

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»

3 (67)

ИЮЛЬ – СЕНТЯБРЬ 2019 г.
ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2019

А. Б. НИЯЗБЕКОВА, Т. А. ШАКИРОВ

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана,
Уральск, Республика Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНГИБИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ОРТОФОСФАТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Аннотация. Рассмотрены антикоррозионные свойства неорганических ортофосфатных композиций по отношению к стали Ст-3 в зависимости от pH среды, природы и концентрации ортофосфата, природы иона модификатора. Исследования проводились по гостированным методикам. Методы исследования: гравиметрия, потенциометрия, фотоколориметрия, ИКС и РЭМ. На основании экспериментальных данных определены количественные показатели коррозионного процесса: скорость коррозионного процесса, степень защиты, глубинный показатель, коэффициент торможения и проведена оценка устойчивости образующейся пленки по бальной шкале коррозионной стойкости по отношению к стали. Анализ экспериментальных данных позволяет установить влияние вышеназванных факторов на протекание коррозионных процессов в исследуемых системах. Экспериментальные данные дополнены термодинамическими расчетами параметров коррозионного процесса, результаты которых хорошо коррелируют с кинетическими данными исследуемого процесса. В ходе работы также проведен анализ коррозионных отложений, свидетельствующие об образовании гидрооксофосфатных соединений на поверхности металла. Коррозионная стойкость образующихся соединений в этих системах на основании рассчитанных значений глубинного показателя коррозии соответствует 4 баллам (по ГОСТ 5272-90). Установленные закономерности способствуют созданию эффективных ортофосфатных ингибиторов с наивысшими степенями защиты.

Ключевые слова: коррозия, ингибитор, ортофосфаты, степень защиты, глубинный показатель

Введение. Проблема коррозии является одной из важнейших в промышленности, транспорте и сельском хозяйстве. Эксперты оценивают общие годовые затраты на борьбу с коррозией в 3-5 % от внутреннего валового продукта [1, 2]. По данным исследований международной ассоциации инженеров-коррозионистов (NACE) затраты США на борьбу с коррозией в 2011 г, например, составили почти 1 триллион долл. Цифры не утешающие, и стимулируют крупные компании по всему миру заниматься основательной антикоррозионной защитой.

Большую часть затрат составляют собственно расходы на антикоррозионную защиту, убытки при отказе оборудования по причине коррозии, также стоимость замены поврежденных узлов и, конечно, всевозможные аварии.

Одним из наиболее распространенных способов снижения уровня коррозионных потерь при эксплуатации промышленного оборудования является применение ингибиторов коррозии [3, 4]. К настоящему времени

накоплен значительный практический опыт их использования. Однако, различие в коррозионной агрессивности рабочих сред и изменение условий эксплуатации оборудования и сооружений на разных этапах разработки выдвигают новые требования к выбору ингибиторов и совершенствованию технологии ингибиторной защиты [5].

Несмотря на имеющуюся широкую номенклатуру реагентов, идет постоянный поиск новых ингибиторов и ингибирующих композиций, способных обеспечить комплексное защитное действие. В связи с этим актуальность настоящей работы заключается в поиске и внедрении ингибиторов комплексного действия для обеспечения эффективной и надежной эксплуатации промышленного оборудования.

Методика исследования. Целью работы является исследование эффективных ингибиторов коррозии комплексного действия.

В качестве ингибиторов исследованы: натрия дигидроортофосфат NaH_2PO_4 ; натрия гидроортофосфат Na_2HPO_4 и натрия ортофосфат Na_3PO_4 . В качестве ионов модификаторов выбраны трехвалентные ионы железа, алюминия и лантана.

Методика коррозионных испытаний была общепринятой [6-8]. Использовали прямоугольные стальные пластины размером $30 \times 20 \times 3$ мм. Продолжительность опытов – 24-480 ч. Скорость коррозии оценивали по потерям массы образцов через 24,48,72,96, 120, 240 ч.

Количественные показатели коррозионных процессов рассчитывались по формулам, оценка неопределенности измерений проводилась по алгоритму, с использованием коэффициента Стьюдента при доверительной вероятности 0,95 [9, 10].

В ходе выполнения работы проводились потенциометрические определения pH коррозионных сред с применением комбинированного стеклянного электрода и иономера, кондуктометрическим методом и фотоколориметрическое определение содержания железа (III) с роданидом калия [11, 12], а также ИКС и РЭМ анализы коррозионных отложений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для исследований по ингибирующей способности фосфатных соединений построено 27 многокомпонентных систем.

В модельных системах о прохождении реакций свидетельствует изменение концентрации ионов модификаторов, ионов железа (III) и фосфат ионов. Данная зависимость приведена на рисунке 1 для системы с ионом алюминия, где эффективность ингибирующего действия наиболее высокая.

Как видно из рисунка 1, на начальном этапе происходит постепенный переход железа из пластинки в раствор в виде ионов. В водной среде содержание железа постепенно уменьшается, но наряду с этим наблюдается уменьшение концентрации иона модификатора и фосфат ионов. Уменьшение содержания железа в растворе свидетельствует о замедлении процесса

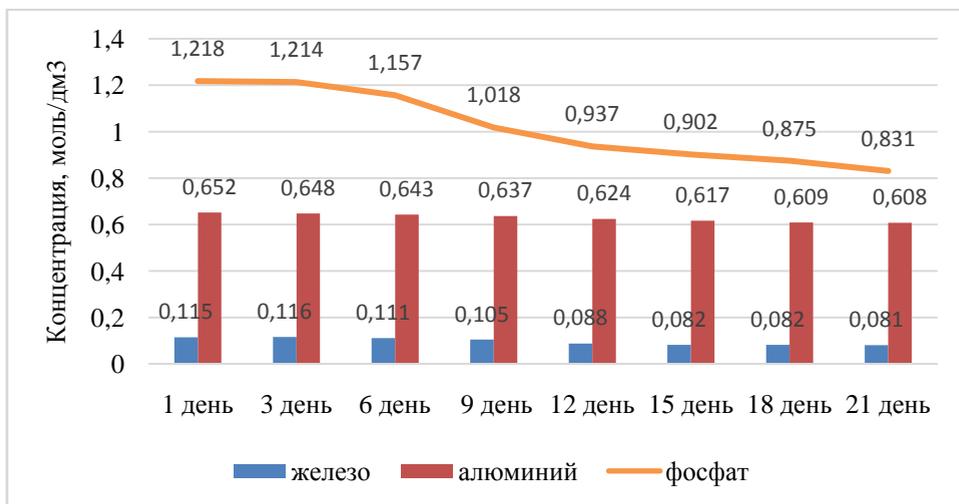


Рисунок 1 – Зависимость изменения концентрации иона модификатора алюминия, железа, фосфата от времени для гидрофосфата натрия

коррозии. Это, по-видимому, связано с тем, что компоненты системы вступают во взаимодействие и образуют определенное устойчивое соединение, которое выполняет защитную роль [13, 14].

Наряду с этим также рассматривались количественные характеристики коррозионного процесса в многокомпонентных фосфатных системах, которые представлены на рисунке 2.

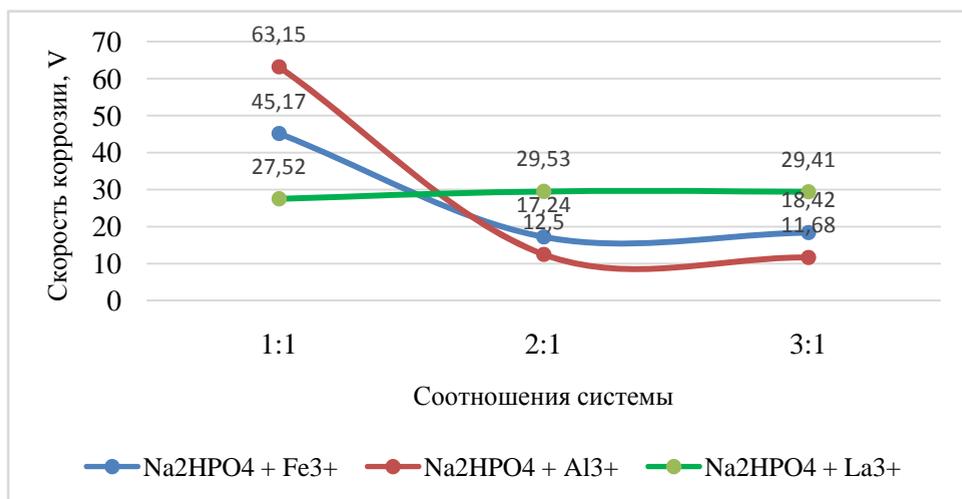


Рисунок 2 – Зависимость скорости коррозии от природы иона-модификатора при различном соотношении для гидрофосфата натрия

Как видно из приведенной зависимости, в системе в присутствии иона модификатора алюминия наименьшее значение скорости коррозии характерно для композиции гидрофосфата натрия при соотношении 3:1. В этой системе степень защиты равна 79,14%. В данной системе ингибирующее действие возможно с образованием сложного гидрооксофосфатного соединения алюминия [15, 16], которое образует защитную пленку. Для системы с ионом алюминия наблюдается следующая зависимость: чем выше содержание фосфата, тем меньше значение скорости коррозии и, соответственно, меньше степень защиты от коррозии.

Для железа самое высокое значение скорости коррозии наблюдается при соотношении 1:1. В остальных же соотношениях значение скорости коррозии почти одинаково. В системах же с ионом лантана изменение скорости коррозионного процесса для всех концентраций вариабельно.

Наряду с количественными экспериментальными данными проведены расчёты основных термодинамических параметров, которые представлены в таблице.

Основные термодинамические показатели многокомпонентных ортофосфатных систем

№	Ингибитор + Al ³⁺ в соотношении 3:1	- ΔG ⁰ ₂₉₈₋₁₅ , кДж/моль	ΔH, 10 ⁻⁵ кДж/моль	ΔS, 10 ⁻³ кДж/моль	lgK
1	Na ₃ PO ₄	21,09*10 ⁴	10,99	707,72	37,04
2	Na ₂ HPO ₄	21,89*10 ⁴	3,49	734,53	38,45
3	NaH ₂ PO ₄	21,64*10 ⁴	-10,15	726,08	38,01

В таблице представлены термодинамические характеристики ортофосфатных систем с ионом модификатором алюминием в соотношении 3:1. Исходя из данных таблицы, наибольшее значение энергии Гиббса для ортофосфатных систем характерно для системы гидрофосфата натрия. Чем выше значение энергии Гиббса, тем выше ингибирующее действие системы.

Ингибирующая способность фосфатов также сильно зависит от pH коррозионной среды: чем выше pH, тем выше антикоррозионная активность по отношению к железу и его сплавам [17].

Также необходимо отметить, что выявлено влияние природы ингибитора, модификатора, коррозионной среды и соотношение ингибитора в протекающем процессе, проведена полноценная количественная оценка параметров коррозионных процессов, происходящих в системах (кинетические, химические, физико-химические, термодинамические, антикоррозионная эффективность).

Для изучения состава коррозионных отложений проводился анализ на ИК-спектрометре и растровом электронном микроскопе. В данном случае на рисунке 3 представлена спектрограмма коррозионного отложения системы гидрофосфата натрия с алюминием в соотношении 3:1. Известно [18], что для гидрофосфата натрия характерны полосы 1235–1215 см⁻¹, которые

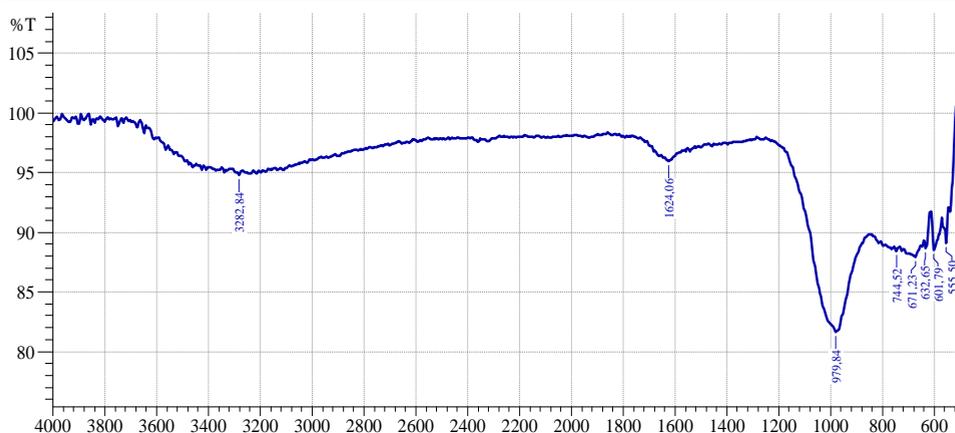


Рисунок 3 – Спектрограмма коррозионного отложения композиции $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{Al}^{3+}$ в соотношении 3:1

соответствуют асимметричным $\nu(\text{P}=\text{O})$, а полоса 1130 cm^{-1} – симметричным $\nu(\text{P}=\text{O})$ колебаниям. Полосы $955\text{--}940 \text{ cm}^{-1}$ соответствуют асимметричным $\nu(\text{P}-\text{O}-\text{P})$, а полоса 1130 cm^{-1} – симметричным $\nu(\text{P}-\text{O}-\text{P})$ колебаниям. В ИК-спектре коррозионного отложения пики не сходны с данными из литературных источников, что говорит о том, что в результате образовалось другое соединение, которое образует защитную пленку.

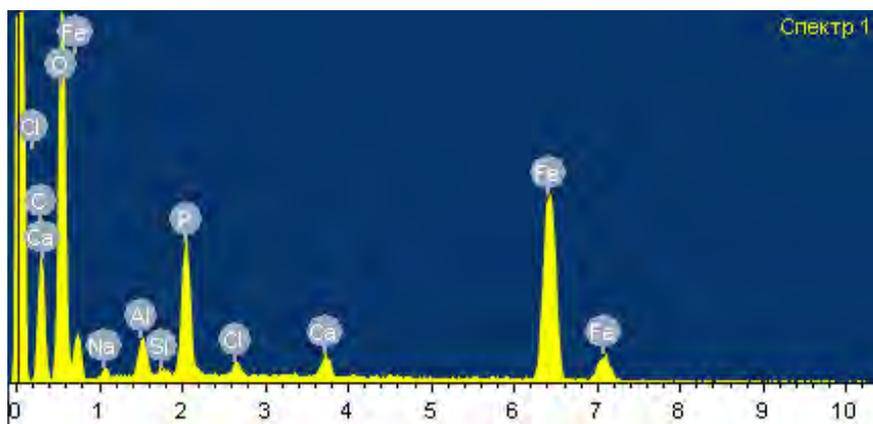


Рисунок 4 – Спектральная шкала элементов для коррозионного отложения композиции $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{Al}^{3+}$ в соотношении 3:1

Также проводился анализ коррозионных отложений на растровом электронном микроскопе (рисунок 4). Было выявлено, что в коррозионных отложениях данной системы содержатся кислород – 36,17%, железо – 26,79%, фосфор – 4,72%. В небольшом количестве содержатся натрий – 0,78%, алюминий – 1,39%.

Заключение. На основании полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы:

1. Определено влияние природы ортофосфата на изменение рН среды. Во всех системах рН среды смещена в слабощелочную сторону. При увеличении концентрации фосфата в большинстве случаев процесс коррозии замедляется.

Природа ионов модификаторов также связана со значением рН среды. Среди всех ортофосфатных соединений наивысшие степени защиты показали соединения с ионом модификатором алюминия, в которых в связи со смещением рН в щелочную среду возможно образование гидрооксофосфатных соединений, у которых устойчивость подтверждается термодинамическими показателями и кинетическими параметрами. По литературным данным для алюминия при значении рН 7,0 наиболее устойчивыми являются гидрооксо соединения, т.е. литературные данные согласуются с нашими экспериментальными данными [19,20].

2. Определены количественные показатели эффективности ортофосфатных ингибиторов в слабощелочных средах (степень защиты системы $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{Al}^{3+} = 79,14\%$). Также для этих систем оценивалась коррозионная стойкость по шкале коррозионной стойкости металлов и сплавов на основании значения глубинного показателя коррозии – 4 балла (по ГОСТ 5272-90).

3. Для подтверждения экспериментальных данных проведены термодинамические расчеты устойчивости ингибиторов. Наибольшее значение энергии Гиббса среди всех ортофосфатных систем характерно для системы гидрофосфата натрия с ионом модификатором алюминием в соотношении 3:1 ($\Delta G_{298,15}^0 = -21,09 \cdot 10^4$).

На основании полученных экспериментальных данных установлено, что из 27 композиций наиболее практически значимым защитным эффектом обладают системы Na_2HPO_4 концентрации 0,025 и 0,05 моль/дм³ с Al^{3+} .

В настоящее время казахстанские ингибиторы коррозии по технологическим и экономическим параметрам уступают международным стандартам. Главной задачей ближайших лет является создание в Казахстане собственных эффективных реагентов и расширение промышленного производства, и их внедрение в народное хозяйство. Производство собственных ингибиторов коррозии снизит зависимость от ввоза импортных дорогостоящих поставок, которым обязательно необходим в местах потребления дополнительный аналитический контроль на качество.

Правильное и эффективное использование природных ресурсов страны будет способствовать устойчивому росту экономики и улучшению жизни народа.

Установленные в ходе работы закономерности, расширяют и дополняют имеющиеся представления о защитном действии композиций на основе неорганических фосфатных соединений. Полученные результаты значительно способствуют созданию эффективных, экологически безопас-

ных и экономически целесообразных ингибиторов коррозии стали на основе Казахстанского сырья. Полученные данные вносят определенный вклад в научное направление эффективной ингибиторной защиты металлов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] McCafferty E., *Introduction to Corrosion Science*. – Springer, New York, NY, 2010.
- [2] Vosta J., Eliasek J. *Study on Corrosion Inhibition from Aspect of Quantum Chemistry // Corros. Sci.* 11, 223(1971).
- [3] Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1976. – 472 с.
- [4] Улиг Г.Г., Реви Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику / Пер. с англ.; под ред. А. М. Сухотина. – Л.: Химия, 1989. – 456 с.
- [5] Брегман Д.И. Ингибиторы коррозии. – М.: Химия, 1966. – 312 с.
- [6] Решетников С.М. Ингибиторы кислотной коррозии металлов. – Л.: Химия, 1986. – 116 с.
- [7] Владимирская Т.Н., Чепелевецкий М.Л. Исследования комплексообразования в системах $Fe^{3+} - P_3O_5^{10-} - H_2O$ и $Fe^{3+} - P_2O_4^{7-} - H_2O$ // В кн.: Химия и технология конденсированных фосфатов. – 1989. – С. 158-162.
- [8] Niyazbekova A.B., Akatyev N.V., Sulekeshova G.K., Shakirov T.A. Chromatographic study of systems cyclotri-, cyclotetra- and cyclohexaphosphate with two and trivalent cations of p- and d-elements // *Technology «MATERIALS OF THE VI INTERNATIONAL RESEARCH AND PRACTICE CONFERENCE»*, Munich, Germany, 2013
- [9] Куанышева Г.С., Макашева Г.Р., Камалова Г., Ниязбекова А.Б. Комплексообразование солей некоторых d-элементов с дифосфат-анионом // *Вестник КазГУ. Серия «Химия»*. – Караганда, 1999. – № 1(13). – С. 71-73.
- [10] Corbridje D.E.C. The structural of chemistry of phosphates // *Bull. soc. fr. miner. et. cristallog.* – 1971. – Vol. 94, N 1. – P. 271-299.
- [11] Жданов У.Ф. Химия и технология полиформования. – М.: Химия, 1979. – 240 с.
- [12] Лазеров А.В., Кубасова Л.В., Чудинова Н.Н. Поступления и исследования и фосфаты щелочных металлов. – 1982. – Вып. 18, № 9. – С. 127–131.
- [13] André Durif. The development of cyclophosphate crystal chemistry // *Solid State Sciences*. – 2005. – Vol. 7, Iss. 6. – P. 760-766.
- [14] Pearson R. Hard and soft acids and grounds // *Successes of chemistry*. – 1974. – Vol. 15, N 7. – P. 1259-1271.
- [15] Тананаев И.Б., Лавров А.Б., Чудинова Н.Н. Исследование фосфатов. – 1988. – Вып. 33, № 5. – С. 2041-2048.
- [16] Narayana N., María Rao, Gómez-García R., Kornberg A. Inorganic Polyphosphate: Essential for Growth and Survival // *Annual Review of Biochemistry*. – 2009. – Vol. 78. – P. 605-647.
- [17] Карапетов М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. – М.: Химия, 1981. – 428 с.
- [18] Genichiro Kura. Hydrolysis reaction of inorganic cyclophosphates at various acid strengths // *Polyhedron*. – 1987. – Vol. 6, Iss. 3. – P. 531-533.
- [19] Куанышева Г.С., Даулеткалиева С.С. Экспериментальное и квантовохимическое изучение комплексов железа (III) с дифосфатом в растворе // *Матер. XXV междунар. Чугаевской конф. по координационной химии*. – 2011. – С. 337-338.
- [20] Niazbekova A., Akatyev N., Mukasheva M., Rakhova A. Quantum- chemical calculations of electronic structure of polyphosphate complexes of manganese, cobalt, copper and zinc // *Materials of the international research and practice conference «European Science and Technology»*. – Wiesbaden: Germany, 2012. – P. 82-85.

REFERENCES

- [1] McCafferty E. *Introduction to Corrosion Science*. Springer, New York, NY, 2010.
- [2] Vosta J., Eliasek J. *Study on Corrosion Inhibition from Aspect of Quantum Chemistry // Corros. Sci.* 11, 223(1971).

- [3] Zhuk N.P. Kurs teorii korrozii i zashchity metallov. M.: Metallurgiya, 1976. 472 p.
- [4] Ulig G.G., Revi R.U. Korroziya i bor'ba s nej. Vvedenie v korroziionnyu nauku i tekhniku / Per. s angl.; pod red. A. M. Sukhotina. L.: Khimiya, 1989. 456 p.
- [5] Bregman D.I. Ingibitory korrozii. M.: Khimiya, 1966. 312 p.
- [6] Reshetnikov S.M. Ingibitory kislotoj korrozii metallov. L.: Khimiya, 1986. 116 p.
- [7] Vladimirskaia T.N., Chepeleviczkiy M.L. Issledovaniya kompleksobrazovaniya v sistemakh $Fe^{3+} - P_3O_{10}^{3-} - H_2O$ i $Fe^{3+} - P_2O_7^{4-} - H_2O$ // V kn.: Khimiya i tekhnologiya kondensirovannykh fosfatov. 1989. P. 158-162.
- [8] Niyazbekova A.B., Akatyev N.V., Sulekeshova G.K., Shakirov T.A. Chromatographic study of systems cyclotri-, cyclotetra- and cyclohexaphosphate with two and trivalent cations of p- and d-elements // Technology «MATERIALS OF THE VI INTERNATIONAL RESEARCH AND PRACTICE CONFERENCE», Munich, Germany, 2013.
- [9] Kuanyshева G.S., Makasheva G.R., Kamalova G., Niyazbekova A.B. Kompleksoobrazovanie solej nekotorykh d-elementov s difosfat-anionom // Vestnik KazGU. Seriya «Khimiya». Karaganda, 1999. N 1(13). P. 71-73.
- [10] Corbridje D.E.C. The structural of chemistry of phosphates // Bull. soc. fr. miner. et. cristallog. 1971. Vol. 94, N 1. P. 271-299.
- [11] Zhdanov U.F. Khimiya i tekhnologiya poliformovaniya. M.: Khimiya, 1979. 240 p.
- [12] Lazerov A.V., Kubasova L.V., Chudinova N.N. Postupleniya i issledovaniya i fosfaty shhelochnykh metallov. 1982. Vy p. 18, N 9. P. 127-131.
- [13] André Durif. The development of cyclophosphate crystal chemistry // Solid State Sciences. 2005. Vol. 7, Iss. 6. P. 760-766.
- [14] Pearson R. Hard and soft acids and grounds // Successes of chemistry. 1974. Vol. 15, N 7. P. 1259-1271.
- [15] Tananaev I.B., Lavrov A.B., Chudinova N.N. Issledovanie fosfatov. 1988. Vy p. 33, N 5. P. 2041-2048.
- [16] Narayana N., María Rao, Gómez-García R., Kornberg A. Inorganic Polyphosphate: Essential for Growth and Survival // Annual Review of Biochemistry. 2009. Vol. 78. P. 605-647.
- [17] Karapetov M.Kh., Drakin S.I. Obschaya i neorganicheskaya khimiya. M.: Khimiya, 1981. 428 p.
- [18] Genichiro Kura. Hydrolysis reaction of inorganic cyclophosphates at various acid strengths // Polyhedron. 1987. Vol. 6, Iss. 3. P. 531-533.
- [19] Kuanyshева G.S., Dauletkalieva S.S. Eksperimental'noe i kvantovokhimicheskoe izuchenie kompleksov zheleza (III) s difosfatom v rastvore // Mater. XXV mezhdunar. Chugaevskoj konf. Po koordinaczionnoj khimii. 2011. P. 337-338.
- [20] Niazbekova A., Akatyev N., Mukasheva M., Rakhova A. Quantum-chemical calculations of electronic structure of polyphosphate complexes of manganese, cobalt, copper and zinc // Materials of the international research and practice conference «European Science and Technology». Wiesbaden: Germany, 2012. P. 82-85.

Резюме

А. Б. Ниязбекова, Т. А. Шакиров

БЕЙОРГАНИКАЛЫҚ ОРТОФОСФАТТЫ КОМПОЗИЦИЯЛАРДЫҢ ИНГИБИРЛЕУ ҚАБІЛЕТІН ЗЕРТТЕУ

Мақалада қоршаған ортаға, табиғатына және ортофосфаттың концентрациясына, модификатор ионының табиғатына байланысты ст-3 болатына қатысты бейорганикалық ортофосфатты композициялардың коррозияға қарсы қасиеттері қарастырылған. Зерттеулер мемлекеттік стандарт әдістемелер бойынша жүргізілді. Зерттеу әдістері: гравиметрия, потенциометрия, фотоколориметрия, ИҚС және РЭМ.

Эксперименталды деректер негізінде коррозиялық процестің сандық көрсеткіштері анықталды: коррозиялық процестің жылдамдығы, қорғаныс дәрежесі, тереңдік көрсеткіш, тежеу коэффициенті және болатқа қатысты коррозиялық төзімділіктің балдық шкаласы бойынша түзілетін пленканың тұрақтылығын бағалауы жүргізілді. Эксперименталды деректерді талдау жоғарыда аталған факторлардың зерттелетін жүйелерде коррозиялық процестердің өтуіне әсерін анықтауға мүмкіндік береді. Эксперименталды деректер коррозиялық процесс параметрлерінің термодинамикалық есептерімен толықтырылған, олардың нәтижелері зерттелетін процестің кинетикалық деректерімен жақсы түзетіледі. Зерттеу жұмысы барысында металл бетінде гидрооксофосфатты қосылыстардың пайда болуын куәландыратын коррозиялық шөгінділерге талдау жүргізілді. Осы жүйелерде түзілетін қосылыстардың коррозиялық төзімділігі коррозияның тереңдік көрсеткішінің есептелген мәндері негізінде 4 балға (МЕМСТ 5272-90 бойынша) сәйкес келеді. Жұмыс барысында белгіленген заңдылықтар қорғаудың ең жоғары дәрежесімен тиімді ортофосфатты ингибиторларды құруға ықпал етеді.

Түйін сөздер: коррозия, ингибитор, ортофосфаттар, қорғау дәрежесі, тереңдік көрсеткіші.

Summary

A. B. Niyazbekova, T. A. Shakirov

THE STUDY OF THE INHIBITORY ABILITY OF INORGANIC ORTHOPHOSPHATE COMPOSITIONS

The article deals with the anti-corrosion properties of inorganic orthophosphate compositions in relation to St-3 steel depending on the pH of the medium, the nature and concentration of orthophosphate, the nature of the ion modifier. The studies were conducted according to GOST methods. Methods: gravimetry, potentiometry, photocolometry, X and SEM. On the basis of experimental data, quantitative indicators of corrosion process were determined: the rate of corrosion process, the degree of protection, the depth index, the coefficient of inhibition and the assessment of the stability of the formed film on the ball scale of corrosion resistance against steel. The analysis of experimental data allows to establish the influence of the above factors on the corrosion processes in the systems under study. The experimental data are supplemented by thermodynamic calculations of the corrosion process parameters, the results of which correlate well with the kinetic data of the process under study. During the research also the analysis of the corrosion deposits, showing the formation of gidroksiapatit compounds on the metal surface. Corrosion resistance of the formed compounds in these systems on the basis of the calculated values of the deep corrosion index corresponds to 4 points (according to GOST 5272-90). The regularities established during the work contribute to the creation of effective orthophosphate inhibitors with the highest degrees of protection.

Key words: corrosion, inhibitor, orthophosphate, degree of protection, depth indicator.