

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

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

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

# Х А Б А Р Л А Р Ы

## ИЗВЕСТИЯ

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

## NEWS

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

**SERIES**  
**CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

**6 (444)**

**NOVEMBER – DECEMBER 2020**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

---

---

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

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

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

Б а с р е д а к т о р ы  
х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі  
**М.Ж. Жұрынов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

**Ағабеков В.Е.** проф., академик (Белорус)  
**Башов А.Б.** проф., академик (Қазақстан)  
**Бүркітбаев М.М.** проф., академик (Қазақстан)  
**Волков С.В.** проф., академик (Украина)  
**Воротынцев М.А.** проф., академик (Ресей)  
**Газалиев А.М.** проф., академик (Қазақстан)  
**Джусипбеков У.Ж.** проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)  
**Жармағамбетова А.К.** проф. (Қазақстан), бас ред. орынбасары  
**Жоробекова Ш.Ж.** проф., академик (Қырғыстан)  
**Иткулова Ш.С.** проф. (Қазақстан)  
**Манташян А.А.** проф., академик (Армения)  
**Пралиев К.Д.** проф., академик (Қазақстан)  
**Рахимов К.Д.** проф., академик (Қазақстан)  
**Рудик В.** проф., академик (Молдова)  
**Стрельцов Е.** проф. (Белорус)  
**Тельтаев Б.Б.** проф., академик (Қазақстан)  
**Тодераш И.** проф., академик (Молдова)  
**Тулеуов Б.И.** проф., академик (Қазақстан)  
**Фазылов С.Д.** проф., академик (Қазақстан)  
**Фарзалиев В.** проф., академик (Әзірбайжан)  
**Халиков Д.Х.** проф., академик (Тәжікстан)  
**Шайхутдинов Е.М.** проф., академик (Қазақстан)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ66VPY00025419 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *химия және жаңа материалдар технологиясы саласындағы басым ғылыми зерттеулерді жариялау.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219, 220 бөл.; тел.: 272-13-19; 272-13-18,  
<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2020

Редакцияның мекенжайы: 050100, Алматы қ., Қонаев к-сі, 142, «Д. В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail:orgcat@nursat.kz

Типографияның мекенжайы: «NurNaz GRACE», Алматы қ., Рысқұлов көш., 103.

Главный редактор  
д.х.н., проф., академик НАН РК  
**М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

**Агабеков В.Е.** проф., академик (Беларусь)  
**Баешов А.Б.** проф., академик (Казахстан)  
**Буркитбаев М.М.** проф., академик (Казахстан)  
**Волков С.В.** проф., академик (Украина)  
**Воротынцев М.А.** проф., академик (Россия)  
**Газалиев А.М.** проф., академик (Казахстан)  
**Джусипбеков У.Ж.** проф., чл.-корр. (Казахстан)  
**Жармагамбетова А.К.** проф. (Казахстан), зам. гл. ред.  
**Жоробекова Ш.Ж.** проф., академик (Кыргызстан)  
**Иткулова Ш.С.** проф. (Казахстан)  
**Мангашян А.А.** проф., академик (Армения)  
**Пралиев К.Д.** проф., академик (Казахстан)  
**Рахимов К.Д.** проф., академик (Казахстан)  
**Рудик В.** проф., академик (Молдова)  
**Стрельцов Е.** проф. (Беларусь)  
**Тельтаев Б.Б.** проф., академик (Казахстан)  
**Тодераш И.** проф., академик (Молдова)  
**Тулеев Б.И.** проф., академик (Казахстан)  
**Фазылов С.Д.** проф., академик (Казахстан)  
**Фарзалиев В.** проф., академик (Азербайджан)  
**Халиков Д.Х.** проф., академик (Таджикистан)  
**Шайхутдинов Е.М.** проф., академик (Казахстан)

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ66VPY00025419**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *публикация приоритетных научных исследований в области химии и технологий новых материалов.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; ком. 219, 220; тел. 272-13-19; 272-13-18,

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

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2020

---

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: [orgcat@nursat.kz](mailto:orgcat@nursat.kz)

Адрес типографии: «NurNaz GRACE», г. Алматы, ул. Рыскулова, 103.

Editor in chief

doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK

**M.Zh. Zhurinov**

Editorial board:

**Agabekov V.Ye.** prof., academician (Belarus)  
**Bayeshov A.B.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Burkitbayev M.M.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Volkov S.V.** prof., academician (Ukraine)  
**Vorotyntsev M.A.** prof., academician (Russia)  
**Gazaliyev A.M.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Dzhusipbekov U.Zh.** prof., corr. member (Kazakhstan)  
**Zharmagambetova A.K.** prof. (Kazakhstan), deputy editor in chief  
**Zhorobekova Sh.Zh.** prof., academician (Kyrgyzstan)  
**Itkulova Sh.S.** prof. (Kazakhstan)  
**Mantashyan A.A.** prof., academician (Armenia)  
**Praliyev K.D.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Rakhimov K.D.** prof., academician (Kazakhstan)  
**Rudik V.** prof., academician (Moldova)  
**Streltsov Ye.** prof. (Belarus)  
**Teltaev B.B.** prof., akademik (Kazakhstan)  
**Toderash I.** prof., academician (Moldova)  
**Tuleuov B.I.** prof., akademik (Kazakhstan)  
**Fazylov S.D.** prof., akademik (Kazakhstan)  
**Farzaliyev V.** prof., academician (Azerbaijan)  
**Khalikov D.Kh.** prof., academician (Tadjikistan)  
**Shaihutdinov E.M.** prof., akademik (Kazakhstan)

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.**

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ66VPY00025419**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *publication of priority research in the field of chemistry and technology of new materials*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19; 272-13-18,

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2020

---

Editorial address: JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry», 142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22, e-mail: [orgcat@nursat.kz](mailto:orgcat@nursat.kz)

Address of printing house: «NurNaz GRACE», 103, Ryskulov str, Almaty.

**NEWS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

ISSN 2224-5286

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.95>

Volume 6, Number 444 (2020), 30 – 37

UDK 541.13:546.5

SRSTI 31.15.33

**A. B. Baeshov<sup>1</sup>, E. Zh. Tuleshova<sup>2,3</sup>, A. K. Baeshova<sup>3</sup>,  
M. A. Ozler<sup>4</sup>, G.Zh. Aripzhan<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> JSC «Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D. V. Sokolsky», Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup> Khoja Akhmet Yessevi Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan;

<sup>3</sup> Al-Farabi National University, Almaty;

<sup>4</sup> Mugla Sitki Kocman University, Mugla, Turkey;

<sup>5</sup> International University of Tourism and Hospitality, Turkestan, Kazakhstan.

E-mail: bayeshov@mail.ru, elmira.tuleshova@ayu.edu.kz, azhar\_b@bk.ru, aozler@mu.edu.tr,  
gulnur.aripzhan@mail.ru

**ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR  
OF SILVER IN A SULPHURIC ACID SOLUTION**

**Abstract.** In recent years, alternating current has been widely used in various fields of chemical and electrochemical technology. When a symmetric alternating current passes through an electrochemical cell, in principle there should be no visible changes, since the product restored to the cathode half-period should be oxidized back to the anodic half-period. However, depending on the conditions of electrolysis, electrode material, etc. a purposeful course of the electrochemical process is possible. The paper shows the distinctive features of electrochemical processes occurring on a silver electrode during electrolysis by industrial alternating current in a solution of sulfuric acid by the method of rational mathematical planning. The optimal conditions for the dissolution of silver are determined by studying the effect of current density at the electrodes, the concentration and temperature of the electrolyte, the duration of the electrolysis and the frequency of the alternating current. It is shown that when polarized with an alternating current of silver in a pair with a titanium electrode, the process of passivation of the silver electrode is eliminated, and the rate of dissolution of the metal increases.

**Keywords:** alternating current, silver, electrode, electrolysis, current density, mathematical planning, current output.

One promising technique now in use is polarization with an alternating current of industrial frequency, which is of interest to researchers in regard to the oxidation with destruction of passivating films. A feature of the processes that occur under the action of alternating current of industrial frequency is that by changing the direction of the current, it is possible to remove oxide films and create conditions for the subsequent dissolution of the metal [1-5].

It is necessary to mark that the detail researches carried out by us on a silver electrode and other researchers studying titanium, chrome, molybdenum, lead, etc. in case of polarization by an alternating current of industrial frequency, showed that the electrode processes proceeding with an electrode involvement by superimposed a. c. technique, sharply differ both on the mechanism, and according to the quantitative characteristics [6-14].

In [15–18], we studied the electrochemical behavior silver of different solutions under polarization with alternating current of industrial frequency. Analysis of the literature data showed there were very few works devoted to the electrochemical behavior of silver. Studying the ionization of silver under the action of industrial alternating current would therefore seem to be relevant and timely.

Systemic studies, which allow to establish the laws of the silver electro-oxidation with the subsequent synthesis of its compounds, can lead to both the intensification of its production and the solution of resource-saving problems.

In this regard, the study of the processes of silver ionization discharge under the action of industrial alternating current seems relevant and timely.

The purpose of this work is to study the electrochemical behavior of silver during the polarization of unsteady currents in a sulphuric acid solution.

To study the electrochemical behavior of silver in a sulphuric acid solution, the main experiments were carried out in a 100 ml cell. A titanium wire and a silver plate were used as electrodes.

Electrodes before experiments were thoroughly cleaned, degreased and washed with distilled water.

**Results and discussion.** The study of the electrochemical behavior of silver in a in acidic solution was carried out by the method of rational mathematical planning [19]. In accordance with the planning for the six factors, and in each factor of five levels 25 experiments were conducted. The studied factors and their levels are presented in table 1.

Table 1 – Levels of factors under study

Factor	Level				
	1	2	3	4	5
X <sub>1</sub> , current density on the silver electrode, A/m <sup>2</sup>	200	400	600	800	1000
X <sub>2</sub> , current density on the titanium electrode, kA / m <sup>2</sup>	60	80	100	120	140
X <sub>3</sub> , solution concentration, M	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
X <sub>4</sub> , duration of electrolysis, min	15	30	45	60	75
X <sub>5</sub> , electrolyte temperature, ° C	40	50	60	70	80
X <sub>6</sub> , frequency of alternating current, Hz	50	100	200	300	400

The experiments results after mathematical processing are shown in table 2, in which Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, etc. - particular functions, respectively, of factors X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, etc.

Based on table 2, the graphs were plotted (figure 1). To describe point data, it is necessary to choose the right empirical formulas. The dependence Y<sub>1</sub>=f(X<sub>1</sub>) is described by the equation of a straight line. The equation of a line is:

$$Y_1 = aX \quad (1)$$

Table 2 – Experimental values of private functions

Function	Level					Average value
	1	2	3	4	5	
Y <sub>1</sub>	66,74	62,82	59,63	54,42	50,64	58,85
Y <sub>2</sub>	58,44	62,80	65,65	60,40	46,96	58,85
Y <sub>3</sub>	63,42	60,85	58,64	56,92	54,42	58,85
Y <sub>4</sub>	67,80	63,50	57,82	54,21	50,92	58,85
Y <sub>5</sub>	63,36	61,81	58,47	56,64	53,97	58,85
Y <sub>6</sub>	61,40	65,30	61,30	55,10	51,15	58,85

It can be considered that the straight line drawn on the graph goes out from some point, taken arbitrarily on the left side of the straight line, with coordinates X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>. The offset of the origin to this point is fixed as follows:

$$Y - Y_1 = a (X - X_1) \quad (2)$$

Selecting on the right side of the line any point with coordinates X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub> and substituting them into this equation, we get:

$$Y_2 - Y_1 = a (X_2 - X_1) \quad (3)$$

After the final transformation, the equation has the form:

$$Y = Y_1 + \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}(X - X_1) \quad (4)$$

Some graphs have the form of a parabola, we enter the extremum values into the parabola equation. In the parabola equation ( $Y = aX^2$ ), we enter the values  $X_1, Y_1$  with the offset of the origin:

$$Y = Y_1 - a(X - X_1)^2 \quad (5)$$

Then we select the second point with coordinates  $X_2, Y_2$  approximately in the middle of the section of the branch passing through the experimental points, and substitute all four numbers into the final equation:

$$Y = Y_1 + \frac{Y_2 - Y_1}{(X_2 - X_1)^2}(X - X_1)^2 \quad (6)$$

The calculated values at the matrix levels of the arguments are given in table 3.

Table 3 – Calculated values of functions at matrix levels

Function	Level					Average value
	1	2	3	4	5	
$Y_1 = 93 - 0,018(X - 300)$	64,83	61,17	57,60	54,00	50,40	57,60
$Y_2 = 91 - 0,0037(X - 70)^2$	55,00	60,63	60,63	57,67	51,75	57,13
$Y_3 = 91 - 4,6666(X - 0,75)$	62,16	69,83	57,5	55,17	52,83	59,50
$Y_4 = 95 - 0,29(X - 22,5)$	67,17	62,82	58,47	54,12	49,77	58,47
$Y_5 = 92 - 0,2666(X - 25)$	63,33	60,67	58,01	55,33	52,67	58,00
$Y_6 = 93 - 0,0029(X - 40)^2$	62,70	62,70	60,39	55,75	48,79	58,06

The significance or insignificance of the function can be established without repeated experiments using the nonlinear multiple correlation coefficient:

$$R = \sqrt{1 - \frac{(N - 1) \sum (Y_T - Y_{\text{э}})^2}{(N - K - 1) \sum (Y_{\text{э}} - Y_{cp})^2}} \quad (7)$$

$$t_R = \frac{R \sqrt{N - K - 1}}{1 - R^2} > 2$$

where N is the number of points described, K is the number of active factors,  $Y_{\text{э}}$  is the experimental result,  $Y_T$  is the theoretical (calculated) result,  $Y_{cp}$  is the average experimental value.

The nonlinear multiple correlation coefficient for the 5% level and the value of its significance is  $t_R > 2$ , which indicates the significance of the functions.

The correlation coefficient and the significance of the corresponding particular functions are listed in table 4. As can be seen, all the considered functions influence the silver dissolution.

To describe the statistical multifactor dependencies, the particular functions generalized M.M.Protodyakonov's equation [20]:

$$Y_n = \prod_{i=1}^n Y_i;$$



$$Y_n = \frac{[93 - 0,018(X_1 - 300)] \cdot [91 - 0,0037(X_2 - 70)^2] \cdot [91 - 4,6666(X_3 - 0,75)]}{88,85^5 \cdot [95 - 0,29(X_4 - 22,5)] \cdot [92 - 0,2666(X_5 - 25)] \cdot [93 - 0,0029(X_6 - 40)^2]} \quad (8)$$

Based on the equation, we find the correlation coefficient for  $N = 25$  and  $K = 6$ . It is equal to 0.5338 and the significance is  $t_R = 3.02 > 2$ , which indicates the adequacy of the generalized equation.

Table 4 – Correlation coefficient R and its significance  $t_R$  for particular functions

Function	R	$t_R$	Function significance
$Y_1$	0,96	19,18	Significant
$Y_2$	0,73	2,70	Significant
$Y_3$	0,86	5,65	Significant
$Y_4$	0,99	85,70	Significant
$Y_5$	0,94	14,41	Significant
$Y_6$	0,92	10,28	Significant

Based on the equation, 8 were determined as the optimal conditions for the electrochemical dissolution of silver: the density on the silver electrode was  $200 \text{ A} / \text{m}^2$ , the density on the titanium electrode was  $100 \text{ kA} / \text{m}^2$ , the electrolyte concentration was  $1.0\text{-}2.0 \text{ mol} / \text{l}$ , the electrolyte temperature was  $40\text{-}60 \text{ }^\circ\text{C}$ , electrolysis duration - 15-45 minutes, frequency of alternating current - 50 Hz.

As the research results have shown, during the silver polarization by industrial alternating current, silver ions and silver oxide are formed.

In the cathode half-period, gaseous hydrogen is released on the titanium electrode and silver ions are reduced. At this point, the silver electrode is in the anodic half-period and dissolves to form silver ions and silver oxide.

The effect of current density on the titanium electrode on the CO dissolution of silver was studied in the range of  $60\text{-}140 \text{ kA}/\text{m}^2$ . The maximum CO value is observed at  $i_{Ti} = 100 \text{ kA} / \text{m}^2$  (figure 1a).

With an increase in the current density at the silver electrode, the current output (CO) of silver dissolution decreases (Fig. 1b). This is due to the fact that at high current densities, the proportion of electricity affected by a side process - oxygen evolution - increases compared to the amount of electricity affected by the dissolution process of silver.

When studying the electrolytes concentration effect on the results of electrolysis, it was found that the maximum value of the current efficiency is achieved at a concentration of  $1.0 \text{ mol}/\text{l}$  (figure 1c). With an increase in the electrolyte concentration, the near-electrode space is saturated with  $\text{SO}_4^{2-}$  anions and, in this connection, the silver dissolution current output decreases.

We found (figure 1d) that when the temperature rises to  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ , the value of the apparent current output increases, reaching 136 %, and then remains almost unchanged. It is known from the literature that at  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  in a sulfuric acid solution, metallic silver is dissolved chemically.

Studying the effect of the electrolysis duration on the dissolution process of silver during polarization with industrial alternating current was studied in  $1.0 \text{ M}$  of sulfuric acid (figure 1e). The current dissolution rate of silver naturally decreases. It should be noted that on the electrode during prolonged experiments the electrode surface is covered with a layer of dark color.

Figure 1f shows the dependence of CO dissolution of silver on the alternating current frequency. As the frequency increases, the current output of metal dissolution decreases. The decrease in the electrolytic silver dissolution with increasing frequency of the current, apparently, is due to the decrease in the duration of the anode half-period.

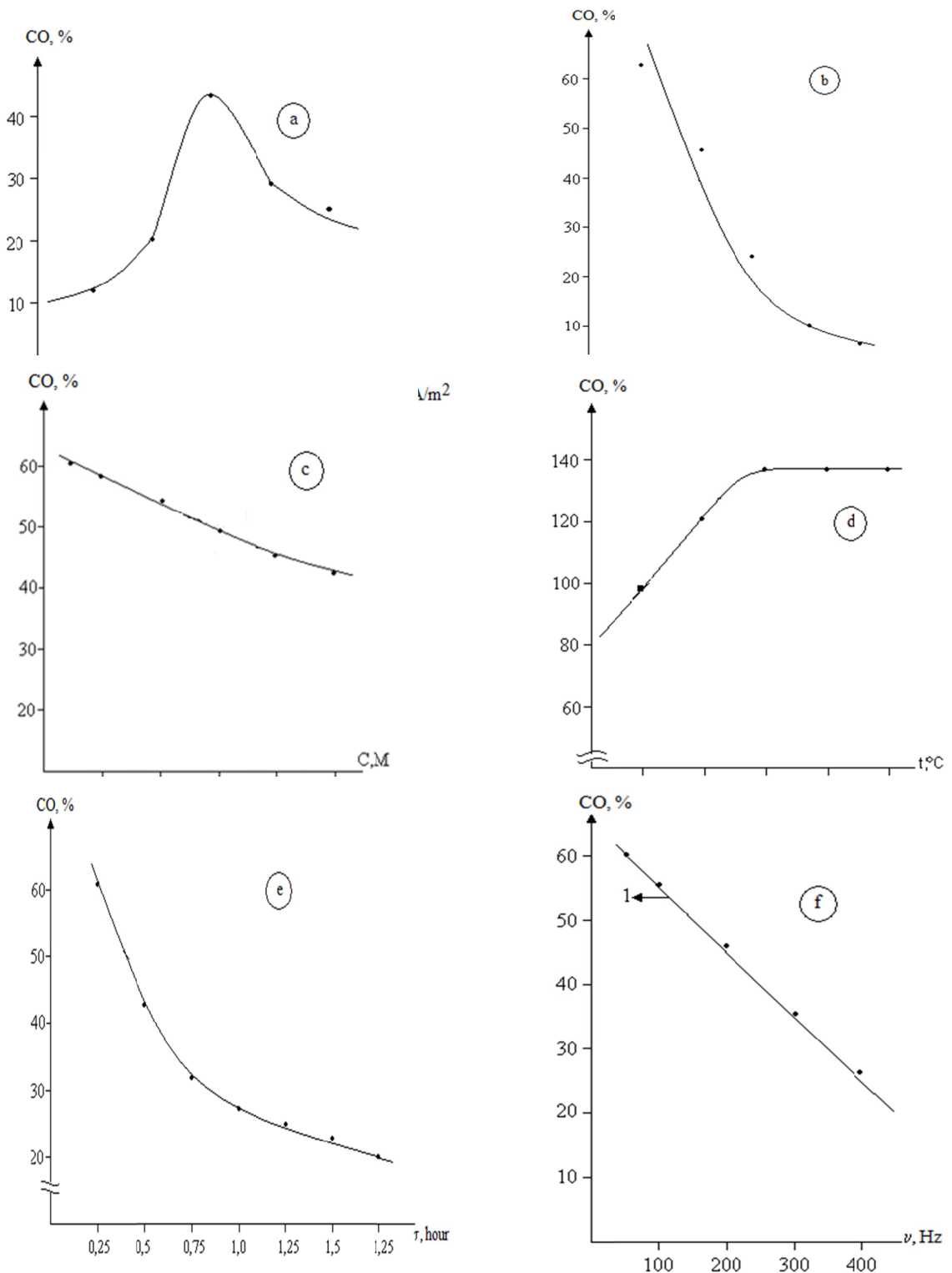


Figure 1 - Point graphs and curve approximation effect on W silver dissolution:  
 a - current density on a silver electrode, b - current density on a titanium electrode, c - electrolyte concentration,  
 d - electrolyte temperature, e- electrolysis duration, f - AC frequency

Thus, we studied the electrochemical behavior of silver during polarization of industrial alternating current in a solution of sulfuric acid by rational mathematical planning. It is shown that all the studied parameters have a significant effect on silver dissolution.

А.Б. Башов<sup>1</sup>, Э.Ж. Тулешова<sup>2</sup>, А.К. Башова<sup>3</sup>, М. Өзлер<sup>4</sup>, Г.Ж. Арипжан<sup>5</sup>

<sup>1</sup> «Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup> Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан;

<sup>3</sup> Өл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>4</sup> Мугла Сыткы Кочман университеті, Түркия;

<sup>5</sup> Халықаралық туризм және қонақжайлылық университеті, Түркістан, Қазақстан

### КҮКҮРТ ҚЫШҚЫЛЫ ЕРІТІНДІСІНДЕГІ КҮМІСТІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІ

**Аннотация.** Айнымалы токпен электрохимиялық жүйелердің қасиетін зерттеу – қазіргі электрохимияның ең қолайлы эксперименттік әдістерінің бірі. Бұл әдіс көптеген мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Электрохимияда импеданс әдісін сандық қолданудың басталуын кеңестік электрохимиктер құрды.

Соңғы жылдары айнымалы ток түрлі химиялық және электрохимиялық технология саласында кеңінен қолданылуда. Симметриялы айнымалы токты электрохимиялық ұяшықтан өткізген кезде негізінен ешқандай өзгеріс орын алмауы керек, себебі катодты жартылай периодта тотықсызданған өнім анодты жартылай периодта кері тотығуы тиіс. Алайда электролиз жағдайына, электрод материалына және т.б. жағдайға байланысты мақсатты электрохимиялық процесс жүруі мүмкін. Жұмыста айнымалы токпен поляризацияланған күміс электродында күкірт қышқылы ерітіндісінде жүретін электрохимиялық үрдістердің ерекшеліктері рационалды жоспарлау әдісі бойынша көрсетілген. Күміс және титан электродтарындағы ток тығыздығының, электролит концентрациясы мен температурасының, электролиз ұзақтығының және айнымалы ток жиілігінің әсерін зерттегенде айнымалы токпен поляризацияланған күмістің еритін оптималды жағдайлары анықталды. Титан электродымен жұптасқанда күміс электродында пассивтену үдерісі жойылып, металдың еру жылдамдығының артатындығы анықталды.

Жұмыстың мақсаты – рационалды математикалық жоспарлау әдісімен күкірт қышқылы ерітіндісіндегі айнымалы токпен поляризация кезіндегі күмістің электрохимиялық қасиетін зерттеу.

Жоспарға сәйкес алты факторға қатысты әрбір фактордың бес деңгейі бар, 25 эксперимент жүргізілді. Статистикалық көпөлшемді тәуелділікті сипаттау үшін жеке функциялар М.М. Протодьяконов теңдеуін талдап қорытты. Осы теңдеу негізінде біз  $n = 25$  және  $K = 6$  үшін корреляция коэффициентін анықтадық. Оның мәні 0,5338 және  $t_r = 3,17 > 2$  тең және бұл жалпыланған теңдеудің сәйкестігін көрсетеді.

Күмістің электрохимиялық еру жағдайының келесідей оңтайлы шаралары анықталды: күміс электродының тығыздығы – 200 А/м<sup>2</sup>, титан электродының тығыздығы – 100 кА/м<sup>2</sup>, электролит концентрациясы – 1,0 -2,0 моль/л, электролит температурасы – 40-60 °С, электролиз ұзақтығы – 15-45 мин., айнымалы ток жиілігі 50 Гц. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей күмісті айнымалы токпен поляризациялағанда күміс иондары және күміс оксиді түзіледі.

Титан электродымен жұптасқанда күміс электродында пассивтену үдерісі жойылып, металдың еру жылдамдығы артатындығы анықталды. Катодты жартылай периодта титан электродында газ тәрізді сутегі бөлінеді және күміс иондарының тотықсыздануы байқалады. Осы сәтте күміс электроды анодты жартылай периодта болады және күміс иондары, дицианоаргентат және күміс оксидінің пайда болуы негізінде ериді. Зерттелген параметрлер күмісті еріту үдерісіне елеулі әсер ететіні анықталды.

**Түйін сөздер:** айнымалы ток, күміс, электрод, электролиз, ток тығыздығы, математикалық жоспарлау, ток бойынша шығым.

А.Б. Башов<sup>1</sup>, Э.Ж. Тулешова<sup>2</sup>, А.К. Башова<sup>3</sup>, М. Өзлер<sup>4</sup>, Г.Ж. Арипжан<sup>5</sup>

<sup>1</sup>АО «Институт топлива, органического катализа и электрохимии имени Д.В.Сокольского», Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясауи, Туркестан, Казахстан;

<sup>3</sup> Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

<sup>4</sup> Университет Муглы имени Сыткы Кочман, Турция;

<sup>5</sup> Международный университет туризма и гостеприимства, Туркестан, Казахстан

### ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СЕРЕБРА В СЕРНОКИСЛОМ РАСТВОРЕ

**Аннотация.** Изучение поведения электрохимических систем с применением переменного тока является одним из наиболее мощных экспериментальных методов современной электрохимии. Этот метод позволяет решать большое число разнообразных задач. Начало количественному применению импедансного метода в электрохимии было положено советскими электрохимиками.

В последние годы переменный ток находит все более широкое применение в различных областях химической и электрохимической технологии. При пропускании через электрохимическую ячейку симметричного переменного тока в принципе никаких видимых изменений произойти не должно, так как восстановленный в катодный полупериод продукт должен обратно окисляться в анодный полупериод. Однако в зависимости от условий электролиза, материала электрода и т.д. возможно целенаправленное протекание электрохимического процесса. В работе показаны отличительные особенности электрохимических процессов, протекающих на серебряном электроде при электролизе промышленным переменным током в растворе серной кислоты методом рационального математического планирования. Определены оптимальные условия растворения серебра при исследовании влияния плотности тока на электродах, концентрации и температуры электролита, продолжительности электролиза и частоты переменного тока. Показано, что при поляризации переменным током серебра в паре с титановым электродом, устраняется процесс пассивации серебряного электрода, и скорость растворения металла возрастает.

Целью данной работы является исследование электрохимического поведения серебра при поляризации нестационарными токами в растворе серной кислоты методом рационального математического планирования.

В соответствии с планированием для шести факторов, а в каждом факторе пять уровней, было проведено 25 опытов. Для описания статистических многофакторных зависимостей частные функции обобщили уравнение М.М.Протождяконова. На основании уравнения нашли коэффициент корреляции при  $N = 25$  и  $K = 6$ . Он равен 0,5338 и значимость  $t_R = 3,17 > 2$ , что указывает на адекватность обобщенного уравнения.

Определены оптимальные условия электрохимического растворения серебра: плотность на серебряном электроде – 200 А/м<sup>2</sup>, плотность на титановом электроде – 100 кА/м<sup>2</sup>, концентрация электролита – 1,0-2,0 моль/л, температура электролита – 40-60 °С, продолжительность электролиза – 15-45 мин., частота переменного тока – 50 Гц. Как показали результаты исследований, при поляризации серебра промышленным переменным током, образуются ионы серебра, оксид серебра.

Показано, что при поляризации переменным током серебра в паре с титановым электродом устраняется процесс пассивации серебряного электрода, и скорость растворения металла возрастает. В катодном полупериоде на титановом электроде выделяется газообразный водород и наблюдается восстановление ионов серебра. В этот момент серебряный электрод находится в анодном полупериоде и растворяется с образованием ионов серебра и оксида серебра. Установлено, что изученные параметры оказывают заметное влияние на процесс растворения серебра.

**Ключевые слова:** переменный ток, серебро, электрод, электролиз, плотность тока, математическое планирование, выход по току.

#### Information about the authors:

Baeshov Abduali Baeshovich, «D.V.Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry», Doctor of Chemistry Science, Professor, bayeshov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0745-039X>;

Tuleshova Elmira Zhanbirbayevna, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Candidate of Chemistry Science (PhD), Associate Professor. [elmira.tuleshova@ayu.edu.kz](mailto:elmira.tuleshova@ayu.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0003-2249-9570>;

Baeshova Azhar Kospanovna, Al-Farabi National University, Doctor of technical sciences, [azhar\\_b@bk.ru](mailto:azhar_b@bk.ru);

Ozler Mehmet Ali –Mugla Sitki Kocman University. Doctor, professor, Phone, [aозler@mu.edu.tr](mailto:aozler@mu.edu.tr);

Aripzhan Gulnur Zhoiankyzy - International University of Tourism and Hospitality, Master senior-teacher, [gulnur.aripzhan@mail.ru](mailto:gulnur.aripzhan@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3161-0832>

#### REFERENCES

[1] Andreev I. (2016) Electrochemistry of metals and alloys [Elektrohimija metallov i splavov]. Moscow, Russia, 326 p. ISBN 978-5-94084-044-2 (In Russ).

[2] Didenko A.N., Lebedev V.A., Obratsov S.V. (1988) Intensification of electrochemical processes on the basis of asymmetrical alternating current [Intensifikacija jelektrohimicheskikh processov na osnove nesimmetrichnogo peremennogo toka] // V.Sc.: Intensification of electrochemical processes in hydrometallurgy [Intensifikacija jelektrohimicheskikh processov v gidrometallurgii]. Moscow: Nauka. P. 189-213. (in Russ).

[3] Chernenko V.I., Snezhkov L.A., Popanov I.I. (1991) Obtaining coatings with anodic-spark electrolysis. [Poluchenie pokrytij anodno-iskrovym jelektrolizom] - L.: Chemistry, 126 p. (in Russ).

[4] Petriy O. A., Tsyrlin, G. A., Kuzminova Z. V. (1995) Elektrochemistry [Elektrohimija]. Vol.31 N 9: 999 – 1007 (in Russ).

[5] Kostin N.A., Labyak O.V. (1995) Elektrochemistry [Elektrohimija]. Vol.31. N 5: 510-516 (in Russ).

[6] Bayeshov A.B., Nurdillayeva R.N., Khabibullayeva Sh.H. (2019) Effect of the bromide ions on the titanium electrode dissolution polarized by alternating current in aqueous solutions. News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology. Vol. 2, N 434. P. 66-72. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1491.21>

[7] Nurdillayeva R.N., Bayeshov A.B., Khabibullayeva Sh.H. (2020) Anodic dissolution of titanium in sulfuric acid bromide solutions. News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology. Vol. 1. N 439. P. 47-54. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.6>

- [8] Bayeshov A.B., Abduvalieva U.A. (2012) Method for producing titanium phosphate. [Sposob poluchenija fosfata titana]. Innovation patent of the Republic of Kazakhstan. [Innovacionnyj patent Respubliki Kazakhstan] №26379, Bulletin №11. (In Russ).
- [9] Baeshov A., Junusbekov M., Baeshova A., Zharmenov A. (2012) Industry of Kazakhstan [Prom. Kazahstana]. 1: 113-116 (in Russ).
- [10] Baeshova S.A., Revenko S., Baeshov A.B. (2005) Chemical Journal of Kazakhstan [Himicheskiy zhurnal Kazahstana]. 2: 121-126 (in Russ).
- [11] Bayeshov A.B., Sapieva M.M. (2013) Electrochemical properties of AC-polarized titanium in hydrochloric acid solution containing fluoride ions [Ondiristik ajnymaly tokpen poljarizacijalangan titannyn quramynda ftorid iondary bar tuz qyshqyly eritindisindegi elektrohimiya qasietii]. NEWS of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology. Vol. 3. N 399: 29-32. (In Kaz).
- [12] Bayeshov A.B., Sapieva M.M., Bayeshova A.K. (2013) The solution of Titanium in acid solutions containing fluoride ions. [Ftorid iondary bar qyshqyl eritindilerde titannyn erui]. Proceedings of the VI Russian conference "Physical chemistry and electrochemistry of molten and solid electrolytes». Yekaterinburg, 273 p. (In Kaz).
- [13] Bayeshov A.B., Sapieva M.M., Vygdorovich V.Y., Iztileuov G.M. (2014) Electrochemical properties of AC-polarized titanium in phosphoric acid solution containing fluoride ions [Ondiristik ajnymaly tokpen poljarizacijalangan titannyn quramynda ftorid iondary bar fosfor qyshqyly eritindisindegi elektrohimiya qasietii]. NEWS of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology. Vol. 1, N 403: 7-10. (In Kaz).
- [14] Bayesov A.B., Adaibekova A.A., Gaipov T.E., Sarsenbaev N.B., Zhurinov M.Zh. (2017) Influence of ultrasound field on cathode recovery rhodium ions on the titanium electrode at polarization by pulse current. News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology. Vol. 5. N 425: 20-27 (In Kazakh).
- [15] Tuleshova E.Zh., Sarbayeva G.T., Zhylysbayeva G.N., Sarbayeva M. (2019) Kinetics of Thallium Dissolution in Aqueous Solutions of Hydrochloric Acid. Russian Journal of Physical Chemistry A. Vol. 93. №. 11. P. 1817–1821. DOI: 10.1134/S0036024419090231
- [16] Bayeshov A.B., Tuleshova E.Zh., Baeshova A.K., Ozler M.A. (2020) Electrochemical behavior of silver in a potassium ferrocyanide solution. News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology. Vol. 2. N 440. P. 31-38. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.20>
- [17] Tuleshova E.Zh. (2018) Kinetics and Mechanism of Silver Dissolution in Aqueous Sodium Nitrate. Russian Journal of Physical Chemistry A. Vol. 92. N 9. P. 1820-1822. DOI: 10.1134/S0036024418090303.
- [18] Tuleshova E.Zh., Bayeshov A., Tukibayeva A., Aibolova G., Baineyeva F. (2015) Oriental journal of Chemistry. Vol.31. N 4. DOI: 10.13005/ojc/310403
- [19] Malyshev V.P. (1977) Matematicheskoe planirovanie metallurgicheskogo i himicheskogo jeksperimenta [Mathematical Planning of Metallurgical and Chemical Experiments] Alma-Ata: Nauka. 37 p.
- [20] Protod'jakonov M.M., Teder R.I. (1970) Metodika racional'nogo planirovaniya jeksperimenta [The method of rational experiment planning] Moscow: Nauka. 76 p.

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации  
в журнале смотреть на сайте:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

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

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

Редакторы: *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, А. Ахметова*  
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 03.12. 2020.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
9,1 п.л. Тираж 300. Заказ б.