

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

2021 • 4

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

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

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) Н = 4

Редакционная коллегия:

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

МАЛЬМ 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>

Zhilkashinova A.S.¹, Skakov M.K.², Gradoboyev A.V.³, Zhilkashinova A.I.M.¹

¹ Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan;

² National Nuclear Center, Kurchatov, Kazakhstan;

³ National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia.

E-mail: assel2462@mail.ru

MULTILAYER ION-PLASMA COATING CR-AL-CO-Y AND ITS PHASE COMPOSITION

Abstract. As is known, the search for new high-temperature coatings is associated first of all with the optimization of the chemical composition of new compositions with the development and mastering of new technological processes as well as with the use of newly created coatings [1]. The basic system of heat-resistant coatings is Me-Cr-Al, where Fe, Co, Ni, etc. can act as Me [2].

In this work technological modes of ion-plasma coating of the Co-Cr-Al-Y composition with a controlled concentration of constituent elements have been developed. As a result of using the technology of plasma spraying by means of a magnetron system with dual magnetrons, a method of applying multilayer coatings with a controlled concentration of Co-Cr-Al-Y has been developed. Due to the application of this method, dense coatings with a thickness of $2 \pm 0.2 \mu\text{m}$ are formed.

The main limiting factor was that cobalt, being a ferromagnet, closes the lines of the magnetic system of the magnetron transferring it to the diode mode of operation, which makes it impossible to use a disk cobalt target. To solve this problem a composite target was used.

Metal discs were inserted into the erosion zone of the aluminum disc (matrix), the amount (cobalt - 6 pcs, yttrium - 1 pc.) the diameter of which was chosen in proportion to the coefficient of sputtering of this element and its required concentration in the final coating. As a result of the partial closure of the magnetic lines of the magnetron, the discharge did not go into the diode mode, which made it possible to control the power density on the target and control the composition of the resulting final coating.

The research results show that the Co-Cr-Al-Y system forms dense coatings without a pronounced columnar structure typical for metal coatings. The thickness of all synthesized Co-Cr-Al-Y coatings is $2 \pm 0.2 \mu\text{m}$. According to the energy dispersive analysis data, the chromium concentration in the coating increases with an increase in the number of layers with a proportional decrease in the amount of cobalt which is associated with the effect of a type 2 layer with an increased chromium concentration.

The studies of the structural-phase state of the composite coating also made it possible to ascertain the formation of an amorphous Co/Al matrix with nanosized Cr and Y crystallites distributed in the thickness of the coating.

Key words: coating, structural-phase state, blades of gas-turbine engines, tribology, ion-plasma spraying.

Introduction. The overwhelming majority of heat-shielding coatings including those for gas turbine blades have a principle of operation based on the ability of the surface layer of such coatings to oxidize with the formation of a protective film based on aluminum oxide Al_2O_3 [3]. The chemical composition (and mainly the amount of aluminum) is the main factor that determines the performance and other protective properties of such coatings. Therefore in the bulk of work on the study of heat-shielding coatings the main attention is paid to establishing the relationship between the composition

of the coating and its protective properties. The relationship between the structure and properties of the coating is analyzed to a lesser extent.

However, all the accumulated experience in the development and operation of gas turbines shows that in addition to the chemical composition, one of the most important characteristics of the heat-resistant coating should be considered its structure. The structure of the coating determines not only its strength, plasticity, fracture toughness, fatigue resistance and other properties, but also heat resistance [4]. Obtaining an optimal structure is

an important condition for achieving the required properties of coatings [5].

Therefore, further development, industrial mastering and widespread use of new effective heat-resistant coatings and progressive fundamentally new technologies for their creation are undoubtedly associated with the need to conduct deep systematic structural studies of these coatings at all stages of their creation and operation, to identify general patterns of structure formation of both coating materials and the coating itself, the diffusion interaction of the coating with the protected heat-resistant alloy and with the protective oxide film, the processes of changes and degradation of the structure under the influence of a wide variety of external factors, determining the role and mechanisms of the influence of a specific alloying element or a complex of such elements on the formation of the structure and properties of the coating in the process of deposition and technological heat treatment on the dynamics of degradation of both structure and properties during operation [6].

The peculiarities of the coating composition chosen by the authors are due to the following factors: Cr - is intended to prevent high-temperature corrosion, but its use concerns only the effect of impact on the substrate and has an effect on the formation of a coating layer with the help of it; Al - mass content does not exceed 10–12%. Oxidation can be prevented by increasing the aluminum content, but this can also cause a decrease in the ductility of the coating; Y is able to significantly increase the adhesion of the oxide layer. It is also capable of forming rods connecting the oxide layer and the coating. But the main function of using yttrium is the ability to form compounds with sulfur, which prevent fission of the oxide layer; Co - significantly increases the resistance to natural oxidation, but also leads to a decrease in the melting temperature of the coating of the blades, and also contributes to an increase in the resistance of the blades to cyclic or isothermal oxidation [7]. This composition has a set of properties due to which this material is the best. It has one of the lowest among all ceramic materials coefficient of specific thermal conductivity at elevated temperatures (≥ 2 , W/(m·K) at 1000°C) due to a high concentration of point defects, as well as a relatively high temperature coefficient of linear expansion [8].

As is known, high values of the performance properties of various materials are achieved due to changes in a wide range of structural characteristics of materials: type, number and size of phases; density, nature and distribution of crystal structure defects and many other factors. Therefore it is necessary in our opinion to carry out a comprehensive study of

the structural-phase state (SEM, TEM, XRD), the results of which will allow obtaining complete data on the structural-phase state of the applied composite coatings.

The aim of this work is to develop optimal modes of plasma spraying of a multilayer coating of the Co-Cr-Al-Y composition by means of a magnetron system with dual magnetrons with a controlled concentration of constituent elements as well as to study the structural-phase state of the composite coating.

Methods and materials. The coating was carried out on an ion-plasma installation “National Research Tomsk Polytechnic University” [9], which is a vacuum chamber with two magnetron sputtering systems of an unbalanced type and an ion source with a closed electron drift. The vacuum chamber of the installation is a sealed volume with a diameter of 500 mm and a height of 300 mm, equipped with flanges of various diameters for connecting vacuum fittings, vacuum sensors and other necessary devices (Fig. 1).

The gas supply and regulation system is represented by Bronkhorst ELFLOW precision mass flow controllers with an adjustment accuracy of 0.01 ml/min. Temperature control of samples is carried out by means of chromel - alumel thermocouple (range of measured temperatures 200–1100 °C).

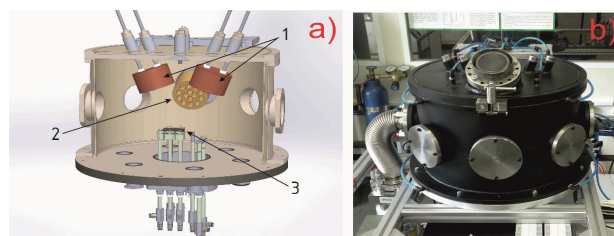


Figure 1 - Scheme (a) and external view (b) of the ion-plasma installation: 1 - magnetron sputtering systems; 2 - ion source with closed electron drift; 3 - substrate holder with heating function

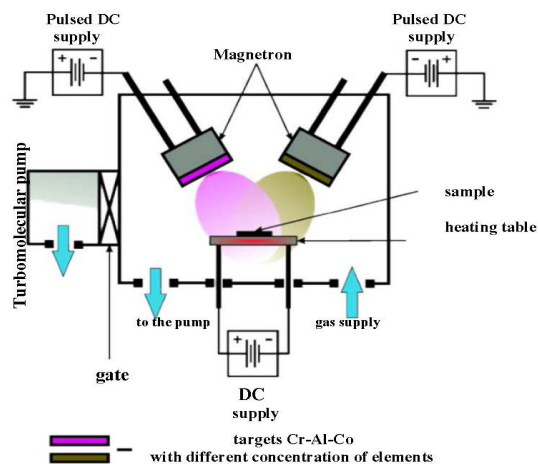


Figure 2 - Scheme of the experiment of coating deposition

When developing a method of coating the composition Co-Cr-Al-Y with a controlled concentration of constituent elements the main limiting factor was that cobalt, being a ferromagnet, closes the lines of the magnetic system of the magnetron, transferring it to the diode mode of operation, which makes it impossible to use a disk cobalt target.

To solve this problem a composite target was used. Metal discs were inserted into the erosion zone of the aluminum disc (matrix), the amount (cobalt - 6 pcs, yttrium - 1 pc.) the diameter of which was chosen in proportion to the coefficient of sputtering of this element and its required concentration in the final coating (Fig. 3). As a result of partial closure of the magnetic lines of the magnetron, the discharge did not go into the diode mode, which made it possible to control the power density on the target and control the composition of the resulting final coating (Fig. 4).

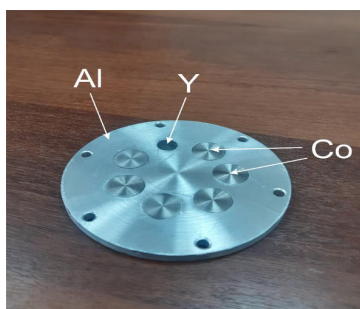


Figure 3 - Composite target Co, Y/Al matrix with targets Co/Al/Y and Cr

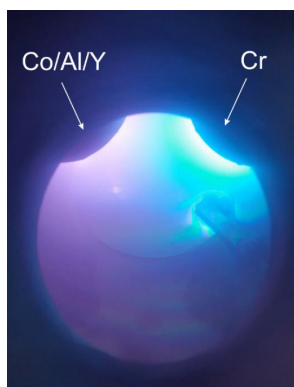


Figure 4 - Discharge plasma of dual magnetrons

To obtain multilayer Co-Cr-Al-Y coatings a magnetron system with dual magnetrons with a pulse frequency of 40 kHz and a duty cycle of 0.5 was used. A single-crystal silicon substrate was placed in the geometrical focus of magnetrons at a distance of 15 cm. Before deposition the substrate was cleaned with an Ar⁺ ion source with an accelerating voltage of 3.5 kV for 30 min. The concentration of constituent elements in the coating was controlled by the power supplied to the Co/Al/Y and Cr targets.

For spraying multilayer coatings with different concentrations of elements of the Co-Cr-Al-Y series, the following optimal parameters were selected:

Layer 1: Co/Al/Y magnetron current - 0.5 A, Co/Al/Y magnetron voltage - 450 V.

Cr magnetron current - 0.3 A, Cr magnetron voltage - 320 V.

Layer 2: Co/Al/Y magnetron current - 0.5 A, Co/Al/Y magnetron voltage - 450 V.

Cr magnetron current - 0.6 A, Cr magnetron voltage - 380 V.

The thickness of the layers was controlled by the deposition time. Coatings of 1, 2, 4, and 8 alternating layers were deposited onto a water-cooled substrate.

The study of the structure and composition of the coatings was carried out using FEI QUANTA 3D and JEOL JEM-2100F electron microscopes.

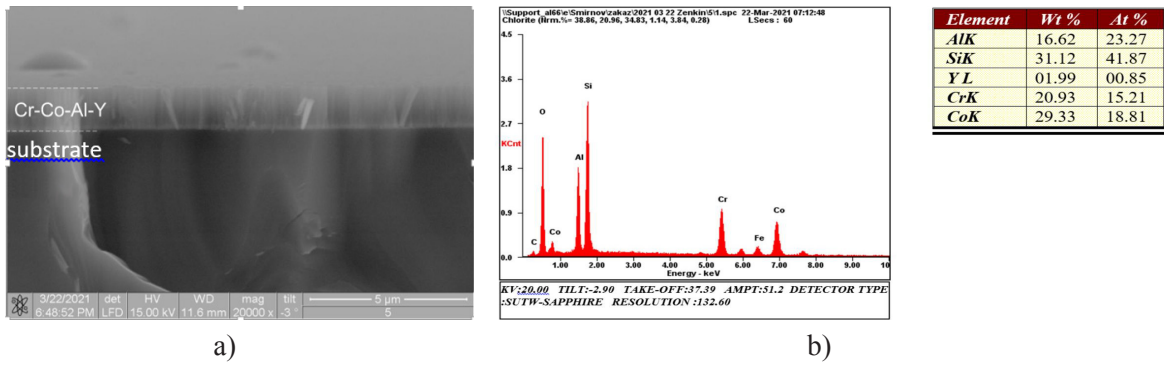
X-ray phase analysis was performed on a Shimadzu XRD 6000 device with a Cu anode K α ($\lambda = 0.154$ nm) by the sliding beam method (shooting angle 15°) in the range $2\theta = 20 \div 80^\circ$. In view of the low intensity of the peaks, the initial signal was approximated by Gaussian curves.

The structural-phase state and elemental composition were determined by scanning electron microscopy using a JSM-6390LV scanning electron microscope (JEOL, Japan) (EDX) INCA ENERGY (Oxford Instruments, UK). Accelerating voltage up to 30 kV; resolution up to 3 nm, instrument magnification up to x300,000. Samples were placed in a mold with a diameter of 30 mm, filled with epoxy filler, dried, then the resulting washer was ground and polished.

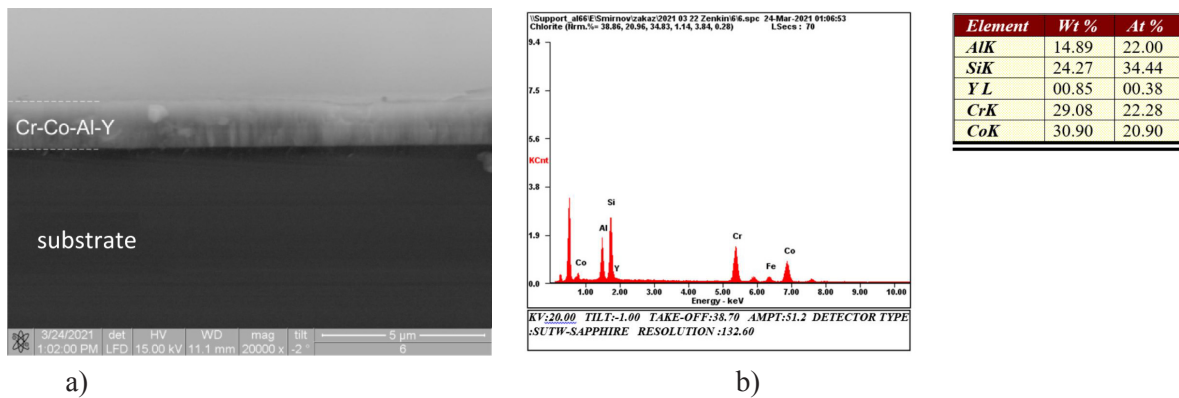
The number of layers, their thickness, uniformity of thickness along the length, coating defects of all kinds, the structure of the layer and transitional diffusion zones were investigated on a thin section made across the sample with a coating. We used the method of oblique cut with cut angle α . The observed layer thickness s turns out to be increased to s . The maximum increase is achieved at the minimum angles of inclination. In this case, the angle of the oblique cut was $\alpha = 2^\circ$. The measurement error of the layer thickness decreases with an improvement in surface quality, an increase in layer thickness and microscopic magnification

Results and discussion.

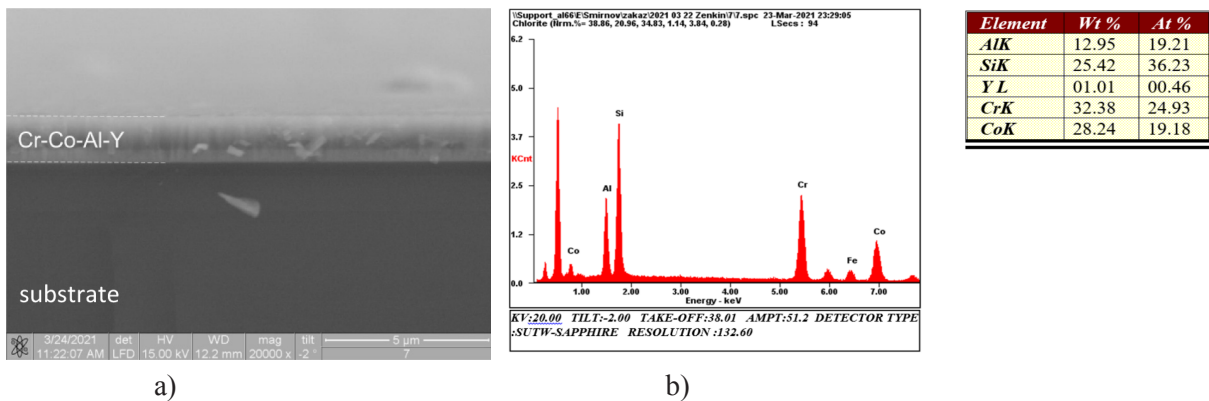
Scanning microscopy results. The study of the structure and composition of the coatings was carried out using electron microscopy. The results of the study of microscopy of the cross-section of the coatings and the corresponding energy dispersive spectra are shown in Figures 5-8.



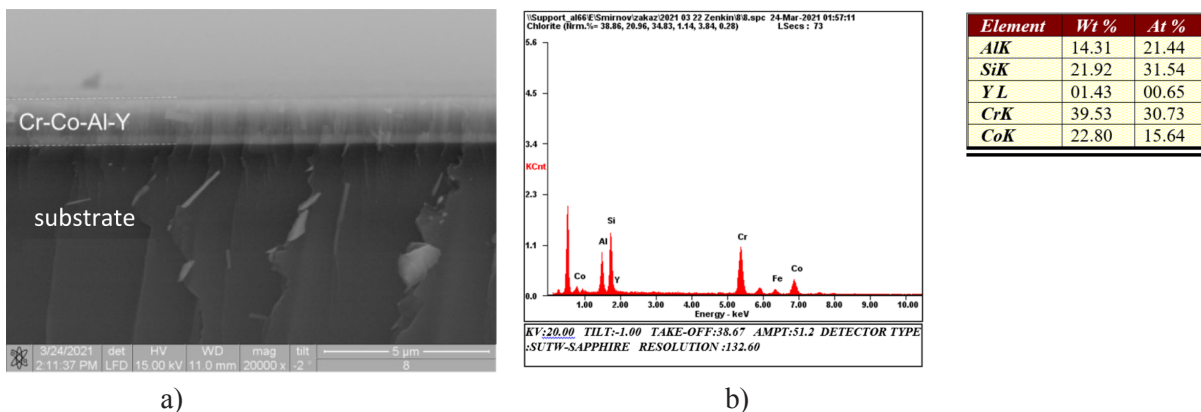
a) SEM microscopy of the cross-section of the coating (single layer coating);
 b) energy dispersive spectrum of the cross-section of the coating



a) SEM microscopy of the cross-section of the coating (two-layer coating);
 b) energy dispersive spectrum of the cross-section of the coating



a) SEM microscopy of the cross-section of the coating (four-layer coating);
 b) energy dispersive spectrum of the cross-section of the coating



a) SEM microscopy of the cross-section of the coating (eight-layer coating); b) energy dispersive spectrum of the cross-section of the coating

SEM measurements show that the Co-Cr-Al-Y system forms dense coatings without the pronounced columnar structure characteristic of metal coatings. The thickness of all synthesized Co-Cr-Al-Y coatings is $2 \pm 0.2 \mu\text{m}$. According to the energy dispersive analysis data, the chromium concentration in the coating increases with an increase in the number of layers with a proportional decrease in the amount of cobalt, which is associated with the effect of a type 2 layer with an increased chromium concentration. The detection of a large amount of silicon as a result of EDS measurements is associated with the peculiarity of the method and the detection of the signal from the substrate; therefore it may not be taken into account when measuring the mutual concentrations of the elements of the Co-Cr-Al-Y system. The presence of an oxygen peak in the EDS spectrum is due to its adsorption on the cut surface after being removed from the vacuum chamber. Due to the fact that the layers use the same group of elements, it is impossible to achieve a clear separation of layers by scanning microscopy.

Transmission microscopy results confirm SEM and EDS measurements. The transmission microscope images show clear layer boundaries for each type of multilayer coating. Elemental mapping by constituent elements showed that with a relatively uniform distribution of Al and Y in the thickness of the coating, the layers of enriched/depleted Co/Cr alternate in accordance with the parameters of magnetron sputtering.

A large amount of Y in the substrate during elemental mapping is associated with the superposition of the Y and Si spectra in the EDS spectrum. A distinctive feature of the synthesized layers is the almost complete absence of a crystal structure for all types of synthesized multilayer Co-Cr-Al-Y coatings, which is most likely associated with the amorphizing properties of cobalt and its tendency to form metallic glasses.

Transmission microscopy. Transmission microscopy results confirm SEM and EDS measurements. Figures 9-12 show transmission microscopy images and associated elemental mapping.

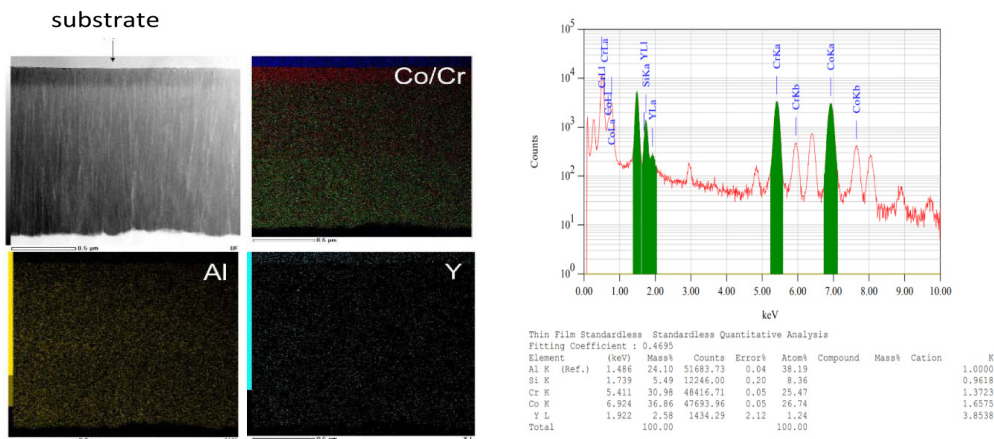


Figure 9 - TEM microscopy of the cross-section of the coating and its elemental mapping (single-layer coating)

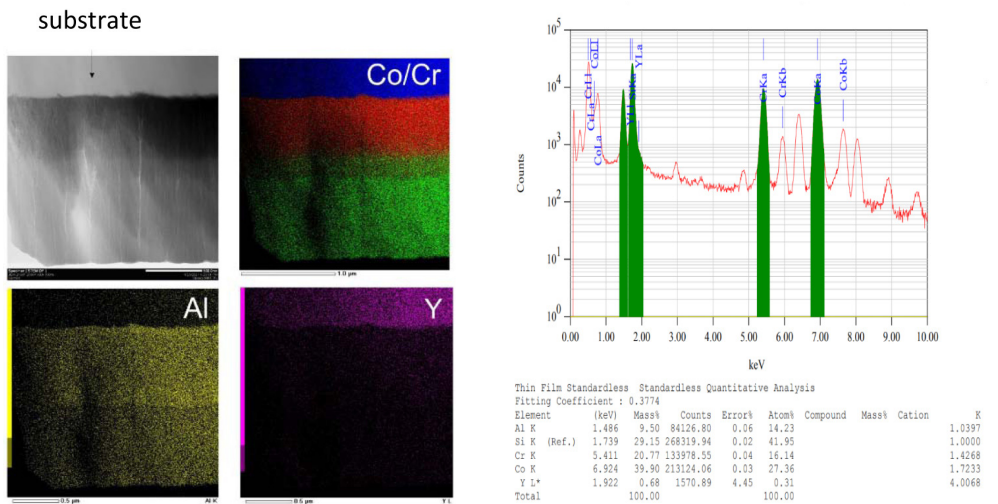


Figure 10 - TEM microscopy of the cross-section of the coating and its elemental mapping (two-layer coating)

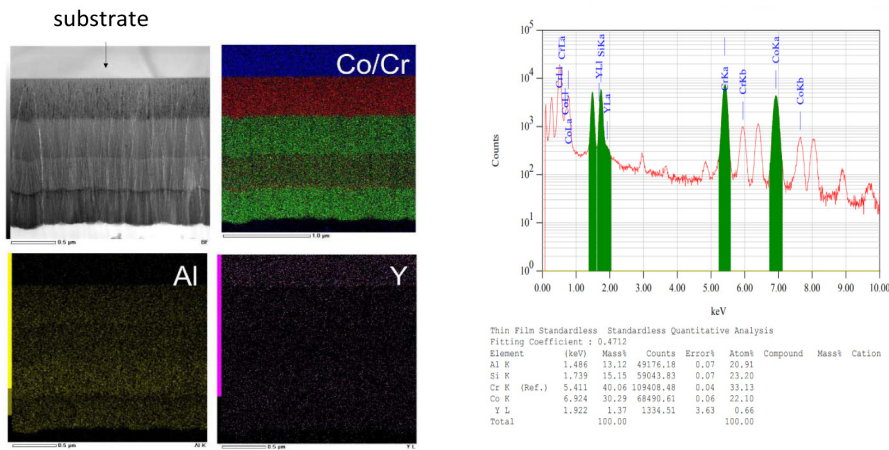


Figure 11 - TEM microscopy of the cross-section of the coating and its elemental mapping (four-layer coating)

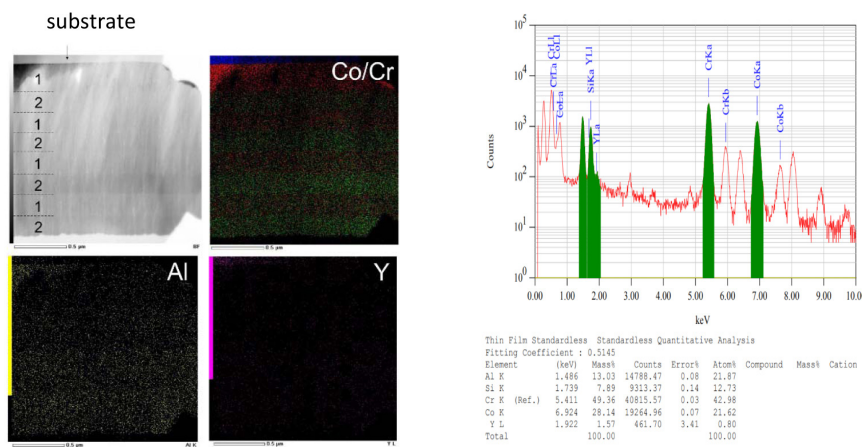


Figure 12 - TEM microscopy of the cross-section of the coating and its elemental mapping (eight-layer coating)

The transmission microscope images show clear layer boundaries for each type of multilayer coating. Elemental mapping by constituent elements showed that with a relatively uniform distribution of Al and Y in the coating thickness, the enriched/depleted Co/Cr layers alternate in accordance with the parameters of magnetron sputtering described in the first chapter. A large amount of Y in the substrate during elemental mapping is associated with the superposition of the Y and Si spectra in the EDS spectrum.

A distinctive feature of the synthesized layers is the almost complete absence of a crystal structure for all types of synthesized multilayer Co-Cr-Al-Y coatings which is most likely associated with the amorphizing properties of cobalt and its tendency to form metallic glasses.

X-ray phase analysis. For all synthesized Co-Cr-Al-Y coatings the main peaks can be distinguished: $2\theta \approx 30^\circ$ and 57° . The dominant Cr (110) peak at $2\theta \approx 43^\circ$ pronounced for multilayer coatings of 2-8 layers and much less intense for a single-layer coating. This correlates with the significantly lower concentration of Cr in the single layer coating as measured by EDS.

Fourth order peaks Y (411) and Y (444).

The absence of the Co and Al peaks is probably due to the fact that they form an X-ray amorphous layer which is confirmed by the results of transmission microscopy TEM. Summarizing the results of TEM and XRD, we can state the formation of an amorphous Co/Al matrix with nanosized Cr and Y crystallites distributed in the thickness of the coating. The formation of intermetallic compounds in the deposited Co-Cr-Al-Y system was not detected.

Conclusions. As a result of using the technology of plasma spraying by means of a magnetron system with dual magnetrons, a method of applying multilayer coatings with a controlled concentration of Co-Cr-Al-Y without a pronounced columnar structure and practically no crystal structure has been developed. Due to the application of this method, dense coatings with a thickness of $2 \pm 0.2 \mu\text{m}$ are formed.

Summarizing the results of TEM and XRD analyzes we can state the formation of an amorphous Co / Al matrix with Cr and Y nanocrystals distributed in the thickness of the coating.

The conducted studies of the structural-phase state of the composite coating in the future will make it possible to apply the obtained dependencies and evaluate the structural factors that give the maximum contribution to the operational properties of finished products as well as make it possible to give recommendations for improving surface engineering technologies.

Gratitude. The work was carried out within the framework of the project of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan No. 306/2020 (contract No. 113 dated June 01, 2020) «Creation of composite coatings to improve the operational properties of critical units of industrial equipment» (2020 - 2022).

Жилкашинова Ас.М.¹, Скаков М.К.², Жилкашинова Ал.М.¹, Градобоев А.В.³

¹Сәрсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан; ²Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығы, Курчатов, Қазақстан;

³Ұлттық зерттеу Томск политехникалық университеті, Томск, Ресей.

E-mail: assse12462@mail.ru

КӨП ҚАТТЫ ИОНДЫҚ-ПЛАЗМАЛЫҚ ҚАБЫЛДАУ СО-AL-CO-Y ЖӘНЕ ОНЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫ

Аннотация. Ыстыққа төзімді жаңа жабындарды іздеу, ең алдымен, жаңа технологиялық процестерді әзірлеу және игеру арқылы жаңа қосылыстардың химиялық құрамын оңтайландырумен, сондай-ақ жаңадан жасалған жабындарды қолданумен байланысты [1]. Ыстыққа төзімді жабындардың негізгі жүйесі – Me-Cr-Al, мұнда Fe, Co, Ni және т.б. Me ретінде әрекет ете алады [2].

Бұл жұмыста құрамдас элементтердің бақыланатын концентрациясымен Со-Сг-Al-Y құрамынан ионды-плазмалық жабынды жағудың технологиялық режимдері әзірленді. Қос магнетронды магнетронды жүйенің көмегімен плазмалық бүрку технологиясын қолдану нәтижесінде Со-Сг-Al-y бақыланатын концентрациясы бар көп қабатты жабындарды қолдану әдісі жасалды, осы әдісті қолдану арқасында қалыңдығы $2 \pm 0,2$ мкм тығыз жабындар пайда болады.

Негізгі шектеу факторы кобальт ферромагнетик бола отырып, магнетронның магниттік жүйесінің сызықтарын жауып, оны диодтың жұмыс режиміне қояды. Бұл диск кобальт нысанын қолдануға мүмкіндік бермейді. Мәселені шешу үшін құрама нысана қолданылды.

Алюминий дискісінің эрозия аймағына (матрица) металл дискілер енгізілді, олардың саны (кобальт 6 дана және иттрий 1 дана) және диаметрі осы элементтің бүрку коэффициентіне және оның соңғы жабындыдағы қажетті концентрациясына пропорционал таңдалды. Магнетронның магниттік сызықтарының ішінара тұйықталуы нәтижесінде разряд диод режиміне өтпеді, бұл нысандардағы қуат тығыздығын реттеуге және алынған соңғы жабынның құрамын басқаруға мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері бойынша СО-Сг-Al-Y жүйесі Металл жабындарға тән айқын бағаналы құрылымсыз тығыз жабындарды құрайды. Барлық синтезделген Со-Сг-Al-Y жабындарының қалыңдығы $2 \pm 0,2$ мкм құрайды. Энергия дисперсиясын талдауға сәйкес, жабындыдағы хром концентрациясы қабаттар санының ұлғаюымен, кобальт мөлшерінің пропорционалды төмендеуімен артады, бұл хром концентрациясының жоғарылауымен 2 типті қабаттың әсерімен байланысты.

Композициялық жабынның құрылымдық-фазалық күйін зерттеу сонымен қатар наноөлшемді CR және Y кристаллиттерінің жабын қалыңдығына таралған Со/Al аморфты матрицасының қалыптасуын анықтауға мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: жабын, құрылымдық-фазалық күй, газтурбиналық қозғалтқыштардың қалақтары, трибология, ион-плазмалық бүрку.

Жилкашинова Ас.М.¹, Скаков М.К.², Жилкашинова Ал.М.¹, Градобоев А.В.³

¹ НАО «Восточно-Казахстанский университет им. С.Аманжолова» Усть-Каменогорск, Казахстан;

² РГП на ПХВ «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», Курчатов, Казахстан;

³ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия.

E-mail: assse12462@mail.ru

МНОГОСЛОЙНОЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЕ ПОКРЫТИЕ Co-Cr-Al-Y И ЕГО ФАЗОВЫЙ СОСТАВ

Аннотация. Как известно, поиск новых жаропрочных покрытий связан, прежде всего, с оптимизацией химического состава новых составов с разработкой и освоением новых технологических процессов, а также с использованием вновь созданных покрытий [1]. Основная система термостойких покрытий - Me-Cr-Al, где в качестве Me могут выступать Fe, Co, Ni и др. [2].

В данной работе разработаны технологические режимы ионно-плазменного нанесения покрытия из состава Co-Cr-Al-Y с контролируемой концентрацией составляющих элементов. В результате использования технологии плазменного напыления с помощью магнетронной системы с двойными магнетронами был разработан метод нанесения многослойных покрытий с контролируемой концентрацией Co-Cr-Al-Y. Благодаря применению этого метода, образуются плотные покрытия толщиной $2 \pm 0,2$ мкм.

Основным лимитирующим фактором было то, что кобальт, являясь ферромагнетиком, замыкает линии магнитной системы магнетрона, переводя его в диодный режим работы, что делает невозможным использование дисковой кобальтовой мишени. Для решения этой проблемы использовалась составная мишень.

В зону эрозии алюминиевого диска (матрица) вставлялись диски металлов, количество (кобальт 6 шт и иттрий 1 шт) и диаметр которых выбирался пропорционально коэффициенту распыления данного элемента и требуемой концентрации его в итоговом покрытии. В результате частичного замыкания магнитных линий магнетрона разряд не переходил в диодный режим, что позволяло регулировать плотность мощности на мишени и управлять составом получаемого итогового покрытия.

По результатам исследований видно, что система Co-Cr-Al-Y формирует плотные покрытия без ярко выраженной столбчатой структуры, характерной для металлических покрытий. Толщина всех синтезированных Co-Cr-Al-Y покрытий равна $2 \pm 0,2$ мкм. Согласно данным энергодисперсионного анализа, концентрация хрома в покрытии растет с увеличением количества слоев, с пропорциональным уменьшением количества кобальта, что связано с влиянием слоя типа 2 с увеличенной концентрацией хрома.

Проведенные исследования структурно-фазового состояния композиционного покрытия позволили также констатировать формирование аморфной матрицы Co/Al с распределенными в толще покрытия наноразмерных кристаллитов Cr и Y.

Ключевые слова: покрытие, структурно-фазовое состояние, лопатки газо-турбинных двигателей, трибология, ионно-плазменное напыление.

Information about authors:

Zhilkashinova Assel – doctoral student 3 years of study; Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; <https://orcid.org/0000-0002-3670-8444>;

Skakov Mazhin – *Doctor of physical and mathematical sciences*, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan; National Nuclear Center, Kurchatov, Kazakhstan; skakovmk@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6836-1214>;

Zhilkashinova Almira – candidate of physical and mathematical sciences; Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; almira_1981@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0948-2280>;

Gradoboyev Aleksandr – Doctor of Technical Sciences, Professor; National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia; gradoboev1@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6069-1515>.

REFERENCES

[1] Kablov E.N. (2015). Innovative developments of FSUE “VIAM” SSC RF for the implementation of “Strategic directions for the development of materials and technologies for their processing for the period up to 2030”. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33 (in Eng.).

[2] Bhushan B. (2013) Principles and Applications of Tribology, 980 p. DOI: 10.1002/9781118403020 (in Eng.).

[3] L. Wang, X.H. Zhong, Y.X. Zhao, S.Y. Tao, W. Zhang, Y. Wang, X.G. (2014) Design and optimization of coating structure for the thermal barrier coatings fabricated by atmospheric plasma spraying via finite element method // SuneJournal of Asian Ceramic Societies, p.102-116.

[4] Popov V.V., Pisarev A.A. (2016) Materials and processes for obtaining heat-shielding coatings. Monograph. ISBN:978-5-7262-2181-6.

[5] Vinoth Kumar A., Vijay Anand M., Jerish Duthie J., Archana S. (2011) Analyzing and establishing the protective coating for low pressure turbine blades of Adour MK811 engine, Project Report, Bachelor of Engineering, Department of Aeronautical Engineering, Kumaraguru College of Technology, Coimbatore-49, India.

[6] Wei P. (2014) New class of refractory ceramics for thermal barrier coatings. Engineering Conferences International. Thermal Barrier Coatings IV.

[7] Budinovskiy S.A., Muboyadzhan S.A., Gayamov A.M. (2008) Current state and main trends in the development of high-temperature heat-shielding coatings for rotor blades of turbines of aircraft gas-turbine engines [Sovremennoe sostojanie i osnovnye tendencii razvitija vysokotemperaturnyh teplozashhitnyh pokrytij dlja rabochih lopatok turbin aviacionnyh GTD] // Aviation Industry. No. 4. P. 33-37 (In Rus.).

[8] Feuerstein A., Knapp J., Taylor T., Ashary A., Bolcavage A., Hitchman N. (2008) Technical and Economical Aspects of Current Thermal Barrier Coating Systems for Gas Turbine Engines by Thermal Spray and EBPVD: A Review // Journal of Thermal Spray Technology Volume 17(2) P.199 (In Eng.).

http://web.tpu.ru/webcenter/portal/npliept/about?_adf.ctrl-state=10cpjrd9i_38&leftWidth%3D0%25%26showFooter%3Dfalse%26rightWidth%3D25%25%26showHeader%3Dfalse%26centerWidth%3D75%25

МАЗМҰНЫ

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Асқарова А.А., Альпеисов Е.А., Баржаксина Б.А., Асқаров А. ДӘНДІ ЖЕЛДЕТУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ МҰМКІНДІКТЕРІН НЕГІЗДЕУ.....	5
Асембаева Э.К., Сейдахметова З.Ж., Токтамысова А.Б. ПРЕБИОТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ БАР КӨМІРСУЛАР КОМПОЗИЦИЯСЫН ҚОЛДАНУДЫ НЕГІЗДЕУ.....	13
Әбдірешов С.Н., Шыныбекова Ш.С., Бөрібай Э.С., Рахметулла Н.А., Сералиева С.Э. ЖАНУАРЛАРДА ҰЙҚЫ БЕЗІ ҚЫЗМЕТІНІҢ БҰЗЫЛУЫ КЕЗІНДЕГІ ҚАН АҒЫСЫНДАҒЫ ӨЗГЕРІСТЕР.....	21
Баймұқанов А., Алибаев Н.Н., Есембекова З.Т., Тулеубаев Ж., Мамырова Л.К. ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНДА ТҮЙЕЛЕР ПАЙДАЛАНАТЫН АЗЫҚТАРДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ МЕН ҚОРЕКТІЛІГІ.....	31
Борулько В.Г., Иванов Ю.Г., Позниовкин Д.А., Шлычкова Н.А., Костамахин Н.М. ЖЫЛЫ МЕЗГІЛДЕ СИЫРҚОРАДАҒЫ ЖЫЛУАЛМАСУ ПРОЦЕССТЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛДЕУ.....	37
Жұматаева У.Т., Дүйсембеков Б.А., Кидирбаева Х.К., Абсагтар Г.А. GALLERIA MILLONELLA L. ДЕРНӘСІЛДЕРІНЕ ҚАТЫСТЫ BEAUVERIA BASSIANA ЭНТОМОПАТОГЕНДІ САҢЫРАУҚҰЛАҚТАРЫ ІРІКТЕЛІП АЛЫНҒАН ШТАММДАРЫНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ.....	43
Жұрынов Ғ.М., Абдикеримова Г.И., Турлыбекова А.А., Сарқұлова Н.К., Абдрахманова М.Б. ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЕТ ХАБЫ ҮШІН ПАНДЕМИЯНЫҢ ЭКОНОМИКАЛЫҚ САЛДАРЫ.....	50
Қозыкеева Ә.Т., Мұстафаев Ж.С., Тастемірова Б.Е. ТОБЫЛ ӨЗЕНІНІҢ СУЖИНАУ АЛАБЫНЫҢ СУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУІН БАҒАЛАУДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	57
Кузьмина Н.Н., Петров О.Ю., Глотова И.А., Әубәкіров Х.А., Баймұқанов Д.А. ДИГИДРОКВЕРЦЕТИННІҢ CROSSACOVV-500 БРОЙЛЕР ТАУЫҚТАРЫНЫҢ ЕТ ӨНІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ.....	64
Насиев Б.Н., Тулегенова Д.К., Бекқалиев А.К., Жанаталапов Н.Ж. ЖАРТЫЛАЙ ШӨЛЕЙТ АЙМАҚТЫҢ ТАБИҒИ АЛҚАПТАРЫНДАҒЫ ДИГРЕССИЯ ҮРДІСТЕРІ.....	71
Сапаков А.З., Сапакова С.З., Өсер Д.Е. ОЗОНДАЛҒАНАУАНЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ГИДРОПОНИКАЛЫҚ ЖАСЫЛ ЖЕМ ӨНДІРУ ПРОЦЕСІН ЖАНДАНДЫРУ.....	80
Такибаева А.Т., Касенов Р.З., Демец О.В., Жумадилов С.С., Бакибаева А.А. (BETULAKIRGHISORUM) ҚЫРҒЫЗ ҚАЙЫҒЫНЫҢ ҚАБЫҒЫНАН СІЛТІЛІК ГИДРОЛИЗ ЖӘНЕ МИКРОТОЛҚЫНДЫ СӘУЛЕЛЕНДІРУ ӘДІСТЕРІМЕН БЕТУЛИНДІ БӨЛІП АЛУ.....	87
Турметова Г.Ж., Тойжигитова Б.Б., Смағұлова Д.Ә., Мендигалиева А.С. ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНДА ӨСІРІЛЕТІН ҚАУЫННЫҢ СҰРЫПТЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	93

Урозалиев Р.А., Есімбекова М.А., Алимгазина Б.Ш., Мукин К.Б. ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ АСТЫҚ DAҚЫЛДАРЫНЫҢ (БИДАЙДЫҢ) ГЕНЕТИКАЛЫҚ РЕСУРСТАРЫН ДАМУЫ СТРАТЕГИЯСЫ.....	101
--	-----

ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ

БаговаЗ., Жантасов Қ., Гүлжан Б., Захиевна Г., Сапарғалиева Б. ТЕХНОГЕНДІК ҚOЖ ҚАЛДЫҚТАРЫ ТҮРІНДЕГІ ҚАЙТАЛАМА РЕСУРСТАРДЫ ҰТЫМДЫ ПАЙДАЛАНУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	110
--	-----

Джумадилов Т.К., Тотхусқызы Б., Аскар Т., Гражулявичюс Ю.В. СКАНДИЙ МЕН ЛАНТАН СУЛЬФАТЫ ЕРІТІНДІСІНДЕГІ БЕЛСЕНДІРІЛГЕН ПОЛИАКРИЛ ҚЫШҚЫЛЫ МЕН ПОЛИЭТИЛЕНИМИННИҢ ГИДРОГЕЛЬДЕРІНІҢ ҚАШЫҚТЫҚТАН ӘРЕКЕТТЕСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	116
---	-----

Құдайберген А.А., Нурлыбекова А.К., Дюсебаева М.А., Юнь Цзян Фэн, Жеңіс Ж. ARTEMISIATERRAE-ALBAE ФИТОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	122
--	-----

Мырзабеков Б.Э., Маханбетов А.Б., Гаипов Т.Э., Баешов А., Абдувалиева У.А. КОМПОЗИТТИ МАРГАНЕЦ ДИОКСИДИ-ГРАФИТ ЭЛЕКТРОДЫН ЖАСАУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІН ЗЕРТТЕУ.....	129
--	-----

Ысқақ Л.К., Жамбылбай Н.Ж., Мырзахметова Н.О. AMBERLITE IR-120 ЖӘНЕ АВ-17-8 ӨНЕРКӘСПТІК ИОН АЛМАСУ ШАЙЫРЛАРЫ НЕГІЗІНДЕ ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК ЖҮЙЕМЕН ЛАНТАН ИОНДАРЫНЫҢ СІҢІРІЛУІ.....	137
--	-----

Хусаин Б.Х., Бродский А.Р., Сасс А.С., Яскевич В.И., Рахметова К.С. ӨНЕРКӘСПТІК КӘСІПОРЫНДАР МЕН АВТОКӨЛІКТІҢ ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ГАЗДАРЫНЫҢ УЫТТЫ КОМПОНЕНТТЕРІНІҢ КАТАЛИЗДІК БЕЙТАРАПТАНДЫРҒЫШТАРЫНЫҢ УЛАНУЫН ЖӘНЕ РЕГЕНЕРАЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ.....	143
--	-----

ФИЗИКА ҒЫЛЫМДАРЫ

Акназаров С.Х., Мутушев А.Ж., Пономарева Е.А., Байрақова О.С., Головченко О.Ю. БОР АНГИДРИДІН АЛЮМИНИЙМЕН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ ПРОЦЕСІНІҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕРІ.....	150
--	-----

Жилкашинова Ас.М., Скаков М.К., Жилкашинова Ал.М., Градобоев А.В. КӨП ҚАТТЫ ИОНДЫҚ-ПЛАЗМАЛЫҚ ҚАБЫЛДАУ CR-AL-SO-Y ЖӘНЕ ОНЫҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫ.....	158
---	-----

Сағындықова Г.Е., Қазбекова С.Ж., Абденова Г.А., Ермакова Ж.К., Елстс Э. TL ⁺ ИОНДАРЫМЕН АКТИВТЕНДІРІЛГЕН LiKSO ₄ КРИСТАЛЫНЫҢ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯСЫ.....	167
---	-----

СОДЕРЖАНИЕ

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Аскарова А.А., Альпенсов Е.А., Баржаксина Б.А., Аскарров А. ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ЗЕРНА В НАСЫПИ.....	5
Асембаева Э.К., Сейдахметова З.Ж., Токтамысова А.Б. ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УГЛЕВОДНОЙ КОМПОЗИЦИИ С ПРЕБИОТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ.....	3
Абдрешов С.Н., Шыныбекова Ш.С., Борибай Э.С., Рахметулла Н.А., Сералиева С.Э. ИЗМЕНЕНИЯ В КРОВОТОКЕ ПРИ НАРУШЕНИИ ФУНКЦИИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ЖИВОТНЫХ.....	21
Баймуканов А., Алибаев Н.Н., Есембекова З.Т., Тулеубаев Ж., Мамырова Л.К. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПИТАТЕЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ВЕРБЛЮДАМИ КОРМОВ В ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	31
Боркулько В.Г., Иванов Ю.Г., Позизовкин Д.А., Шлычкова Н.А., Костамахин Н.М. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА В КОРОВНИКЕ ДЛЯ ТЕПЛОГО ПЕРИОДА.....	37
Жуматаева У.Т., Дуйсембеков Б.А., Кидирбаева Х.К., Абсаттар Г.А. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ОТОБРАННЫХ ШТАММОВ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ <i>BEAUVERIA BASSIANA</i> В ОТНОШЕНИИ ЛИЧИНОК <i>GALLERIA MILLONELLA</i> L.....	43
Журинов Г.М., Абдикеримова Г.И., Турлыбекова А.А., Саркулова Н.К., Абдрахманова М.Б. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПАНДЕМИИ ДЛЯ МЯСНОГО ХАБА В КАЗАХСТАНЕ.....	50
Козыкеева А.Т., Мустафаев Ж.С., Тастемирова Б.Е. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ ВОДОСБОРА БАССЕЙНА РЕКИ ТОБЫЛ57	
Кузьмина Н.Н., Петров О.Ю., Глотова И.А., Аубакиров Х.А., Баймуканов Д.А. ВЛИЯНИЕ ДИГИДРОКВЕРЦЕТИНА НА МЯСНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ КРОССА КОББ-500.....	64
Насиев Б.Н., Тулегенова Д.К., Беккалиев А.К., Жанаталапов Н.Ж. ПРОЦЕССЫ ДИГРЕССИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ УГОДИЙ ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЫ.....	71
Сапаков А.З., Сапакова С.З., Айнабекова Т. Б., Өсер Д.Е. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ГИДРОПОННОГО ЗЕЛЕННОГО КОРМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЗОНИРОВАННОГО ВОЗДУХА.....	80
Такибаева А.Т., Касенов Р.З., Демец О.В., Жумадилов С.С., Бакибаев А.А. ВЫДЕЛЕНИЕ БЕТУЛИНА ИЗ БЕРЕСТЫ БЕРЕЗЫ КИРГИЗСКОЙ (<i>BETULAKIRGHISORUM</i>) МЕТОДАМИ ЩЕЛОЧНОГО ГИДРОЛИЗА И МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	87
Турметова Г.Ж., Тойжигитова Б.Б., Смағұлова Д.Ә., Мендигалиева А.С. СОРТОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДЫНИ, ВЫРАЩИВАЕМОЙ В ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	93
Урозалиев Р.А., Есимбекова М.А., Алимгазинова Б.Ш., Мукин К.Б. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР (ПШЕНИЦА) РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	101

ХИМИЧЕСКАЯ НАУКА

БаговаЗ., Жантасов К., Бектуреева Г., Захиевна Г., Сапаргалиева Б.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ
В ВИДЕ ТЕХНОГЕННЫХ ШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ.....110

Джумадилов Т.К., Тотхускызы Б., Аскар Т., Гражулявичюс Ю.В.
ОСОБЕННОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АКТИВИРОВАННЫХ
ГИДРОГЕЛЕЙ ПОЛИАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ПОЛИЭТИЛЕНИМИНА В РАСТВОРАХ
СУЛЬФАТА СКАНДИЯ И ЛАНТАНА.....116

Кудайберген А.А., Нурлыбекова А.К., Дюсебаева М.А., Юнь Цзян Фэн, Женис Ж.
ФИТОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ *ARTEMISIATERRAE-ALBAE*.....122

Мырзабеков Б. Э., Гаипов Т.Э., Маханбетов А.Б., Башов А., Абдувалиева У.А.
РАЗРАБОТКА КОМПОЗИТНОГО ЭЛЕКТРОДА ДИОКСИДА МАРГАНЦА-ГРАФИТА
И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ.....129

Ысқақ Л.К., Жамбылбай Н.Ж., Мырзахметова Н.О.
СОРБЦИЯ ИОНОВ ЛАНТАНА ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ НА ОСНОВЕ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ AMBERLITE IR-120 И АВ-17-8.....137

Хусаин Б.Х., Бродский А.Р., Сасс А.С., Яскевич В.И., Рахметова К.С.
ИССЛЕДОВАНИЕ ОТРАВЛЕНИЯ И РЕГЕНЕРАЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ
НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И АВТОТРАНСПОРТА.....143

ФИЗИЧЕСКАЯ НАУКА

Акназаров С.Х., Мутушев А.Ж., Пономарева Е.А., Байракова О.С., Головченко О.Ю.
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОРНОГО
АНГИДРИДА АЛЮМИНИЕМ.....150

Жилкашинова Ас.М., Скаков М.К., Жилкашинова Ал.М., Градобоев А.В.
МНОГОСЛОЙНОЕ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЕ ПОКРЫТИЕ CR-AL-CO-Y И ЕГО ФАЗОВЫЙ
СОСТАВ.....158

Сагындыкова Г.Е., Казбекова С.Ж., Абденова Г.А., Ермекова Ж.К., Елстс Э.
ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ $LiKSO_4$, АКТИВИРОВАННЫХ ИОНАМИ Tl^+167

CONTENTS

BIOTECHNOLOGY

Askarova A., Alpeissov Y., Barzhaksina B., Askarov A. SUBSTANTIATION OF THE POSSIBILITY OF INCREASING THE EFFICIENCY OF DRYING OF GRAIN BY METHOD OF ACTIVE VENTILATION.....	5
Assembayeva E.K., Seidakhmetova Z.Zh., Toktamyssova A.B. RATIONALE FOR APPLICATION OF CARBOHYDRATE COMPOSITION WITH PREBIOTIC PROPERTIES.....	13
Abdreshov S.N., Snynybekova Sh.S., Boribai E.S., Rachmetulla N.A., Seralieva S.E. CHANGES IN BLOOD FLOW DURING PANCREATIC DYSFUNCTION IN ANIMALS.....	21
Baimukanov A., Alibayev N.N., Yessembekova Z.T., Tuleubayev Zh., Mamyrova L.K. CHEMICAL COMPOSITION AND NUTRITIONAL VALUE OF CAMEL FEED IN TURKESTAN REGION.....	31
Borulko V.G., Ivanov Yu.G., Ponizovkin D.A., Shlychkova N.A., Kostomakhin N.M. MATHEMATICAL MODELING OF HEAT EXCHANGE PROCESSES IN A COWSHED FOR THE WARM PERIOD.....	37
Zhumatayeva U.T., Duisembekov B.A., Kidirbaeva Kh.K., Absattar G.A. BIOLOGICAL ACTIVITY OF SELECTED STRAINS OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI BEAVERIA BASSIANA AGAINST LARVAE OF GALLERIA MILLONELLA L.....	43
Zhurynov G.M., Adbikerimova G.I., Turlybekova A.A., Sarkulova N.K., Abdrakhmanova M.B. ECONOMIC IMPACT OF THE PANDEMIC ON THE MEAT HUB IN KAZAKHSTAN.....	50
Kozykeyeva A.T., Mustafaev Zh.S., Tastemirova B.E. CURRENT STATE AND PROBLEMS OF ASSESSMENT OF WATER SUPPLY IN THE TOBOL RIVER BASIN.....	57
Kuzmina N.N., Petrov O.Yu., Glotova I.A., Aubakirov Kh.A., Baimukanov D.A. IMPACT OF DIHYDROQUERTETIN ON MEAT PRODUCTIVITY OF THE COBB-500 BROILER CHICKEN.....	64
Nasiyev B.N., Tulegenova D.K., Bekkaliyev A.K., Zhanatalapov N.Zh. DIGRESSION PROCESSES OF NATURAL LANDS OF THE SEMI-DESERT ZONE.....	71
Sapakov A.Z., Sapakova S.Z., Oser D.E. INTENSIFICATION OF THE PRODUCTION PROCESS OF HYDROPONE GREEN FEED USING OZONIZED AIR.....	80
Takibayeva A.T., Kassenov R.Z., Demets O.V., Zhumadilov S.S., Bakibayev A.A. DERIVE BETULIN FROM KYRGYZ BIRCH BARK (BETULA KIRGHISORUM) THROUGH ALKALINE HYDROLYSIS AND MICROWAVE RADIATION METHODS.....	87
Turmetova G.Zh., Toyzhigitova B.B., Smagulova D.A., Mendigaliyeva F.S. VARIETAL CHARACTERISTICS OF MELON GROWN IN THE TURKESTAN REGION.....	93
Urozaliev R.A., Yessimbekova M.A., Alimgazinova B.Sh., Mukin K.B. STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF KAZAKHSTAN CEREALS GENETIC RESOURCES (WHEAT).....	101

CHEMICAL SCIENCES

Bagova Z., Zhantasov K., Bekturreeva G., Turebekova G., Sapargaliyeva B.
 PROSPECTS FOR THE RATIONAL USE OF SECONDARY RESOURCES IN THE FORM
 OF TECHNOGENIC SLAG WASTES.....110

Jumadilov T.K., Totkhuskyzy B., Askar T., Grazulevicius J.V.
 FEATURES OF REMOTE INTERACTION OF ACTIVATED HYDROGELS OF POLYACRYLIC
 ACID AND POLYETHYLENIMINE IN SCANDIUM AND LANTHANUM SULPHATE
 SOLUTIONS.....116

Kudaibergen A.A., Nurlybekova A.K., Dyusebaeva M.A., Yun Jiang Feng, Jenis J.
 PHYTOCHEMICAL STUDY OF *ARTEMISIA TERRAE-ALBAE*.....122

Myrzabekov B.E., Makhanbetov A.B., Gaipov T.E., Bayeshov A., Abduvalieva U.A.
 .DEVELOPMENT OF A COMPOSITE ELECTRODE OF MANGANESE DIOXIDE-GRAPHITE
 AND RESEARCH OF ITS ELECTROCHEMICAL PROPERTIES.....129

Yskak L.K., Zhambylbay N.Zh., Myrzakhmetova N.O.
 SORPTION OF LANTHANUM IONS BY THE INTERPOLYMER SYSTEM BASED ON
 INDUSTRIAL ION EXCHANGERS «AMBERLITE IR-120:AB-17-8».....137

Khusain B.Kh., Brodskiy A.R., Sass A.S., Yaskevich V.I., Rahmetova K.S.
 STUDY OF POISONING AND REGENERATION OF CATALYTIC CONVERTERS
 OF TOXIC COMPONENTS OF EXHAUST GASES FROM INDUSTRIAL ENTERPRISES
 AND VEHICLES.....143

PHYSICAL SCIENCES

Aknazarov S.Kh., Mutushev A.Zh., Ponomareva E.A., Bayrakova O.S., Golovchenko O.Y.
 THERMODYNAMIC CALCULATIONS OF THE PROCESS OF REDUCTION
 OF BORICANHYDRIDE BY ALUMINIUM.....150

Zhilkashinova As.M., Skakov M.K., Gradoboyev A.V., Zhilkashinova Al.M.
 MULTILAYER ION-PLASMA COATING CR-AL-CO-Y AND ITS PHASE COMPOSITION.....158

Sagyndykova G.E., Kazbekova S.Zh., Elsts E., Abdenova G.A., Yermekova Zh.K.
 PHOTO LUMINESCENCE OF LiKSO_4 ACTIVATED BY TL^+ IONS.....167

**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 *В.С. Зикирбаевой*

Подписано в печать 15.08.2021.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать - ризограф.
8,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.