

## INFLUENCE OF ADDITIVE ON THE PROCESS OF PRODUCING PHOSPHORUS-CONTAINING COMPOSITE MATERIALS

R.A. Kaiynbayeva\*, G. Sh. Sultanbayeva, R.M. Chernyakova, U.Zh. Jussipbekov, N.N. Kozhabekova, A.K. Shakirova

<sup>1</sup>A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan

\*E-mail: [raushan\\_1972@mail.ru](mailto:raushan_1972@mail.ru)

**Abstract:** *Introduction.* The phosphorus industry of the Republic of Kazakhstan produces mineral fertilizers, as well as phosphate salts and multifunctional materials. Phosphate salts, including orthophosphates, pyrophosphates, triphosphates, polyphosphates, are effective anti-corrosion materials. *The purpose of this work* is to study the effect of additives on the production of phosphate-containing composite materials. *Results and discussion.* Analysis of the obtained results showed that the anticorrosion properties of compositions based on potassium dihydrogen monophosphate with the addition of potassium sulfate and boric acid are influenced by the same factors as in the case of individual salts. In tap water, the composition “ $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4$ ” is characterized by lower values of  $V_{\text{cor}}$  and  $V_{\text{ex}}$  compared to the  $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{H}_3\text{BO}_3$  system. The degree of metal protection when adding potassium sulfate to tap water is 11.25% higher than when adding boric acid. However, in chloride-containing water, the nature of the additive does not affect the anti-corrosion properties of the composite system. The degree of protection in the studied compositions is almost the same ( $Z = 55.41-55.07\%$ ). It was revealed that in tap water in the “ $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4/\text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ ” systems the degree of corrosion and deposits is noticeably lower compared to their values in a chloride-containing environment and, accordingly, the degree of protection in tap  $\text{H}_2\text{O}$  is (17.10-5.85)% higher compared to a chloride-containing environment. Conclusion. It has been shown that in tap water in the “ $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4/\text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ ” systems the degree of corrosion and deposits is noticeably lower compared to their values in a chloride-containing environment, and accordingly, the degree of protection in tap  $\text{H}_2\text{O}$  is (17.10-5.85)% higher compared to a chloride-containing environment. When sulfate or borate ions are introduced into a solution, the rate of the iron ionization reaction in sulfuric acid can decrease, passivation of the metal occurs and the  $Z$  of the metal increases.

**Key words:** potassium dihydrogen monophosphate, potassium sulfate, boric acid, phosphate-containing materials, corrosion rate, degree of protective effect.

<i>Raushan Alibekovna Kaiynbayeva</i>	<i>Candidate of Technical Sciences, e-mail: <a href="mailto:raushan_1972@mail.ru">raushan_1972@mail.ru</a></i>
<i>Gita Shamilyevna Sultanbayeva</i>	<i>Candidate of Technical Sciences, e-mail: <a href="mailto:sultanbaeva@mail.ru">sultanbaeva@mail.ru</a></i>
<i>Raissa Michailovna Chernyakova</i>	<i>Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: <a href="mailto:chernyakova1947@mail.ru">chernyakova1947@mail.ru</a></i>
<i>Umirzak Zhumasilovich Dzhusipbekov</i>	<i>Corresponding Member of the NAS RK, Professor, Doctor of Technical Sciences, e-mail: <a href="mailto:jussipbekov@mail.ru">jussipbekov@mail.ru</a></i>
<i>Nazym Nurgudirovna Kozhabekova</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, e-mail: <a href="mailto:kojabekova@mail.ru">kojabekova@mail.ru</a></i>
<i>Ainur Kyzymbekovna Shakirova</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, e-mail: <a href="mailto:sh_ainura1029@mail.ru">sh_ainura1029@mail.ru</a></i>

**Citation:** Kaiynbayeva R.A., Sultanbayeva G.Sh., Chernyakova R.M., Jussipbekov U.Zh., Kozhabekova N.N., Shakirova A.K. Influence of additive on the process of producing phosphorus-containing composite materials. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 1(85), 17-27. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.02>

## ПОЛУЧЕНИЕ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Р.А. Кайынбаева\**, *Г. Ш. Султанбаева*, *Р.М. Чернякова*, *У.Ж. Джусипбеков*,  
*Н.Н. Кожобекова*, *А.К. Шакирова*

*АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан*

*\*E-mail: raushan\_1972@mail.ru*

**Резюме:** *Введение.* Фосфорная промышленность Республики Казахстан выпускает минеральные удобрения, а также фосфатные соли и материалы полифункционального назначения. Фосфатные соли, в том числе ортофосфаты, пирофосфаты, трифосфаты, полифосфаты относятся к эффективным противокоррозионным материалам. *Целью данной работы* является исследование влияние добавок на получение фосфатсодержащих композиционных материалов. *Результаты и обсуждение.* Анализ полученных результатов показал, что на антикоррозионные свойства композиций на основе дигидромонофосфата калия с добавками сульфата калия и борной кислоты оказывают влияние те же факторы, что и в случае индивидуальных солей. В водопроводной воде композиция « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4$ » характеризуется более низкими значениями  $V$  корр. и  $V_{\text{отл}}$  по сравнению с системой « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{H}_3\text{BO}_3$ ». Степень защиты металла при введении сульфата калия в водопроводной воде на 11.25 % выше, чем при добавке борной кислоты. Однако в хлоридсодержащей воде природа добавки не влияет на антикоррозионные свойства композиционной системы. Степень защиты в исследуемых композициях практически одинакова ( $Z=55.41-55.07$  %). Выявлено, что в водопроводной воде в системах « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4/ \text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ » степень коррозии и отложения заметно ниже по сравнению с их значениями в хлоридсодержащей среде и соответственно степень защиты в  $\text{H}_2\text{O}_{\text{водпр}}$  на (17.10-5.85) % больше по сравнению с хлоридсодержащей средой. *Заключение.* Показано, что в водопроводной воде в системах « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4/ \text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ » степень коррозии и отложения заметно ниже по сравнению с их значениями в хлоридсодержащей среде, и соответственно степень защиты в  $\text{H}_2\text{O}_{\text{водпр}}$  на (17.10-5.85) % больше по сравнению с хлоридсодержащей средой. При введении в раствор сульфат- или борат- ионов скорость реакции ионизации железа в серной кислоте может снижаться, происходит пассивация металла и повышается  $Z$  металла.

**Ключевые слова:** дигидромонофосфат калия, сульфат калия, борная кислота, фосфатсодержащие материалы, скорость коррозии, степень защитного действия

<i>Кайынбаева Раушан Алибековна</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Султанбаева Гита Шамильевна</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Чернякова Раиса Михайловна</i>	<i>Доктор технических наук, профессор</i>
<i>Джусипбеков Умирзак Жумасиливич</i>	<i>Член-корр. НАН РК, профессор, доктор технических наук</i>
<i>Кожобекова Назым Нургудыровна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>
<i>Шакирова Айнур Кызырбековна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>

## 1. Введение

В настоящее время фосфорная промышленность Республики Казахстан выпускает минеральные удобрения, а также фосфатные соли и материалы полифункционального назначения. Неорганические фосфатные соли являются традиционными ингибиторами для защиты оборудования и систем тепловодоснабжения от внутренней коррозии. Их широкое применение обусловлено с их экономической и технологической доступностью, с другой – санитарно гигиеническими требованиями: они не токсичны. В частности, ортофосфаты, пирофосфаты, трифосфаты, полифосфаты [1] относятся к

эффективным противокоррозионным материалам, способны к образованию защитной пленки на металле [2].

Фосфаты калия  $K_5P_3O_{10}$  в частности метафосфат калия, широко используются в производстве стекла и удобрений для сельскохозяйственных растений, а также в промышленности как ингибитор коррозии, средства против образования накипи [3]. Метафосфат калия получают из водного раствора хлорида калия и ортофосфорной кислоты и дегидратацией промежуточного продукта-дигидрофосфата калия при 350-450°C [4]. Растворимые в воде ортофосфаты, в том числе и монофосфат калия, получают добавлением необходимых количеств ортофосфорной кислоты  $H_3PO_4$  к растворам гидроксидов или карбонатов.

Растворимость фосфатов можно повысить путем введения в их состав катионов или анионов, например цинка (II), борат-ионов [5],[6]. Известно, что соединения бора, такие как бораты, бороглюконаты и др. также являются ингибиторами коррозии металлов в водных средах [7-8], защитное действие которых обусловлено адсорбцией и образованием плохо растворимых комплексов на поверхности металла, зависящих от концентрации ингибиторов, pH среды и присутствия в растворе других ионов. Наиболее высокими противокоррозионными свойствами обладают пленки, образующиеся на металле в композиционных растворах, одновременно включающих несколько компонентов [9-12]. К перспективным ингибиторам коррозии относятся монофосфаты щелочных Me. Защитный эффект индивидуальных монофосфатов и композиций на их основе не зависит от содержания в воде хлоридов [13]. Известно, что борат- и сульфатсодержащие соли доступны, синтезируются в мягких условиях [14]. Однако в научной литературе недостаточно данных об их ингибирующих свойствах.

Таким образом, наиболее целесообразным как с экономической, так и технологической точек зрения является разработка фосфатсодержащих материалов на основе дигидромонофосфата калия с различными добавками. **Целью данной работы** является исследование неорганических добавок на получение фосфорсодержащих композиционных материалов в системах « $KH_2PO_4 - K_2SO_4$ » и « $KH_2PO_4 - H_3BO_3$ ».

## 2. Экспериментальная часть

В работе в качестве фосфатных солей использовали дигидромонофосфат калия марки «х.ч.». В качестве добавок для получения фосфатсодержащих материалов применяли сульфат калия марки «х.ч.», борную кислоту марки «х.ч.». с концентрацией реагентов от 2.0 до 10.0 мг/л. Коррозионной средой служили водопроводная вода и 1 М раствор хлорида натрия NaCl. В качестве образцов-свидетелей использовали стальные пластинки размерами 20x45x1мм. Изучение ингибирующих свойств фосфорсодержащих композиционных материалов проводили по стандартной методике в статических условиях, при комнатной температуре.

### 3. Результаты и обсуждение

Выявлено, что дигидромонофосфат калия в водной и хлоридсодержащей средах проявляет защитные свойства (рисунок 1, 1,2 кривые). Скорость коррозии с повышением концентрации  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  уменьшается по сравнению с контрольным опытом (рисунок 1, кривая 2). Однако при повышенной концентрации дигидромонофосфата калия  $C_{\text{KH}_2\text{PO}_4}$  равной 10 мг/л наблюдается незначительное увеличение скорости коррозии металла. При этом, максимальная степень защиты металлов  $Z$  в водопроводной воде достигается при  $C_{\text{KH}_2\text{PO}_4}$  равной 8 мг/л ( $Z=32.61\%$ ). А в хлоридсодержащей среде в интервале концентраций дигидромонофосфата калия кривая (рисунок 1, кривая 3) имеет волнообразный характер.

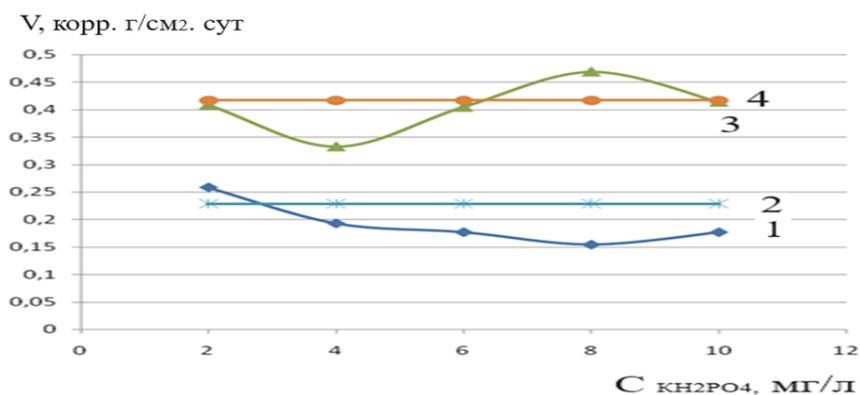
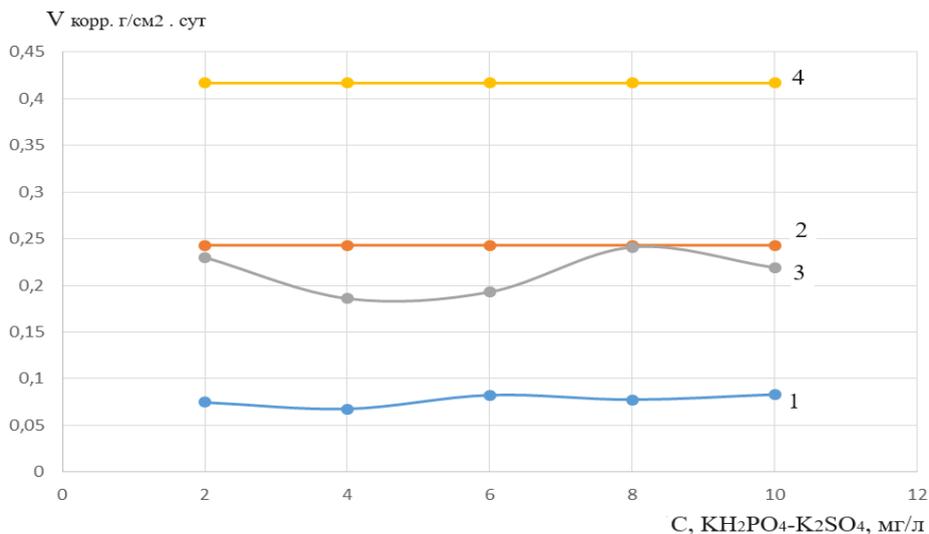


Рисунок 1- Влияние концентрации дигидромонофосфата калия в водной (1,3) и хлоридсодержащей средах (2,4).

При добавке низких концентраций реагента (до 4 мг/л) наблюдается снижение скорости коррозии, а с увеличением концентрации от 6 до 8 мг/л скорость коррозии повышается по сравнению с контрольным опытом (рисунок 1, кривая 4).

При этом максимальная степень защиты металлов  $Z$  в хлоридсодержащей среде при концентрации 4 мг/л  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  составляет 20.10 %. В водопроводной воде степень защиты выше на 12.52 %, чем в 0.1 М растворе  $\text{NaCl}$ . Однако в обоих типах вод значения  $Z$  невысокое. Для замедления процесса коррозии в качестве добавок к раствору  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  использовали  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .

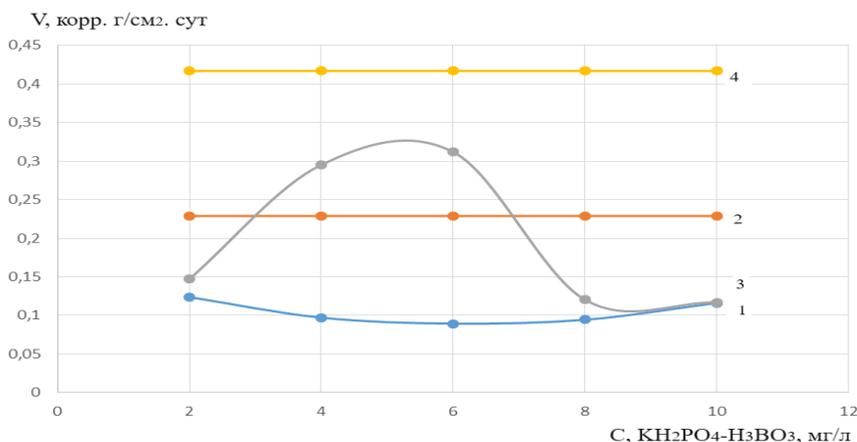
Как видно из результатов, представленных на рисунке 2, добавка  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и  $\text{H}_3\text{BO}_3$  к раствору дигидромонофосфату калия ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) повышает степень защиты металла в обоих типах вод по сравнению с отдельно взятыми компонентами (рисунок 2,3).



**Рисунок 2-** Влияние концентрации сульфата калия в системе  $KH_2PO_4 - K_2SO_4$  в водной (1,3) и хлоридсодержащей средах (2,4).

Найдено, то с ростом  $C_{K_2SO_4}$  от 2 до 4 мг/л скорость коррозии и отложения снижается, по сравнению с контрольным опытом. (рисунок 2, кривые 1,2). Так, в водопроводной воде  $V_{корр.}$  уменьшается на 0,0077 мм/год и  $V_{отл.}$  на 0,0366 мг/см<sup>2</sup>·сут, а в хлоридсодержащей среде  $V_{корр.}$  и  $V_{отл.}$  снижаются соответственно на 0,0492 мм/год и на 0,0408 мг/см<sup>2</sup>·сут. Степень защиты металла в  $H_2O_{вод.}$  достигает 72,17 %, а в  $H_2O_{хлорид.}$  – 55,41 %. То есть сульфат калия в водопроводной  $H_2O$  повышает  $Z$  на 56,48 %, а в хлоридсодержащей  $H_2O$  на 35,31 % по сравнению с индивидуальным  $KH_2PO_4$ . Дальнейшее повышение  $C_{K_2SO_4}$  увеличивает  $V_{корр.}$  и  $V_{отл.}$ , соответственно степень защиты падает.

Из результатов (рисунок 3, кривые 1,2) следует, что повышение концентрации  $H_3BO_3$  в водопроводной  $H_2O$  с 2 до 6 % повышает эффективность снижения скорости коррозии и образования коррозионных отложений. В водопроводной воде с 6 % содержанием дигидромонофосфата калия  $V_{корр.}$  снижается в 1,53 раза по сравнению с 2 % раствором. Степень защиты достигает максимального значения 60,92 %. Дальнейшее повышение содержания  $H_3BO_3$  увеличивает  $V_{корр.}$  и  $V_{отлож.}$  осадка, а степень защиты снижается. В хлоридсодержащей воде (рисунок 3, кривые 3,4) рост концентрации  $H_3BO_3$  повышает защитную эффективность солевой среды. При  $C_{H_3BO_3}$  равной 10 мг/л скорость коррозии уменьшается в 1,26 раза, а скорость солеотложения в 1,33 раза по сравнению с 2 % его содержанием. Соответственно степень защиты металла возрастает с 47,8 % при  $C_{H_3BO_3}$  равной 2 % до 55,07 % при  $C_{H_3BO_3} = 10$  %.



**Рисунок 3** - Влияние концентрации борной кислоты в системе  $\text{KН}_2\text{PО}_4 - \text{H}_3\text{BО}_3$  в водной (1,3) и хлоридсодержащей средах (2,4).

**Таблица 1** – Коррозионные свойства индивидуальных солей в различных средах при оптимальных их концентрациях.

Тип соли	$C_{\text{соли}}$ , мг/л	Потеря массы $\Delta m_{\text{кор}}$ , г	Получ. Масса $\Delta m_{\text{отл}}$ , г	$V_{\text{корр.}}$ мм/год	$V_{\text{отл.}}$ мг/см <sup>2</sup> · сут	Z, %
Водопроводная вода						
$\text{KН}_2\text{PО}_4$	8	0.0219	0.0357	0.1710	0.2510	32.61
$\text{K}_2\text{SО}_4$	4	0.0242	0.0181	0.1889	0.1275	29.85
$\text{H}_3\text{BО}_3$	10	0.0255	0.0492	0.1991	0.3465	21.54
Хлоридсодержащая вода						
$\text{KН}_2\text{PО}_4$	4	0.0473	0.0865	0.3690	0.6092	20.10
$\text{K}_2\text{SО}_4$	4	0.0434	0.0788	0.3389	0.5549	26.95
$\text{H}_3\text{BО}_3$	10	0.0414	0.0834	0.3233	0.5873	30.07

На эффективность антикоррозионной смеси оказывает влияние природа вводимой в дигидромонофосфатсодержащий раствор антикоррозионной добавки и тип используемой воды. Сравнительный анализ коррозионной эффективности растворов, приготовленных из отдельно взятых солей, показал, что  $V_{\text{корр.}}$  и  $V_{\text{отл.}}$  в водопроводной воде уменьшается по следующему ряду:  $V_{\text{KН}_2\text{PО}_4} > V_{\text{K}_2\text{SО}_4} > V_{\text{H}_3\text{BО}_3}$ , а в хлоридсодержащей воде в порядке:  $V_{\text{H}_3\text{BО}_3} > V_{\text{K}_2\text{SО}_4} > V_{\text{KН}_2\text{PО}_4}$  (таблица 1). В водопроводной воде более эффективными являются  $\text{KН}_2\text{PО}_4$  и  $\text{K}_2\text{SО}_4$ , Z которых соответственно на 12.51 и 2.9 % выше, чем в хлоридсодержащей среде. В хлоридсодержащей среде борная кислота имеет более высокие антикоррозионные свойства, чем в водопроводной воде. Степень защиты борной кислоты в хлоридсодержащей  $\text{H}_2\text{O}$  на 8.53 % выше.

**Таблица 2** – Влияния природы добавляемой соли и типа воды на коррозионную активность в системах « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4 / \text{H}_3\text{BO}_3$ ».

Тип соли	С <sub>соли</sub> , мг/л	Потеря массы $\Delta m$ кор, г	Получ. Масса $\Delta m$ отл, г	V корр. мм/год	V <sub>отл.</sub> , мг/см <sup>2</sup> ·сут	Z, %
Водопроводная вода						
$\text{K}_2\text{SO}_4$	4	0.0096	0.0070	0.0750	0.0493	72.17
$\text{H}_3\text{BO}_3$	6	0.0127	0.0156	0.0992	0.1099	60.92
Хлоридсодержащая вода						
$\text{K}_2\text{SO}_4$	4	0.0264	0.0099	0.6144	0.0697	55.41
$\text{H}_3\text{BO}_3$	10	0.0266	0.0300	0.1296	0.1761	55.07

На антикоррозионные свойства композиций на основе дигидромонофосфата калия с добавками сульфата калия и борной кислоты оказывают влияние те же факторы, что и в случае индивидуальных солей (таблица 2). В водопроводной воде композиция « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4$ » характеризуется более низкими значениями V корр. и V<sub>отл.</sub> По сравнению с системой « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{H}_3\text{BO}_3$ ». Степень защиты металла при введении сульфата калия в водопроводной воде на 11.25 % выше, чем при добавке борной кислоты. Однако в хлоридсодержащей воде природа добавки не влияет на антикоррозионные свойства композиционной системы. Степень защиты в исследуемых композициях практически одинакова (Z=55.41-55.07 %). Выявлено, что в водопроводной воде в системах « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4 / \text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ » степень коррозии и отложения заметно ниже по сравнению с их значениями в хлоридсодержащей среде и соответственно степень защиты в H<sub>2</sub>O водпр на (17.10-5.85) % больше по сравнению с хлоридсодержащей средой.

Химизм процесса антикоррозионного действия фосфатов заключается в том, что металл при контакте с раствором дигидромонофосфата калия реагирует с ионами  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  с образованием фосфатных пленок  $\text{M}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{MH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{M}_3(\text{PO}_4)_2$  [15,16]. В начале процесса адсорбируются двухзарядные анионы ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) с образованием первичного слоя, на котором осаждается пористый слой третичных фосфатов  $\text{Me}_3(\text{PO}_4)_2$ . При введении в раствор сульфат- или борат- ионов скорость реакции ионизации железа в серной кислоте может снижаться [17], происходит пассивация металла и повышается Z металла. В присутствии ускорителей формируются более плотные фосфатные слои с меньшими размерами кристаллов [16]. В хлоридсодержащей среде ион  $\text{Cl}^-$  нарушает пассивное состояние Me:  $\text{Me} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{MeCl}_2 + 2e^-$ . Поэтому степень защиты полученных композиционных материалов в хлоридсодержащей среде несколько ниже, чем в водопроводной воде. Анализ полученных результатов показал, что

одновременное присутствие в исследуемых типах вод ионов  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  с ионами  $\text{SO}_4^{2-}$  или  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  с ионами  $\text{BO}_3^{3-}$  приводит к синергетическому эффекту, что отражается на улучшении антикоррозионных характеристик композиционных материалов на основе дигидромонофосфата калия.

#### 4. Заключение

Выявлено, что на антикоррозионные свойства индивидуальных солей  $\text{KN}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и борной кислоты  $\text{H}_3\text{BO}_3$  оказывает влияние природа иона используемого соединения и тип воды. В водопроводной воде наиболее эффективным является дигидрофосфат калия  $\text{KN}_2\text{PO}_4$ , а в хлоридсодержащей среде – борная кислота  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Скорость коррозии и солеотложения в водопроводной воде уменьшается по ряду:  $\text{VKH}_2\text{PO}_4$  ( $Z=32.61\%$ ) >  $\text{VK}_2\text{SO}_4$  ( $Z=29.85\%$ ) >  $\text{VH}_3\text{BO}_3$  ( $Z=21.54\%$ ), а в хлоридсодержащей воде:  $\text{V H}_3\text{BO}_3$  ( $Z=30.07\%$ ) >  $\text{VK}_2\text{SO}_4$  ( $Z=26.95\%$ ) >  $\text{VKH}_2\text{PO}_4$  ( $Z=20.10\%$ ). В водопроводной  $\text{H}_2\text{O}$  эффективность  $\text{KN}_2\text{PO}_4$  и  $\text{K}_2\text{SO}_4$  одинакова, а в хлоридсодержащей среде коррозионная эффективность близка между  $\text{K}_2\text{SO}_4$  и  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Композиционные смеси на основе  $\text{KN}_2\text{PO}_4$  с добавкой  $\text{K}_2\text{SO}_4$  или  $\text{H}_3\text{BO}_3$  имеют более низкую скорость коррозии и отложения по сравнению с индивидуальными солями за счет синергетического эффекта между ионами  $\text{H}_2\text{PO}_4^- - \text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{H}_2\text{PO}_4^- - \text{BO}_3^{3-}$ . Выявлено, что степень защиты металла в водопроводной воде, содержащей монофосфат калия при введении  $\text{K}_2\text{SO}_4$  на 11.25 % выше, чем при добавке  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , а в хлоридсодержащей воде природа добавки не влияет на антикоррозионные свойства композиционной системы и степень защиты в исследуемых композициях практически одинакова ( $Z=55.41-55.07\%$ ).

**Финансирование.** Данная работа выполнена по программе РК № BR 18574042 «Инновационные методы синтеза и технологии получения функциональных неорганических и органических веществ и материалов из природного и техногенного сырья» на 2023–2024 годы, осуществляемого Комитетом науки Министерства образования и науки.

**Конфликт интересов:** Конфликт интересов между авторами отсутствует.

#### ҚҰРАМЫНДА ФОСФОР КОМПОЗИТТЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУ

*Р.А. Қайынбаева\*, Г. Ш. Сұлтанбаева, Р.М. Чернякова, Ө.Ж. Жүсіпбеков, Н.Н. Қожабекова, А.Қ. Шакирова*

*«Ә.Б.Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан*

*\*E-mail: [raushan\\_1972@mail.ru](mailto:raushan_1972@mail.ru)*

**Түйіндемe.** *Кіріспе.* Қазақстан Республикасының фосфор өнеркәсібі минералды тыңайтқыштарды, сонымен қатар фосфат тұздарын және көп функциялы материалдарды шығарады. Фосфат тұздары, соның ішінде ортофосфаттар, пирофосфаттар, трифосфаттар, полифосфаттар коррозияға қарсы тиімді материалдар болып табылады. Бұл жұмыстың мақсаты – құрамында фосфат бар композициялық материалдар өндірісіне қоспалардың әсерін зерттеу. Нәтижелер мен пікірталас. Алынған нәтижелерді талдау калий сульфаты мен бор қышқылы қосылған калий дигидроген монофосфаты негізіндегі композициялардың коррозияға қарсы қасиеттеріне жеке тұздардағы сияқты факторлар әсер ететінін көрсетті. Крандағы суда « $\text{KN}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4$ » құрамы  $V_{\text{сорд}}$ ның төмен мәндерімен сипатталады. және Векс.  $\text{KN}_2\text{PO}_4 - \text{H}_3\text{BO}_3$  жүйесімен салыстырғанда. Кран

суына калий сульфатын қосқанда металды қорғау дәрежесі бор қышқылын қосқандағыдан 11.25% жоғары. Бірақ құрамында хлориді бар суда қоспаның табиғаты композициялық жүйенің коррозияға қарсы қасиеттеріне әсер етпейді. Зерттелетін композициялардағы қорғаныс дәрежесі бірдей дерлік ( $Z = 55.41-55.07\%$ ). « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4/\text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ » жүйелеріндегі ағын суларында коррозия мен шөгінділердің хлоридті ортадағы мәндерімен және сәйкесінше  $\text{H}_2\text{O}/\text{dpr}$ -дағы қорғаныс дәрежесімен салыстырғанда айтарлықтай төмен екендігі анықталды. хлориді бар ортамен салыстырғанда (17.10-5.85)%-ға жоғары. Қорытынды. « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4/\text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ » жүйелеріндегі ағынды суларда коррозия мен шөгінділердің деңгейі хлоридті ортадағы мәндерімен салыстырғанда айтарлықтай төмен екендігі және сәйкесінше, қорғау дәрежесі де көрсетілген. Құрамында хлориді бар ортамен салыстырғанда  $\text{H}_2\text{O}/\text{dpr}$  (17.10-5.85) %-ға жоғары. Ерітіндіге сульфат немесе борат иондарын енгізгенде күкірт қышқылында темірдің иондану реакциясының жылдамдығы төмендеуі мүмкін, металдың пассивтенуі жүреді және металдың  $Z$  жоғарылайды.

**Түйін сөздер:** калий дигидроген монофосфаты, калий сульфаты, бор қышқылы, құрамында фосфат бар материалдар, коррозия жылдамдығы, қорғаныс әсерінің дәрежесі.

<i>Раушан Алибековна Қайынбаева</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Гита Шамильевна Сұлтанбаева</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Раиса Михайловна Чернякова</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Өмірзақ Жұмасылұлы Жүсіпбеков</i>	<i>ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, профессор, техника ғылымдарының докторы</i>
<i>Назым Нұрғұдырқызы Қожабекова</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Айнұр Қызырбекқызы Шакирова</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>

### Список литературы:

1. Козлова Л.С., Сибилова С.В., Чесноков Д.В., Кутырев А.Е. Ингибиторы коррозии (обзор) *Авиационные материалы и технологии*. **2015**, No. 2, 67-75. <https://doi.org/10.18577/1207191402015026775>
2. Серазетдинов Д.З., Менлибаев А.М., Синяев В.А. и др. Химия и технология плавящихся полифосфатов. Алма-Ата Наука. **1989**, 176 с.
3. Электронный ресурс: <https://pcgroup.ru/blog/fosfaty-kaliya-poleznye-reaktivy-dlya-selskogo-hozyajstva-i-promyshlennosti/>
4. Б.Х. Хазиханова. Метафосфат калия на основе хлорида калия и соли грэма в системе К, Na, Cl,  $\text{PO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  Вестник КазНУ. *Серия химическая*, **2011**, No. 4, 64. [file:///C:/Users/Raushan/Downloads/539-Article%20Text-1123-1-10-20141221%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Raushan/Downloads/539-Article%20Text-1123-1-10-20141221%20(3).pdf)
5. Электронный ресурс: 9.1.2 Защита металлов от коррозии ингибиторами. <https://studfile.net/preview/6144952/page:28/>
6. Патент No. 2, 355 820 RU, C1 МПК C23F 11/14, C23F 14/02. *Водорастворимый ингибитор коррозии металлов*, Гайдар С. М. ЗАО Фирма "Автоконинвест", **2009**. <https://patenton.ru/patent/RU2355820C1.pdf>
7. Lloid G.O., Kent B., Saunders S.R.J, Lea C. The action of borates as inhibitors for the high temperature oxidation of alloys, *Phil. Trans. Roy. Soc. London* **1980**, A.295, N 1413, 334-335. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.1980.0128> <https://doi.org/10.1098/rsta.1980.0128>
8. Loto R.T., Loto C.A., A.P.I. Popoola Corrosion inhibition of thiourea and thiazole derivatives : A Review *J. Mater. Environ. Sci.* No. 3, **2012**, 885-894 [https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol3/vol3\\_N5/90-JMES-241-2012-Loto-Review.pdf](https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol3/vol3_N5/90-JMES-241-2012-Loto-Review.pdf)
9. Rangel C.V., De Damboronea J., De Sa A.I., Siimplicio M.H. Zinc and polyphosphates as corrosion inhibitors in neutral waters. *Brit. Corros. J.* **1992**, No. 3, 207-212. [https://www.researchgate.net/publication/256615335\\_Zinc\\_Polyphosphates\\_as\\_Corrosion\\_Inhibitors\\_for\\_Zinc\\_in\\_Near\\_Neutral\\_Waters](https://www.researchgate.net/publication/256615335_Zinc_Polyphosphates_as_Corrosion_Inhibitors_for_Zinc_in_Near_Neutral_Waters)
10. Хохлачева Н. М., Ряховская Е.В., Романова Т.Г. Коррозия металлов и средства защиты от коррозии. Учебное пособие. ИНФРА М. **2016**, 118. <https://znanium.ru/catalog/document?id=428884>

11. Патент № 2 256 727 RU; C1 МПК C23F 11/167; C02F 1/64; C23F 11/10; C23F 11/173; C23F 14/02. Ингибитор коррозии и солеотложения (варианты). Ивонин М.В., Заволокин В.И., Шукайло Б.Н. **2005**, <https://www.freepatent.ru/patents/2256727>
12. Хашимова М.А., Егорова Н.А., Мукольянц А.А. Результаты исследований ингибиторов коррозии стали полимерного типа на основе фосфорсодержащих соединений и полиэлектrolитов. Молодой ученый. **2017**, No. 13, 101-104. <https://moluch.ru/archive/147/41185/>
13. Ингибиторы коррозии УТПП [http://corrosion.su/inhibitors\\_of\\_corrosion.php](http://corrosion.su/inhibitors_of_corrosion.php)
14. Влияние способа изготовления отливок из стали [https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/20275/1/RSVPU\\_2017\\_300.pdf](https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/20275/1/RSVPU_2017_300.pdf)
15. Румянцев, К.Е. Антикоррозийная защита металлов: учеб. Пособие. ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» Иваново. **2018**, 185. Электронный ресурс: <https://mkl.isuct.ru/e-lib/ru/node/976>
16. Папилов Р. В. *Разработка процессов низкотемпературного кристаллического фосфатирования*. [Дисс.к.т.н.]. *Технология электрохимических процессов и защита от коррозии*. Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева. **2018**, 136. [https://diss.muctr.ru/media/dissertations/2018/06/Диссертация\\_Папилов\\_Р.В..pdf](https://diss.muctr.ru/media/dissertations/2018/06/Диссертация_Папилов_Р.В..pdf)
17. Румянцев К.Е. Антикоррозийная защита металлов: учеб. пособие; ФГБОУ ВО «Ивановский гос. химико-технологический университет». Иваново. **2018**, 185. <https://e.lanbook.com/book/127521>

## References

1. Kozlova L.S., Sibileva S.V., Cheskov D.V., Kutayev A.E. Corrosion inhibitors (review) Aviation materials and technologies. **2015**, No. 2, 67-75. <https://doi.org/10.18577/1207191402015026775>
2. Serazetdinov D.Z., Menlibaev A.M., Sinyayev V.A. and others. Chemistry and technology of fused polyphosphates. Alma-Ata, Nauka. **1989**, 176.
3. Electronic resource: <https://pcgroup.ru/blog/fosfaty-kaliya-poleznyie-reaktivy-dlya-selskogo-hozyajstva-i-promyshlennosti/>
4. В.Н. Khazikhanov. Potassium metaphosphate based on potassium chloride and Graham salt in the system K, Na, Cl, PO<sub>3</sub> –H<sub>2</sub>O *KazNU bulletin. Chemical series* **2011**, No. 4, 64. [file:///C:/Users/Raushan/Downloads/539-Article%20Text-1123-1-10-20141221%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Raushan/Downloads/539-Article%20Text-1123-1-10-20141221%20(3).pdf)
5. Protection of metals from corrosion with inhibitors. <https://studfile.net/preview/6144952/page/28/>
6. Patent No. 2 355 820 RU, C1 IPC C23F 11/14, C23F 14/02. Water-soluble metal corrosion inhibitor. Gaidar S. M. Patent holders: JSC Firm "Avtokoninvest", **2009**, <https://patenton.ru/patent/RU2355820C1.pdf>
7. Lloid G.O., Kent B., Saunders S.R.J., Lea C. The action of borates as inhibitors for the low temperature oxidation of alloys. *Phil. Trans. Roy. Soc. London* **1980**, A.295, No. 1413, 334-335. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.1980.0128> <https://doi.org/10.1098/rsta.1980.0128>
8. Loto R.T., Loto C.A., A.P.I. Popoola Corrosion inhibition of thiourea and thiazole derivatives: A Review *J. Mater. Environ. Sci.* No. 3, (5) **2012**, 885-894 [https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol3\\_N5/90-JMES-241-2012-Loto-Review.pdf](https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol3_N5/90-JMES-241-2012-Loto-Review.pdf)
9. Rangel C.V., De Damboronea J., De Sa A.I., Siimplicio M.H. Zinc and polyphosphates as corrosion inhibitors in neutral waters. *Brit. Corros. J.* **1992**, No. 3, 207-212. [https://www.researchgate.net/publication/256615335\\_Zinc\\_Polyphosphates\\_as\\_Corrosion\\_Inhibitors\\_for\\_Zinc\\_in\\_Near\\_Neutral\\_Waters](https://www.researchgate.net/publication/256615335_Zinc_Polyphosphates_as_Corrosion_Inhibitors_for_Zinc_in_Near_Neutral_Waters)
10. Khokhlacheva N.M., Ryakhovskaya E.V., Romanova T.G. Corrosion of metals and corrosion protection products. Tutorial. INFRA-M. **2016**, 118. <https://znanium.ru/catalog/document?id=428884>
11. Patent No. 2 256 727 RU; C1 IPC C23F 11/167; C02F 1/64; C23F 11/10; C23F 11/173; C23F 14/02. Corrosion and scaling inhibitor (options), Ivonin M.V., Zavolokin V.I., Shukaylo B.N. **2005**, <https://www.freepatent.ru/patents/2256727>
12. Khashimova M.A., Egorova N.A., Mukolyants A.A. Results of studies of polymer-type steel corrosion inhibitors based on phosphorus-containing compounds and polyelectrolytes. *Young scientist*. **2017**, No. 13, 101-104. <https://moluch.ru/archive/147/41185/>
13. Corrosion inhibitors. УТПП [http://corrosion.su/inhibitors\\_of\\_corrosion.php](http://corrosion.su/inhibitors_of_corrosion.php)
14. Influence of the method of manufacturing steel castings. [https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/20275/1/RSVPU\\_2017\\_300.pdf](https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/20275/1/RSVPU_2017_300.pdf)

---

15. Rumyantseva K.E. Anti-corrosion protection of metals: textbook. Benefit. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ivanovo State Chemical-Technological University" Ivanovo. **2018**, 185. <https://mkl.isuct.ru/e-lib/ru/node/976>

16. Papirov R.V. *Development of low-temperature crystalline phosphating processes*. [Diss.]. *Technology of electrochemical processes and corrosion protection*. Russian Chemical-Technological University named after. D. I. Mendeleev. **2018**, 136. [https://diss.muotr.ru/media/dissertations/2018/06/Dissertation\\_Papirov\\_R.V..pdf](https://diss.muotr.ru/media/dissertations/2018/06/Dissertation_Papirov_R.V..pdf)

17. Rumyantseva K.E. Anti-corrosion protection of metals: textbook. allowance; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ivanovo State University" University of Chemical Technology". Ivanovo. **2018**. 185 p. <https://e.lanbook.com/book/127521>