

ISSN 2710-1185 (Online)

ISSN 1813-1107 (Print)

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

2 (74)

АПРЕЛЬ – ИЮНЬ 2021 г.

ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА

ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2021

Журналдың бас редакторы

Бас директор
Д. Е. Фишер, х.ғ.к.

Редакция кеңесінің мүшелері:

Ө.Ж. Жүсіпбеков, проф., т.ғ.д., ҚР ҰҒА корр.-мүшесі (Қазақстан Республикасы);
Б.Н. Абсадықов, проф., т.ғ.д., ҚР ҰҒА корр.-мүшесі (Қазақстан Республикасы);
А.Р. Хохлов, проф., ф.-м.ғ.д., РҒА акад. (Ресей); **М.П. Егоров**, проф., х.ғ.д., РҒА акад. (Ресей); **В.С. Солдатов**, проф., х.ғ.д., ҰҒА (Беларусь); **М.Ж. Жұрынов**, проф., х.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан Республикасы); **И.К. Бейсембетов**, проф., э.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан Республикасы); **Қ.Ж. Пірәлиев**, проф., х.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан Республикасы); **Д.Х. Халиков**, проф., х.ғ.д., ТРҒА академигі (Тәжікстан Республикасы); **В.М. Дембицкий**, проф., х.ғ.д., РЖҒА акад. (Ресей); **Л.А. Каюкова**, проф., х.ғ.д. (Қазақстан Республикасы); **В.К. Ю**, проф., х.ғ.д. (Қазақстан Республикасы); **Е.Ф. Панарин**, проф., х.ғ.д., РҒА корр.-мүшесі (Ресей); **Э.Б. Зейналов**, проф., х.ғ.д., Әзірбайжан ҰҒА корр.-мүшесі; (Әзірбайжан); **Брахим Елоуди**, PhD, проф., х.ғ.д., Де Ла Рошель университеті (Франция Республикасы); **Х. Темель**, проф., Дикле университеті (Түркия Республикасы); **Б.С. Закиров**, проф., х.ғ.д., Өзбекстан Республикасы ҒА (Өзбекстан Республикасы); **Г.А. Мун**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан Республикасы); **К.Б. Ержанов**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан Республикасы); **Б.Т. Өтелбаев**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан Республикасы); **А.Е. Малмакова**, PhD докторы (Қазақстан Республикасы); **М.Е. Касымова** (бас ғылыми хатшысы).

«Қазақстанның химия журналы»
ISSN 2710-1185 (Online); ISSN 1813-1107 (Print)

Құрылтайшы: Еңбек Қызыл Ту орденді Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты

Тіркеу: Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде № 3995-Ж 2003 жылғы 25-маусымдағы

2003 жылы құрылған. Жылына 4 рет шығады.

Редакцияның мекен-жайы: 050010 (A26F3Y1), Қазақстан Республикасы, Алматы қ.,
Ш. Уалиханов көшесі, 106. тел. 8 (727) 291-24-64, 8 (727) 291-59-31.
ics_rk@mail.ru

© АҚ «Ә.Б. Бектұров атындағы
Химия ғылымдары институты», 2021

«Қазпошта» АҚ-ның газет-журналдар каталогында немесе оның қосымшаларында
жазылу индексі **75241**.

Главный редактор

Генеральный директор

Д. Е. Фишер, к.х.н.

Редакционная коллегия:

У.Ж. Джусипбеков, проф., д.т.н., член-корр. НАН РК (Республика Казахстан);
Б.Н. Абсадыков, проф., д.т.н., член-корр. НАН РК (Республика Казахстан);
А.Р. Хохлов, проф., д.ф.-м.н., акад. РАН (Россия); **М.П. Егоров**, проф., д.х.н., акад. РАН (Россия); **В.С. Солдагов**, проф., д.х.н., акад. НАН Беларуси (Беларусь);
М.Ж. Журинов, проф., д.х.н., акад. НАН РК (Республика Казахстан);
И.К. Бейсембетов, проф., д.э.н., акад. НАН РК (Республика Казахстан);
К.Д. Пралиев, проф., д.х.н., акад. НАН РК (Республика Казахстан); **Д.Х. Халиков**, проф., д.х.н., акад. АН Республики Таджикистан (Таджикистан); **В.М. Дембицкий**, проф., д.х.н., акад. РАЕН (Россия); **Л.А. Каюкова**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **В.К. Ю**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **Е.Ф. Панарин**, проф., д.х.н., член-корр. РАН (Россия); **Э.Б. Зейналов**, проф., д.х.н., член-корр. НАН Азербайджана (Азербайджан); **Брахим Елоуди**, проф., д.х.н., Ph.D, Университет Де Ла Рошель (Французская Республика); **Х. Темель**, проф., Университет Дикле (Турецкая Республика); **Б.С. Закиров**, проф., д.х.н., (Республика Узбекистан); **Г.А. Мун**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **К.Б. Ержанов**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **Б.Т. Утельбаев**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **А. Е. Малмакова**, доктор Ph.D, **А.Е. Малмакова**, доктор Ph.D (Республика Казахстан); **М.Е.Касымова** (отв. секретарь).

«Химический журнал Казахстана».

ISSN 2710-1185 (Online); ISSN 1813-1107 (Print)

Учредитель: Ордена Трудового Красного Знамени Институт химических наук
им. А.Б. Бектурова.

Регистрация: Министерство культуры, информации и общественного согласия Республики
Казахстан № 3995-Ж от 25 июня 2003 г.

Основан в 2003 г. Выходит 4 раза в год.

Адрес редакции: 050010 (A26F3Y1), г. Алматы, ул. Ш. Уалиханова, 106,
тел. 8 (727) 291-24-64, 8 (727) 291-59-31.
ics_rk@mail.ru

© АО «Институт химических наук
им. А. Б. Бектурова», 2021

Подписной индекс **75241** в Каталоге газет и журналов АО «Казпочта» или в дополнении к нему.

Editor in Chief

General director

D.E. Fisher, Candidate of Chemical Sciences

Editorial board:

U.Zh. Dzhusipbekov, Prof., Doctor of Technical Sciences, Corr. Member of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **B.N. Absadykov**, Prof., Doctor of Technical Sciences, Corr. Member of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **A.R. Khokhlov**, Prof., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of RAS (Russia), **M.P. Egorov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of RAS (Russia), **V.S. Soldatov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of NAS of Belarus (Belarus); **M.Zh. Zhurinov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **I.K. Beisembetov**, Prof., Doctor of Economic Sciences, Academician of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **K.D. Praliyev**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **D.Kh. Khalikov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of ASRT (Tajikistan); **V.M. Dembitsky**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of the RANS; **L.A. Kayukova**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **V.K. Yu**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **E.F. Panarin**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Corr. Member of RAS (Russia); **E.B. Zeynalov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Corr. Member of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan); **Brahim Elouadi**, PhD, Prof., De La Rochelle University (French Republic); **H. Temel**, Prof., Dicle University (Republic of Turkey); **B.S. Zakirov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Uzbekistan); **G.A. Moon**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **K.B. Erzhanov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **B.T. Utelbaev**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **A.E. Malmakova**, Doctor PhD (Republic of Kazakhstan); **M.S. Kassymova** (executive sekretary).

«Chemical Journal of Kazakhstan»

ISSN 2710-1185 (Online);

ISSN 1813-1107 (Print)

Founder: Order of the Red Banner of Labor Institute of Chemical Sciences named after A.B. Bekturov.

Registration: Ministry of Culture, Information and Public Accord of the Republic of Kazakhstan No. 3995-Ж dated June 25, 2003 year.

«Chemical Journal of Kazakhstan» was founded in 2003 year, publishes four issues in a year.

Address of the Editorial board: 050010 (A26F3Y1), Republic of Kazakhstan, Almaty, Sh. Ualikhanov str., 106, A.B. Bekturov Institute of chemical sciences awarded by the Order of Red Banner of Labor, Fax: 8(727)291-24-64.
ics_rk@mail.ru

© JSC «Institute of Chemical Sciences named after A.B. Bekturov», 2021.

UDC 620.197.3

INVESTIGATION OF VARIOUS PHOSPHATE CORROSION INHIBITORS IN CARBON DIOXIDE

A.B. Niyazbekova, T.A. Shakirov, G.N. Urinbaeva

Zhangir khan West Kazakhstan agrarian-technology University, Uralsk, Kazakhstan

Abstract: Corrosion leads to huge losses every year, and solving this problem is an important task. One of the effective methods of corrosion protection of equipment and pipelines in the oil industry is the use of corrosion inhibitors. Inhibitory protection is the most technological and effective way to control corrosion of oilfield equipment. The article deals with phosphate corrosion inhibitors of complex action in a carbon dioxide environment. The method of corrosion testing is generally accepted. Quantitative indicators of corrosion processes were calculated using formulas, and the measurement uncertainty was estimated using an algorithm using the Student's coefficient with a confidence probability of 0.95. In the course of the work, potentiometric determination of the pH of corrosive media using a combined glass electrode and an ionomer and photocolometric determination of the content of iron (III) with potassium rhodanide, as well as methods of infrared spectroscopy and electron microscopy were carried out.

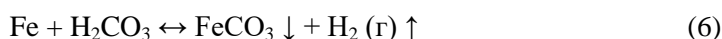
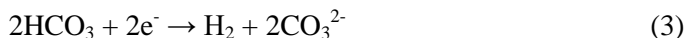
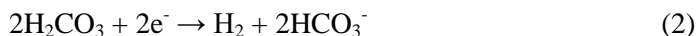
Keywords: corrosion of metals, corrosion inhibitors, carbon dioxide environment, oil and gas fields.

Introduction. During oil production and transportation, corrosion causes great damage to oilfield equipment and pipelines. One of the most common causes of premature failure of oil-producing equipment is carbon dioxide corrosion [1].

Carbon dioxide corrosion occurs when the metal surface interacts with a carbon acid (H_2CO_3) formed by dissolving CO_2 in water according to the following total reaction:

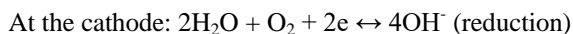
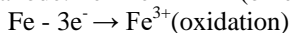
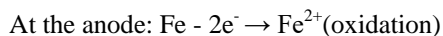


Therefore, the presence of CO_2 and water in oil-producing media is a necessary condition for the occurrence of carbonate corrosion. The main corrosion process is described by cathodic (2-4) and anodic (5-6) reactions [2]:



As a result of these reactions, deposits of corrosion products - iron carbonate FeCO_3 -are formed on the surface of the corroding steel. Hydrogen depolarization takes place in a carbon dioxide environment.

In the presence of gaseous oxygen in the solution and the impossibility of the corrosion process with hydrogen depolarization, the main role of the depolarizer is played by oxygen. Corrosion processes in which cathodic depolarization is carried out by oxygen dissolved in the electrolyte are called metal corrosion processes with oxygen depolarization. This is the most common type of metal corrosion in an aqueous medium, in neutral and even weakly acidic salt solutions, in sea water, in the ground, in the air. The general scheme of oxygen depolarization is reduced to the reduction of molecular oxygen to a hydroxide ion, and iron molecules are oxidized to a two- and trivalent state, which then interacts with ions of an aggressive medium:



This leads to the formation of deposits on the surface of the steel, which will influence the development of corrosion processes.

One of the most effective methods of anticorrosive protection of field equipment and pipelines in the oil and gas industry is the use of corrosion inhibitors.

Corrosion inhibitors are the most technologically advanced and effective way to combat corrosion of oilfield equipment [3]. In this regard, they have been widely used in the oil industry. By changing the dosage of the inhibitor or using inhibitors with various anticorrosion properties, it is possible to achieve a reduction in the corrosion rate to an acceptable level without a fundamental change in the existing technological schemes [4].

Research methodology

Of the five phosphate systems, the $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ sodium diphosphate system has the greatest inhibitory effect (Table 1).

Table 1 – Results of corrosion tests in model systems

Ингибитор	E, мВ	Corrosion rate, mg /m ² ·h	Depthindicator, ·10 ⁻³ mm/year
NaH_2PO_4	94	0,9566	1,0648
Na_2HPO_4	114	1,134	1,2619
$\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	105	1,061	1,1809
Na_3PO_4	78	0,270	0,3007
$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	38	0,095	0,1060
Without inhibitor	102	0,276	0,3073

To study the kinetics of the corrosion process, polarization diagrams are constructed, indicating the course of cathodic and anodic reactions in the solution.

The intersection of the two curves in Figure 1 shows the course of two reactions associated with the reaction of anodic dissolution of the metal, the reaction of reduction of oxygen dissolved in the liquid and hydrogen ions.

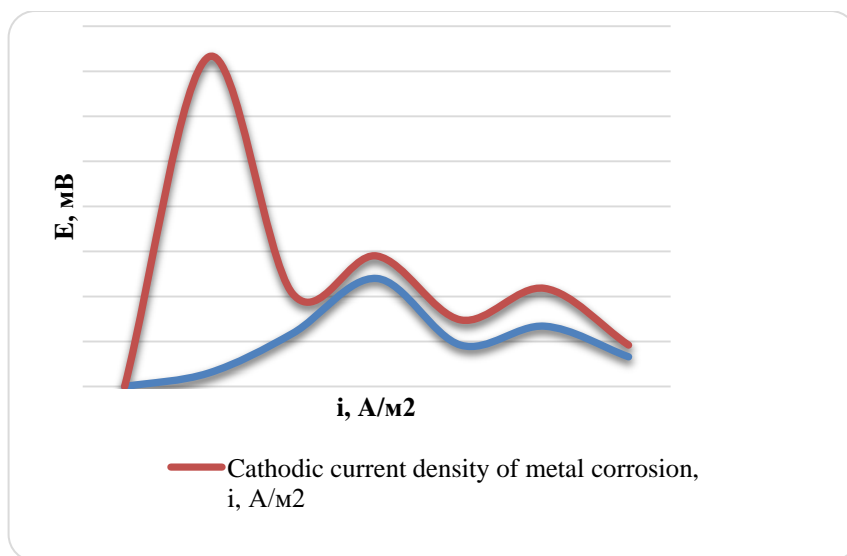


Figure 1 – Polarizing diagram for the system with $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ as an inhibitor

The curve of the anode current density of corrosion shows the oxidation of the metal with its further destruction and the transition of iron ions from the plate to the solution. The cathode curve shows the reduction of oxygen in the solution. In this case, oxygen is an oxidizing component of an aggressive corrosive environment. The presence of oxygen in the solution is due to the presence of partial pressure and the contact of the electrolyte with the environment. A sharp jump in the cathode and anode curves with their further intersection indicates a slowdown in the transition of the metal to the solution and its further oxidation, as well as a slowdown in the corrosion process.

The rate of corrosion processes with oxygen and hydrogen depolarization is affected by pH. Changing the values of the hydrogen index causes a decrease in the rate of hydrogen depolarization. An increase in the concentration of OH^- ions also reduces the rate of oxygen depolarization. Both in this and in the other case, the supply of iron ions from the anode sites decreases, thus, the dissolution of the metal slows down.

The inhibitory effect of phosphates in an acidic environment in the presence of dissolved oxygen plays the role of a passivator, which promotes the adsorption of oxygen on the metal surface and converts it to a passive state. The anodic

process of metal dissolution slows down due to the formation of hard-to-dissolve protective films of various types.

Phosphate inhibitors, undergoing hydrolytic degradation, causing the reduction of iron and the transition to a solution in the form of ions. The speed of the cathodic process increases. With further oxidation of iron, chemisorption processes take place on the surface of the metal plate, which causes a decrease in the rate of the cathode process. In the future, the inhibitor enters into a chemical process with chemisorption iron ions to form a stable protective layer on the surface.

Table 1 – Categories of inhibitors and their corresponding EMF values

Category	Inhibitor	E, мВ
A	Na ₄ P ₂ O ₇	38

According to the results of the tests, the EMF of the Na₄P₂O₇E<80 inhibitor was determined for the system, these values correspond to category A.

Category A - the use of inhibitors in model solutions of produced water is permissible, the probability of corrosion and metal destruction is lowest, EMF values up to 80mV [5].

The limits of the thermodynamic possibility of an electrochemical reaction and the composition of corrosion products are presented in the diagram of the state of metal-water systems (Pourbaix diagram).

The work on electrochemical research shows the active and passive level of dissolution of the metal, and also leads to the formation of a protective film in accordance with the emf, the concentration of the metal and the pH value of the medium. The results of these studies are presented in Figure 2.

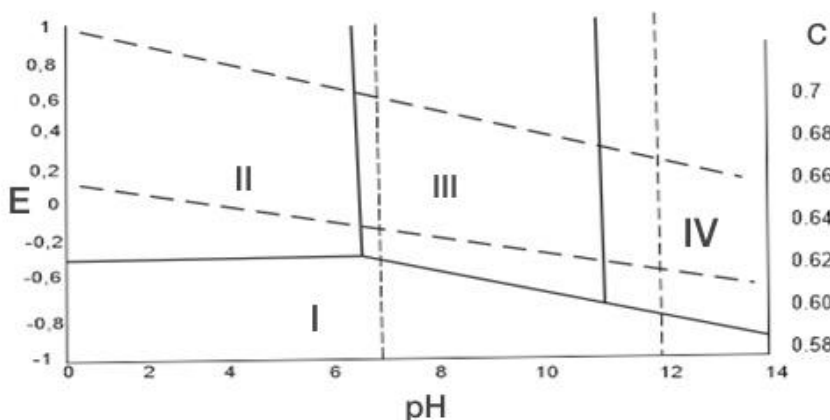


Figure 2 – Pourbaix diagram for a system with Na₄P₂O₇ as an inhibitor: I - region of thermodynamic stability; II, IV - region of corrosion; III - region of passivity

As shown in Figure 2, four main areas have been identified by the experimental value of the EMF, the change in concentration, and the change in the medium pH.

The first region is the region of thermodynamic stability, the second and fourth is the region of melting, the third is the passive region. When the pH value is 1-7, thermodynamic stability occurs at a negative EMF value. In the second area, it undergoes hydrolysis in accordance with an increase in the EMF value, i.e., it dissolves and, accordingly, turns into an active area.

Based on the further course of the process, the pH value increases, the process shifts towards a slightly acidic environment. There is a passive process going on here. As a result of the research work, corrosive products were collected and studied by physicochemical methods (IKS, SEM). The spectra of the product showed that compared to the spectra of the starting materials, the height, distance of the main characteristic peaks of the starting materials changed, peaks corresponding to some fluctuations. From here, in conclusion, it can be said that a complex protective layer was formed on the surface of the iron plate.

Research work is well consistent with thermodynamic parameters and values of electromotive forces. The lower the Gibbs energy in the system, the higher the rate of the corrosion process.

In the course of the study, the thermodynamic parameters of the inhibition process (ΔG , ΔH , ΔS) were calculated. Along with this, the stability constants of the formed corrosion deposits were calculated. All these indicators are reflected in table 2 for a model sodium phosphate solution as an inhibitor, which showed the highest efficiency. A high negative Gibbs energy value indicates a high inhibitory effect of the system [7].

Table 2 – Basic thermodynamic characteristics of linear phosphate systems.

Inhibitor	Instability constant	ΔG°_{298} , kJ/mol	ΔH , 10^{-4} kJ/mol	ΔS , kJ/mol
$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$	$K_{ii} = 1,9 \cdot 10^{-11}$	-265,05	-29,0	264,37

To study the composition of the protective film, an analysis of corrosion deposits was carried out on a Shimadzu IR Prestige-21 IR spectrometer.

Figure 3 shows an analysis of the IR spectrum of corrosion residues $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$. An atlas of infrared spectra was used to identify the compounds. Thus, for the compound of sodium diphosphate $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, according to the literature, the bands 1270 cm^{-1} correspond to asymmetric $\nu(\text{P}=\text{O})$, and the band $1092-990 \text{ cm}^{-1}$ - symmetric $\nu(\text{P}=\text{O})$ fluctuations. Bands 884 cm^{-1} correspond to asymmetric $\nu(\text{P}-\text{O}-\text{P})$, and bands $792-595 \text{ cm}^{-1}$ correspond to symmetrical $\nu(\text{P}-\text{O}-\text{P})$, oscillations. The figure shows that in the IR spectrum of the corrosion deposit peaks are formed within the range of $960-670 \text{ cm}^{-1}$, as well as $3100-2970 \text{ cm}^{-1}$. Based on the fact that the values of the peaks of the corrosion deposition spectrogram do not coincide with the literature data, the compound formed on the

plate surface is not sodium diphosphate. This means that another compound has been formed which forms a protective film.

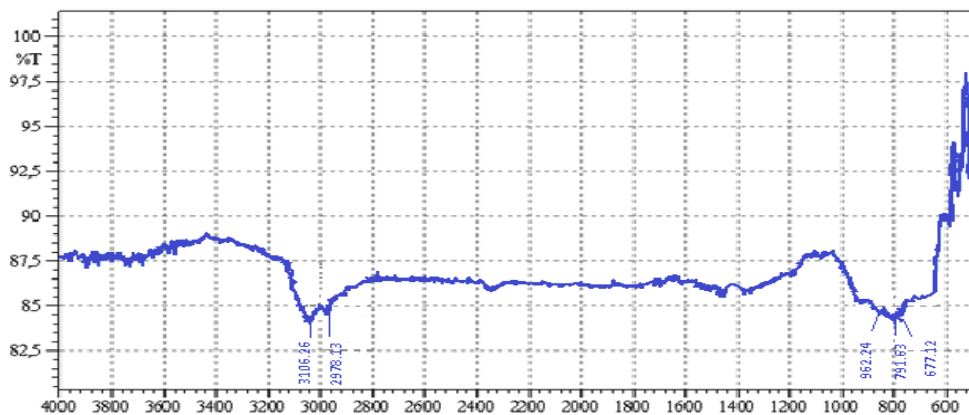


Figure 3 – Corrosion deposition spectrogram of the system with sodium diphosphate

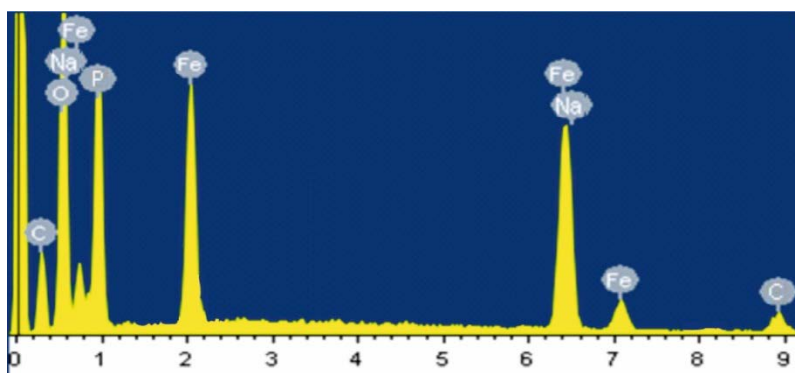


Figure 4 – Spectral scale of elements for corrosion deposition of a system with sodium diphosphate

The protective film was also analyzed on a raster electron microscope (Figure 4). The analysis was carried out on a modern instrument - a raster electron microscope JOOLJSM - 6490 LV. It was revealed that the corrosive deposits of this system contain oxygen - 25,78%, iron - 21,84%, phosphorus - 18,21%, carbon - 7,34% and sodium - 19,56%.

Conclusion.

1. Electrochemical studies of a model solution of formation water with a phosphorus-containing inhibitor in an aggressive environment containing carbon dioxide showed that the inhibitory effect of a diphosphate inhibitor is effective. This inhibitor slows down the reaction rate by 100 times, the depth corrosion index of this inhibitor is 0.1060 mm / year, the inhibition coefficient γ is 0.095.

2. The resulting protective film prevents the corrosion process. Thermodynamically, this system will be stable, as confirmed by the Pourbaix diagram. The passivity region in which the stable compound is formed corresponds to pH values from 6.82 to 11.2.

3. Analysis of corrosion deposits by IR spectrometry and also using a raster electron microscope proves that there is a change in the initial composition of phosphate, peaks within the range of 960-670 cm⁻¹, as well as 3100-2970 cm⁻¹ are formed in the IR spectrum of corrosion deposition. Proceeding from the fact that the magnitudes of the peaks of the spectrogram of corrosion deposits do not coincide with the literature data, the compound formed on the surface of the plate is not sodium diphosphate. This means that another compound has formed, which forms a protective film.

References

1. Vagapov, R. K. About inhibitory protection of equipment of producing oil wells / R. K. Vagapov // *Korroziya: materialy, zashchita*. - 2007. - № 10. - C. 9-13.
2. Kuznetsov, Yu. I. The possibilities of corrosion inhibition of pipeline equipment in the oil and gas industry / Yu. I. Kuznetsov, R. K. Vagapov, M. D. Getmanskyy // *Corrosion: materials, protection*. - 2007. - № 3. - C. 9-13.
3. Kichenko, S. B. The use of the NIAC MR 01-75 standard for assessing the corrosion activity of acidic media from the point of view of their possible influence on the cracking of carbon and low-alloy steels / S. B. Kichenko, A. B. Kichenko // *Anticorrosive protection practices*. - 2011. - № 4 (62). - C. 48-58.
4. Wharf, R. A. Assessment of the corrosion activity of Salym oil field media from the point of view of the possibility of causing sulfide cracking of field pipelines and equipment / R. A. Wharf, A. B. Kichenko // *Practice of anticorrosive protection*. - 2012. - № 1 (63). - C. 42-49.
5. Gonik, A. A. Prevention of corrosion deposits of iron sulfide in submersible electric pumps of oil wells / A. A. Gonik // *Protection of metals*. - 2002. - T. 38. - № 2. - C. 212-219.
6. Gafarov, N. A. Analysis of failures of equipment and pipelines of the Orenburg oil and gas condensate field / N. A. Gafarov, A. A. Goncharov, V. M. Kushnarenko, D. N. Shchepinov, Yu. A. Chirkov // *Protection of metals*. - 2003. - T. 39. - № 3. - C. 328-331.
7. Kichenko, S. B. Methods of well treatment with corrosion inhibitors and their features / S. B. Kichenko, A. B. Kichenko // *Practice of anticorrosive protection*. - 2012. - № 2 (64). - C. 26-37.
8. Vagapov, R. K. The choice of inhibitors for anticorrosive protection of steel equipment in oil fields / R. K. Vagapov // *Corrosion: materials, protection*. - 2007. - № 1. - C. 9-13.

Information about authors:

Niyazbekova A.B. – ¹Zhangir khan West Kazakhstan agrarian-technology University, Uralsk, Kazakhstan, e-mail: abnyazbekova@mail.ru, ORCID: 0000-0000-0000-0000.

Author B.B. – Academic degree, title, position, e-mail: email@email.com, ORCID: 0000-0000-0000-0000.

Author C.C. – Academic degree, title, position, e-mail: email@email.com, ORCID: 0000-0000-0000-0000.

Резюме

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОСФАТНЫХ ИНГИБИТОРОВ
КОРРОЗИИ В УГЛЕКИСЛОЙ СРЕДЕ**

А.Б. Ниязбекова, Т.А. Шакиров, Г.Н. Уринбаева

Коррозия приводит ежегодно к огромным убыткам, и решение этой проблемы является важной задачей. Одним из эффективных способов антикоррозионной защиты оборудования и трубопроводов в нефтедобывающей промышленности является применение ингибиторов коррозии. Ингибиторная защита является наиболее технологичным и эффективным способом борьбы с коррозией нефтепромыслового оборудования. В статье рассматриваются фосфатные ингибиторы коррозии комплексного действия в углекислой среде. Методика коррозионных испытаний общепринятая. Количественные показатели коррозионных процессов рассчитывались по формулам, оценка неопределенности измерений проводилась по алгоритму, с использованием коэффициента Стьюдента при доверительной вероятности 0,95. В ходе выполнения работы проводились потенциометрические определения рН коррозионных сред с применением комбинированного стеклянного электрода и иономера фотоколориметрическое определение содержания железа (III) с роданидом калия, а также методы инфракрасной спектроскопии и электронной микроскопии.

Ключевые слова: коррозия металлов, ингибиторы коррозии, углекислая среда, нефтегазовые месторождения.

Түйіндеме

**КӨМІРҚЫШҚЫЛ ОРТАСЫНДА КОРРОЗИЯНЫҢ ӘРТҮРЛІ ФОСФАТ
ИНГИБИТОРЛАРЫН ЗЕРТТЕУ**

А.Б. Ниязбекова, Т.А. Шакиров, Г.Н. Уринбаева

Коррозия жыл сайын үлкен шығындарға алып келеді және бұл мәселені шешу маңызды міндет болып табылады. Мұнай өндірісіндегі жабдықтар мен құбырларды коррозияға қарсы қорғаудың тиімді әдістерінің бірі коррозия ингибиторларын қолдану болып табылады. Ингибиторлық қорғаныс - бұл мұнай кәсіпшілігі жабдықтарының коррозиясымен күресудің ең технологиялық және тиімді әдісі. Мақалада көмірқышқыл ортасында күрделі әсер ететін коррозияның фосфат ингибиторлары қарастырылады. Коррозиялық сынау әдістемесі жалпы қабылданған. Коррозиялық процестердің сандық көрсеткіштері формулалар бойынша есептелді, өлшеулердің белгісіздігін бағалау алгоритм бойынша, 0,95 сенімділік ықтималдығымен Стьюдент коэффициентін қолдана отырып жүргізілді. Жұмысты орындау барысында біріктірілген шыны электрод пен иономерді қолдана отырып, коррозиялық ортаның рН-ын потенциометриялық анықтау және калий роданидмен темірдің (III) құрамын фотоколориметриялық анықтау, сондай-ақ инфрақызыл спектроскопия және электронды микроскопия әдістері жүргізілді.

Түйін сөздер: металл коррозиясы, коррозия ингибиторлары, көмірқышқыл газы, мұнай-газ кен орындары.

Ғылыми жарияланымдардың этикасы

Редакциялық алқа және "Қазақстанның химия журналы" ғылыми журналының (бұдан әрі – Журнал) бас редакторы "Жарияланымдар жөніндегі этика комитеті" ([Committee on Publication Ethics – COPE](http://publicationethics.org/about)) (<http://publicationethics.org/about>), "Еуропалық ғылыми редакторлар қауымдас­тығы" (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) және "Ғылыми жарияланымдар әдебі жөніндегі комитеттің" (<http://publicet.org/code/>) қабылданған халықаралық стандарттарды ұстанады.

Баспа қызметіндегі әділетсіз тәжірибені болдырмау мақсатында (плагиат, жалған ақпаратты ұсыну және т.б.) және ғылыми жарияланымдардың жоғары сапасын қамтамасыз ету, автордың алған ғылыми нәтижелерін жұртшылықпен тану мақсатында редакциялық кеңестің әрбір мүшесі, автор, рецензент, сондай-ақ баспа процесіне қатысатын мекемелер этикалық стандарттарды, нормалар мен ережелерді сақтауға және олардың бұзылуын болдырмау үшін барлық шараларды қабылдауға міндетті. Осы процеске қатысушылардың барлығының ғылыми жарияланым этикасы ережелерін сақтауы авторлардың зияткерлік меншік құқықтарын қамтамасыз етуге, басылым сапасын арттыруға және авторлық материалдарды жеке тұлғалардың мүддесі үшін заңсыз пайдалану мүмкіндігін болдырмауға ықпал етеді.

Редакцияға келіп түскен барлық ғылыми мақалалар міндетті түрде екі жақты шолудан өтеді. Журнал редакциясы мақаланың журнал профиліне, ресімдеу талаптарына сәйкестігін белгілейді және оны қолжазбаның ғылыми құндылығын айқындайтын және мақала тақырыбына неғұрлым жақын ғылыми мамандандырулары бар екі тәуелсіз рецензент – мамандарды тағайындайтын журналдың жауапты хатшысының бірінші қарауына жібереді. Мақалаларды рецензиялауды редакциялық кеңес және редакциялық алқа мүшелері, сондай-ақ басқа елдердің шақырылған рецензенттері жүзеге асырады. Мақалаға сараптама жүргізу үшін белгілі бір рецензентті таңдау туралы шешімді Бас редактор қабылдайды. Рецензиялау мерзімі 2-4 аптаны құрайды, бірақ рецензенттің өтініші бойынша ол ұзартылуы мүмкін.

Редакция мен рецензент қарауға жіберілген жарияланбаған материалдардың құпиялығын сақтауға кепілдік береді. Жариялау туралы шешімді журналдың редакциялық алқасы рецензиялаудан кейін қабылдайды. Қажет болған жағдайда қолжазба авторларға рецензенттер мен редакторлардың ескертулері бойынша пысықтауға жіберіледі, содан кейін ол қайта рецензияланады. Редакция этика ережелерін бұзған жағдайда мақаланы жариялаудан бас тартуға құқылы. Егер ақпаратты плагиат деп санауға жеткілікті негіз болса, жауапты редактор жариялауға жол бермеуі керек.

Авторлар редакцияға ұсынылған материалдардың жаңа, бұрын жарияланбаған және түпнұсқа екендігіне кепілдік береді. Авторлар ғылыми нәтижелердің сенімділігі мен маңыздылығына, сондай-ақ ғылыми этика қағидаттарын сақтауға, атап айтқанда, ғылыми этиканы бұзу фактілеріне жол бермеуге (ғылыми деректерді тұжырымдау, зерттеу деректерін бұрмалауға әкелетін бұрмалау, плагиат және жалған тең авторлық, қайталау, басқа адамдардың нәтижелерін иемдену және т. б.) жауапты болады.

Мақаланы редакцияға жіберу авторлардың мақаланы (түпнұсқада немесе басқа тілдерге немесе басқа тілдерге аударылған) басқа журналға(журналдарға) берме-

генін және бұл материал бұрын жарияланбағанын білдіреді. Әйтпесе, мақала авторларға авторлық құқықты бұзғаны үшін мақаланы қабылдамау туралы ұсыныспен дереу қайтарылады. Басқа автор жұмысының 10 пайызынан астамын оның авторлығын және дереккөзге сілтемесіз сөзбе-сөз көшіруге жол берілмейді. Алынған фрагменттер немесе мәлімдемелер автор мен бастапқы көзді міндетті түрде көрсете отырып жасалуы керек. Шамадан тыс көшіру, сондай-ақ кез-келген нысандағы плагиат, оның ішінде рәсімделмеген дәйексөздер, өзгерту немесе басқа адамдардың зерттеулерінің нәтижелеріне құқықтар иемдену этикалық емес және қолайсыз. Зерттеу барысына қандай да бір түрде әсер еткен барлық адамдардың үлесін мойындау қажет, атап айтқанда, мақалада зерттеу жүргізу кезінде маңызды болған жұмыстарға сілтемелер ұсынылуы керек. Қосалқы авторлардың арасында зерттеуге қатыспаған адамдарды көрсету болмайды.

Егер жұмыста қате табылса, редакторға тез арада хабарлау керек және бірге түзету туралы шешім қабылдау керек.

Қолжазбаны жариялаудан бас тарту туралы шешім рецензенттердің ұсынымдарына сәйкес редакциялық алқа отырысында қабылданады. Редакциялық алқаның шешімімен жариялауға ұсынылмаған мақала қайта қарауға қабылданбайды. Жариялаудан бас тарту туралы хабарлама авторға электрондық пошта арқылы жіберіледі.

Редакциялық алқа мақаланы жариялауға жіберу туралы шешім қабылдағаннан кейін редакция бұл туралы авторға хабарлайды және жариялау мерзімін көрсетеді. Рецензиялардың түпнұсқалары журналдың редакциясында 3 жыл бойы сақталады.

Этика научных публикаций

Редакционная коллегия и главный редактор научного журнала «Химический журнал Казахстана» (далее – Журнал) придерживаются принятых международных стандартов «Комитета этики по публикациям» (*Committee on Publication Ethics – COPE*) (<http://publicationethics.org/about>), «Европейской ассоциации научных редакторов» (*European Association of Science Editors – EASE*) (<http://www.ease.org.uk>) и «Комитета по этике научных публикаций» (<http://publicet.org/code/>).

Во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (плагиат, изложение недостоверных сведений и др.) и в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, признания общественностью, полученных автором научных результатов, каждый член редакционного совета, автор, рецензент, а также учреждения, участвующие в издательском процессе, обязаны соблюдать этические стандарты, нормы и правила и принимать все меры для предотвращения их нарушений. Соблюдение правил этики научных публикаций всеми участниками этого процесса способствует обеспечению прав авторов на интеллектуальную собственность, повышению качества издания и исключению возможности неправомерного использования авторских материалов в интересах отдельных лиц.

Все научные статьи, поступившие в редакцию, подлежат обязательному двойному слепому рецензированию. Редакция Журнала устанавливает соответствие статьи профилю Журнала, требованиям к оформлению и направляет ее на первое рассмотрение ответственному секретарю Журнала, который определяет научную ценность рукописи и назначает двух независимых рецензентов – специалистов, имеющих наиболее близкие к теме статьи научные специализации. Рецензирование статей осуществляется членами редакционного совета и редакционной коллегии, а также приглашенными рецензентами других стран. Решение о выборе того или иного рецензента для проведения экспертизы статьи принимает главный редактор. Срок рецензирования составляет 2-4 недели, но по просьбе рецензента он может быть продлен.

Редакция и рецензент гарантируют сохранение конфиденциальности неопубликованных материалов присланных на рассмотрение работ. Решение о публикации принимается редакционной коллегией Журнала после рецензирования. В случае необходимости рукопись направляется авторам на доработку по замечаниям рецензентов и редакторов, после чего она повторно рецензируется. Редакция оставляет за собой право отклонить публикацию статьи в случае нарушения правил этики. Ответственный редактор не должен допускать к публикации информацию, если имеется достаточно оснований полагать, что она является плагиатом.

Авторы гарантируют, что представленные в редакцию материалы являются новыми, ранее неопубликованными и оригинальными. Авторы несут ответственность за достоверность и значимость научных результатов, а также соблюдение принципов научной этики, в частности, недопущение фактов нарушения научной этики (фабрикация научных данных, фальсификация, ведущая к искажению исследовательских данных, плагиат и ложное соавторство, дублирование, присвоение чужих результатов и др.)

Направление статьи в редакцию означает, что авторы не передавали статью (в оригинале или в переводе на другие языки или с других языков) в другой журнал(ы)

и что этот материал не был ранее опубликован. В противном случае статья немедленно возвращается авторам с рекомендацией отклонить статью за нарушение авторских прав. Не допускается дословное копирование более 10 процентов работы другого автора без указания его авторства и ссылок на источник. Заимствованные фрагменты или утверждения должны быть оформлены с обязательным указанием автора и первоисточника. Чрезмерные заимствования, а также плагиат в любых формах, включая неоформленные цитаты, перефразирование или присвоение прав на результаты чужих исследований, неэтичны и неприемлемы. Необходимо признавать вклад всех лиц, так или иначе повлиявших на ход исследования, в частности, в статье должны быть представлены ссылки на работы, которые имели значение при проведении исследования. Среди соавторов недопустимо указывать лиц, не участвовавших в исследовании.

Если обнаружена ошибка в работе, необходимо срочно уведомить редактора и вместе принять решение об исправлении.

Решение об отказе в публикации рукописи принимается на заседании редакционной коллегии в соответствии с рекомендациями рецензентов. Статья, не рекомендованная решением редакционной коллегии к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Сообщение об отказе в публикации направляется автору по электронной почте.

После принятия редколлегией Журнала решения о допуске статьи к публикации редакция информирует об этом автора и указывает сроки публикации. Оригиналы рецензий хранятся в редакции Журнала в течение 3 лет.

Ethics of scientific publications

The editorial board and editor-in-chief of the scientific journal “Chemical Journal of Kazakhstan” (hereinafter - the Journal) adhere to the accepted international standards of “the Committee on Publication Ethics” (COPE) (<http://publicationethics.org/about>), “European Association of Science Editors – EASE” (<http://www.ease.org.uk>) and “Committee on the Ethics of Scientific Publications” (<http://publicet.org/code/>).

Public recognition of the scientific results obtained by the author, each member of the editorial board, author, reviewer, as well as institutions involved in the publishing process is obliged to comply with ethical standards, norms, and rules and take all measures to prevent violations thereof. This is needed to avoid unfair practice in publishing activities (plagiarism, presentation of false information, etc.) and to ensure the high quality of scientific publications. Compliance with the rules of ethics of scientific publications by all participants in this process contributes to ensuring the rights of authors to intellectual property, improving the quality of the publication, and excluding the possibility of illegal use of copyright materials in the interests of individuals.

All scientific articles submitted to the editorial office are subject to mandatory double-blind review. The editorial board of the Journal establishes the correspondence of the article to the profile of the Journal, the requirements for registration and sends it for the first consideration to the executive secretary of the Journal, who determines the scientific value of the manuscript and appoints two independent reviewers - specialists who have scientific specializations closest to the topic of the article. Reviewing of articles is carried out by members of the editorial board and editorial board, as well as invited reviewers from other countries. The decision on choosing a reviewer for the examination of the article is made by the editor-in-chief. The review period is 2-4 weeks, but it can be extended at the request of the reviewer.

The editorial board and the reviewer guarantee the confidentiality of unpublished materials sent for consideration. The decision on publication is made by the editorial board of the Journal after reviewing. The manuscript is sent to the authors for revision based on the comments of reviewers and editors if necessary. After which, it is re-reviewed. The editors reserve the right to reject the publication of an article in case of a violation of the rules of ethics. The executive editor should not allow information to be published if there are sufficient grounds to believe that it is plagiarism.

The authors guarantee that the submitted materials to the editorial office are new, previously unpublished, and original. Authors are responsible for the reliability and significance of scientific results, as well as adherence to the principles of scientific ethics, in particular, the prevention of violations of scientific ethics (fabrication of scientific data, falsification leading to distortion of research data, plagiarism, and false co-authorship, duplication, appropriation of other people's results, etc.).

The submission of an article to the Editorial Board means that the authors did not transmit the article (in original or translation into other languages or from other languages) to another journal (s), and this material has not been previously published. Otherwise, the article is immediately returned to the authors with a recommendation to reject the article for copyright infringement. Verbatim copying of more than 10 percent of another author's work is not allowed without indicating his authorship and links to the source. Borrowed fragments or statements must be made with the obligatory indication of

the author and the source. Excessive borrowing as well as plagiarism in any form, including unofficial quotations, paraphrasing, or appropriation of rights to the results of other people's research, is unethical and unacceptable. It is necessary to recognize the contribution of all persons, who in one way or another influenced the course of the research in particular the article, should contain references to works that were of importance in the conduct of the research. Among the co-authors, it is inadmissible to indicate persons who did not participate in the study.

If an error is found in work, it is necessary to notify the editor and together make a decision on the correction.

The decision to refuse publication of the manuscript is made at a meeting of the editorial board by the recommendations of the reviewers. An article not recommended for publication by the decision of the editorial board is not accepted for reconsideration. The refusal to publish is sent to the author by e-mail.

After the editorial board of the Journal decides on the admission of the article for publication, the editorial board informs the author about it and indicates the terms of publication. The originals of the reviews are kept in the editorial office for three years.

Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 25.06.2021.
Формат 70x100 ¹/₁₆. 9,8 п.л. Бумага офсетная. Тираж 500.

Типография ТОО «Luxe Media Group»
г. Алматы, ул. Станиславского, 43