Science, «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan; m_ergacheva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8490-1601>;

Gulinur Marsova Khusurova – Master of chemistry, «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan; gulinur_k@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8700-7472>;

Darya Sergeevna Puzikova – PhD-student, “D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry” JSC, Al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan, d.s.puzikova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5275-4769>;

Xeniya Aleksandrovna Leontyeva – PhD-student, «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Chemistry and Chemical Technology Almaty, Kazakhstan, leontyeva.xeniya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4740-1720>;

Polina Vyacheslavovna Panchenko – Master of engineering, «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan; p_p_97@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2002-1637>.

REFERENCES

- [1] Kozytskiy A.V. et al. (2017) Photoelectrochemical Solar Cells with Semiconductor Nanoparticles and Liquid Electrolytes: a Review, *Theor Exp Chem*, 53(3):145-179. DOI: 10.1007/s11237-017-9512-z (in Eng.).
- [2] Mikhailov L., Mikhailova S., Ismailova G., Lavrishev O., Nikulin V. (2019) Using solar energy by a smart window for the needs of urban residents, *Materials Today: Proceedings*, 25: 64–66. DOI: 10.1016/j.matpr.2019.11.106(in Eng.).
- [3] Decker F., Cattarin S. (2009) Photoelectrochemical Cells, Overview, *EncyclElectrochem Power Sources*, 1-9. DOI: 10.1016/B978-044452745-5.00035-6 (in Eng.).
- [4] Segev G. et al. (2018) The Spatial Collection Efficiency of Charge Carriers in Photovoltaic and Photoelectrochemical Cells, *Joule Elsevier Inc*, 2(2):210-224. DOI: 10.1016/j.joule.2017.12.007 (in Eng.).
- [5] Batenkov V.A. (2002) *Elektrokhimiya poluprovodnikov. Altayskiy gosudarstvennyy universitet, Barnaul.* (inrus).
- [6] Xiao J.R., Yang S., Feng F., Xue H., Guo S. (2017) A review of the structural chemistry and physical properties of metal chalcogenide halides, *Coord Chem Rev*, 347:23-47. DOI: 10.1016/j.ccr.2017.06.010 (in Eng.).
- [7] Devi N., Ray S.S. (2020) Performance of bismuth-based materials for supercapacitor applications: A review, *Mater Today Commun Elsevier Ltd*, 25:101691. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2020.101691 (in Eng.).
- [8] Frutos M.M., Pérez Barthaburu M.E., Fornaro L. (2017) BiSI Bismuth chalcogenide-based nanocomposite for application in ionising radiation, *Nanotechnology*, 31(22):1-8. DOI: 10.1088/1361-6528/ab7675 (in Eng.).
- [9] Shi H., Ming W., Du M.H. (2016) Bismuth chalcogenides and oxyhalides as optoelectronic materials, *Phys Rev B*, 93(10):1–7. DOI: 10.1103/PhysRevB.93.104108 (in Eng.).
- [10] Ran Z. et al. (2018) Bismuth and antimony-based oxyhalides and chalcogenides as potential optoelectronic materials, *NPJ Comput Mater Springer US*, 4(1). DOI: 10.1038/s41524-018-0071-1 (in Eng.).
- [11] Yan Y. et al. (2018) Fabrication of Bi₁₉S₂₇I₃ nanorod cluster films for enhanced photodetection performance, *Dalt Trans Royal Society of Chemistry*, 47(10):3408-3416. DOI: 10.1039/c7dt04906d (in Eng.).
- [12] Koc H. et al. (2017) Optical, electronic, and elastic properties of some A₅B₆C₇ ferroelectrics (A=Sb, Bi; B=S, Se; C=I, Br, Cl): First principle calculation, *Ferroelectrics Taylor Francis*, 511(1):22-34. DOI: 10.1080/00150193.2017.1332967 (in Eng.).
- [13] Hahn N.T., Self J.L., Mullins C.B. (2012) BiSI micro-rod thin films: Efficient solar absorber electrodes, *J Phys Chem Lett*, 3(11):1571-1576. DOI: 10.1021/jz300515p (in Eng.).
- [14] Hahn N.T. et al. (2012) N-BiSI thin films: Selenium doping and solar cell behavior, *J Phys Chem C.*, 116(47):24878-24886. DOI: 10.1021/jp3088397 (in Eng.).
- [15] Wang W., Wang S.Y., Liu M. (2005) Growth of rod-like crystal BiSI films by ultrasonic spray pyrolysis, *Mater Res Bull*, 40(10):1781-1786. DOI: 10.1016/j.materresbull.2005.05.010 (in Eng.).
- [16] Xiong J. et al. (2020) Solution Growth of BiSI Nanorod Arrays on a Tungsten Substrate for Solar Cell Application, *ACS Sustain Chem Eng*, 8(35):13488–13496. DOI: 10.1021/acssuschemeng.0c04532 (in Eng.).
- [17] Li S. et al. (2020) Bismuth chalcogenide iodides Bi₁₃S₁₈I₂ and BiSI: Solvothermal synthesis, photoelectric behavior, and photovoltaic performance, *J Mater Chem C*, 8(11):3821-3829. DOI: 10.1039/c9tc05139b (in Eng.).
- [18] Aguiar I. et al. (2016) Influence of solvothermal synthesis conditions in BiSI nanostructures for application in ionizing radiation detectors, *Mater Res Express IOP Publishing*, 3(2):025012. DOI: 10.1088/2053-1591/3/2/025012 (in Eng.).
- [19] Tiwari D. et al. (2019) Photovoltaic Performance of Phase-Pure Orthorhombic BiSI Thin-Films, *ACS Appl Energy Mater*, 2(5):3878–3885. DOI: 10.1021/acsaem.9b00544 (in Eng.).
- [20] Choi Y.C., Hwang E. (2019) Controlled growth of BiSi nanorod-based films through a two-step solution process for solar cell applications, *Nanomaterials*, 9(12). DOI: 10.3390/nano9121650 (in Eng.).
- [21] Kazyrevich M.E., Ivashenka D.Y., Bondarenko E.A., Streltsov E.A., Kulak A.I. Synthesis and photoelectrochemical properties of bismuth thioiodide (2018), *Proc. Natl. Acad. Sci. Belarus, Chem. Ser.* 54(4): 413–418. DOI:10.29235/1561-8331-2018-54-4-413-418 (in Eng.).
- [22] Zhao X. et al. (2019) Fe nanodot-decorated MoS₂ nanosheets on carbon cloth: An efficient and flexible electrode for ambient ammonia synthesis, *J Mater Chem A*, 7(48):27417-27422. DOI: 10.1039/c9ta09264a (in Eng.).
- [23] Aliev Z.S., Musayeva S.S., Jafarli F.Y., Amiraslanov I.R., Shevelkov A.V., Babanly M.B. (2014)

The phase equilibria in the Bi–S–I ternary system and thermodynamic properties of the BiSI and Bi₁₉S₂₇I₃ ternary compounds, *Journal of Alloys and Compounds*, 610:522–528. DOI: 10.1016/j.jallcom.2014.05.015 (in Eng.).

[24] Kulbachinskii V.A., Kytin V.G., Kudryashov A.A., Kuznetsov A.N., Shevelkov A.V. (2012) Composites of Bi_{2-x}Sb_xTe₃ nanocrystals and fullerene molecules for thermoelectricity, *J Solid State Chem*, 193:154-160. DOI:10.1016/j.jssc.2012.03.065 (in Eng.).

[25] Audzijonis A., Zaltauskas R., Sereika R., Zigas L., Reza A. (2010) Electronic structure and optical properties of BiSI crystal, *J Phys Chem Solids*, 71:884-891. DOI:10.1016/j.jpcs.2010.03.042 (in Eng.).

[26] Zhao Li, Qiwu Zhang, Lei Wu, Weijian Gu, Yanchu Liu. (2019) Mechanochemical synthesis of BiSI and Bi₁₉S₂₇I₃ semiconductor materials, *Advanced Powder Technology*, 30 (2):1985-1988. DOI: 10.1016/j.appt.2019.06.007 (in Eng.).

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

Кенжиханова 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., Ветохин 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 ТІРШЛІК 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., Қазанқаспаева 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 КОЭФИЦИЕНТТЕРІН 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
Нурмақанов Е.Е., Калимулдина Г.С., Кручинин Р.П. КИЛЕТІН ПДМС-ПП / НЕЙЛОН ЖІБІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ТЕКСТИЛЬ ТРИБОЭЛЕКТРИКАЛЫҚ НАНОГЕНЕРАТОРЫ.....	166
Нуртазина А.Е., Шокобаев Н.М. НИТРИЛОТРИМЕТИЛ 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 ELEKTAAXESSE 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.