



УДК 66.022.389

## ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ДОСТУПНЫХ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГИБИТОРОВ ДЛЯ ВОДОПОДГОТОВКИ

### PREPARATION AND PROPERTIES OF AVAILABLE MULTIFUNCTIONAL INHIBITORS FOR WATER TREATMENT

**Кадилов Боходир Махамаджанович**

ассистент кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа»,  
Ташкентский химико-технологический институт  
de\_moon08@mail.ru

**Кадилов Хасан Иргашевич**

доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Органическая химия и технология тяжелого органического синтеза»,  
Ташкентский химико-технологический институт

**Садриддин Турабджонов Махаматдинович**

доктор технических наук, профессор, ректор,  
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

**Турахужаев Саидакбар Анварович**

докторант базовой докторантуры кафедры «Органическая химия и технология тяжелого органического синтеза»,  
Ташкентский химико-технологический институт

**Аннотация.** В данной статье приведены результаты исследования использования эффективности синергизма в реагентной обработке воды для предотвращения коррозии. Результаты проведенных исследований подтверждают, что при использовании в качестве синергетического компонента гидролизованной полиакрилонитрила (гипана), можно повысить эффективность ингибирования коррозии ОЭДФ (комплексонатов оксиэтилендифосфоновой кислоты).

**Ключевые слова:** коррозия, синергизм, ингибиторы, биообрастания, эффективность, компоненты, химический состав, отложения солей, обработка.

**Kadirov Bokhodir Makhamadzhonovich**

Assistant of «Chemical Technology of Oil Refining and Gas» department,  
Tashkent chemical institute of technology  
de\_moon08@mail.ru

**Kadirov Hassan Irgashevich**

Doctor of Engineering, Associate Professor,  
Head of the department «Organic chemistry and technology of heavy organic synthesis»,  
Tashkent chemical institute of technology

**Sadritdin****Turabdzhonov Makhamatdinovich**

Doctor of Engineering, Professor, Rector,  
Tashkent state technical university of Islam Karimov

**Turakhuzhayev Saidakbar Anvarovich**

Doctoral Candidate of basic doctoral studies of «Organic Chemistry and Technology of Heavy Organic Synthesis» department,  
Tashkent chemical institute of technology

**Annotation.** This article presents the results of studies on the use of efficiency synergies in reagent water treatment to prevent corrosion. Studies have confirmed that when used as a synergetic component of hydrolyzed polyacrylonitrile (hypan) will increase the corrosion inhibiting effectiveness of OEDP (complexonates of oxyethylenediphosphonic acid).

**Keywords:** corrosion synergy inhibitors, biofouling, efficiency, components, chemical composition, salt deposits, the processing.

Коррозия и отложение минеральных солей в нефте- и газопромысловом оборудовании существенно уменьшает дебит скважин [1], требует частого ремонта насосно-компрессорного оборудования, вызывает аварии и простои, выход из строя аппаратуры и загрязнение окружающей среды. По химическому составу отложения солей разнообразны, но в основном представляют собой карбонат кальция, сульфат магния, сульфат бария. Эффективным способом борьбы с минеральными отложениями является использование химических реагентов, препятствующих кристаллизации малорастворимых солей.

Реагентная обработка воды для предотвращения коррозии, солеотложений и биообрастаний является наиболее эффективной и доступной, поскольку не требует значительных капитальных вложений, а узлы приготовления и дозирования реагентов достаточно просты и надежны в эксплуатации.

В Республике Узбекистан более 90 % нефти добывается на месторождениях с применением заводнения. Коррозия и солеотложение отмечены в основном, при разработке нефтяных залежей с внутриконтурным заводнением, а также на естественном водонапорном режиме и при использовании некоторых химических реагентов и углекислого газа. Объем используемых ингибиторов такого назначения для предприятий АК «Узбекнефтегаздобыча» в 2015 году составляло 2900 тонн. Значительную долю ныне используемых ингибиторов, составляют органофосфонаты – ингибиторы солеотложений (ингибитор отложений минеральных солей – ИОМС-1), а также цинковые комплексонаты ор-



ганофосфонатов для предотвращения солеотложений и коррозии (цинковые комплексоны оксиэтилендифосфоновой кислоты (Zn-ОЭДФ), нитрилтриметиленфосфоновой кислоты).

Во многих исследованиях сделаны выводы, что Zn-ОЭДФ не является оптимально эффективным ингибитором коррозии металла для систем теплоснабжения. Кроме того, повышение эффективности Zn-ОЭДФ за счет увеличения концентрации невозможно, из-за низкого ПДК на ОЭДФ составляющего 0,6 мг/л.

Одним из приоритетных направлений решения данной проблемы, можно считать использование эффективности синергизма.

Синергетический эффект возникает при добавке к Zn-ОЭДФ: фосфорных кислот этаноламинов [2]; аскорбиновой кислоты [3]; додецилсульфата [4]; эфира акриловой кислоты, полифосфаты и бензотриазол [5]; карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) [6] и др.

Предлагается способ получения ингибиторов универсального действия на основе ОЭДФ и гидролизованной полиакрилонитрила (гипан). Синтез осуществляется в две стадии, для этого в реактор – термостойкий стакан № 1, наливают воду в рассчитанном количестве и добавляют глицерин и ЭФК. Смесь перемешивают в течение 2–3 мин. После этого в реактор направляют гипан и окись меди, постепенно повышают температуру до 80 °С продолжают перемешивание в течение 45-50 мин. На отдельном стакане № 2 приготавливают цинковый комплекс ОЭДФ, по методике указанном в [7]. Добавляя продукт, полученный в стакане 1 к стакану 2 при перемешивании получают прозрачную жидкость со специфическим светлозеленым цветом, условно названным «ИКСБ-UNI».

Поскольку синергетический эффект ингибиторов универсальными свойствами во многом зависит от количества исходных компонентов, дальнейшие исследование были направлены установлению оптимальных соотношений Cu : Zn, исследование проводились в пределах 0,25 : 0,75 ÷ 0,75 : 0,25.

Эффективность ингибирования коррозии проверяли на технической воде Гидрометаллургического завода № 3 и в цехе по производству серной кислоты Северного Рудоуправления г. Учкудук ГП «Навоинский горно-металлургический комбинат», жесткостью 12,9 мг-экв/л, с остаточными минеральными солями (Ca<sup>2+</sup> = 149,0; Mg<sup>2+</sup> = 66,2; Cl<sup>-</sup> = 354,5; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 1161,4 мг/л). Полученные данные представлены в таблице 1.

**Таблица 1** – Влияние «ИКСБ-UNI» различного состава на скорость коррозии стали марки Ст. 3

Время опыта, сутки	Ингибитор, мольное соотношение Cu : Zn	Доза ингибитора, г/л	Средняя потеря массы образца, г	Скорость коррозии, г/м <sup>2</sup> ·г	Степень защиты, %
1	Без ингибитора	–	0,0568	0,866	–
	«ИКСБ-UNI-1» 0,25 : 0,75	4,0	0,0028	0,052	94,6
		6,0	0,0013	0,041	96,8
	«ИКСБ-UNI-2» 0,5 : 0,5	4,0	0,0039	0,055	92,9
		6,0	0,0038	0,059	93,5
	«ИКСБ-UNI-3» 0,75 : 0,25	4,0	0,0071	0,066	89,1
6,0		0,0057	0,063	90,9	
2	Без ингибитора	–	0,0622	0,890	–
	«ИКСБ-UNI-1» 0,25 : 0,75	4,0	0,0034	0,054	93,8
		6,0	0,0028	0,051	94,6
	«ИКСБ-UNI-2» 0,5 : 0,5	4,0	0,0058	0,064	90,9
		6,0	0,0053	0,061	91,4
	«ИКСБ-UNI-3» 0,75 : 0,25	4,0	0,0081	0,068	88,1
6,0		0,0064	0,064	90,1	

Из данных, представленных в таблице 1, видно, что «ИКСБ-UNI-1» способен снизить скорость коррозии стали Ст. 3 до нормативных величин уже при концентрации 4 г/л. С уменьшением мольной доли цинка в составе комплексоны по отношению меди уменьшается и эффективность ингибирования коррозии. При использовании Zn-Cu-ОЭДФ соотношение Zn : Cu 1 : 1 скорость коррозии увеличивается и это объясняется высокой электронной потенциальностью ионов меди по отношению ионов железа.

Испытания композиций в качестве ингибиторов биообрастаний проводили в камере Горяева. Полученные результаты представлены в таблице 2 (в контрольном опыте количество *Chlorella* 2,9x10<sup>8</sup>).

Представленные данные в таблице 2, показывают, что, медно-цинковые комплексы ОЭДФ, взятые в указанных соотношениях, эффективно подавляют жизнедеятельность микроорганизмов и соответственно, биообрастаний.

Установлено, что композиции, содержащие в своем составе только цинк, не являются биоцидом и не способны подавлять рост микроорганизмов; увеличение в составе доли меди по сравнению с мольной доли цинка увеличивает биоцидную эффективность композиции (100 % погибших микроорганизмов), чем подтверждается роль меди в полученных композициях.



**Таблица 2** – Влияние композиций на количество живых микроорганизмов.  
Мольное соотношение ОЭДФ : (Cu : Zn) ÷ 2 : 1

Реагент	Мольное соотношение Cu : Zn	Состояние микроорганизмов
«ИКСБ-UNI-1»	0,25 : 0,75	90 % погибших
«ИКСБ-UNI-2»	0,5 : 0,5	100 % погибших
«ИКСБ-UNI-3»	0,75 : 0,25	100 % погибших
Zn-ОЭДФ	0,0 : 1,0	Все живы



**начало опытов**



**результаты опытов**

Таким образом, изучена реакция получения ингибиторов универсальными свойствами на основе ОЭДФ и гипан, в соотношении исходных реагентов гипан : ОЭДФ : Cu : Zn = 0,5 : 2 : 0,25 : 0,75 ÷ 0,5 : 2 : 0,75 : 0,25. Установлено, что при использовании в качестве синергетического компонента гипана, можно повысить эффективность ингибирования коррозии ОЭДФ (и его медь-цинковых комплексов) в 2–4 раза при содержании последнего до 40 % товарного продукта, тем самым обосновывается преимущество эффективности синергизма.

**Литература:**

1. Дятлова Н.М., Терехин С.Н., Маклакова В.П. и др. Применение комплексонов для отмывки и ингибирования солеотложений в различных энерго- и теплосистемах : Обзорн. Информация. – М. : НИИТЭХИМ, 1986. – 37 с.
2. Wu Yufeng, Tang Tongqing et al. Gongye Shuichli. – 1999. – V. 19. – № 4. – P. 22–23 ; C.A. – 1999. – V. 131. – 276693.
3. Synergistic role of ascorbate in corrosion inhibition / Rao B.V. Appa, Rao S. Srinivasa // Bulletin of Electrochemistry. – 2005. – V. 21. – № 3. – P. 139–144 ; C.A. – 2006. – V. 144. – 472020.
4. Mutual influence of HEDP and SDS-Zn<sup>2+</sup> system on corrosion inhibition of carbon steel / Rajendran S., Amalraj A.F. et al. // Transactions of the SAEST. – 2005. – V. 40. – № 1. – P. 35–39 ; C.A. – 2006. – V. 144. – 296504.
5. Pat. CN 1137492A KHP, МКИ С02F 005-12. Composite agents for stabilizing the quality of recirculating water in blast-furnace cooling system / Zhou Yihong, Yao Guangren et al. Заявл. 1995; Опубли. 11.12.1996; C.A. 1999. V. 131. 218967.
6. Corrosion inhibition by carboxymethyl cellulose-1-hydroxyethane- l,ldiphosphonic acid-Zn<sup>2+</sup> system / Rajendran S., Joany R.M. et al. // Bulletin of Electrochemistry. – 2002. – V. 18. – № 1. – P. 25–28 ; C.A. – 2002. – V. 136. – 328649.
7. Kadirov Khasan Irgashevich, Turabdjjanov Sadritdin Mahamatdinovich. Synthesis of zincate-oxyethenediphosphonic acid and the comparative results applying as scale inhibitors. Europaische Fachhochschule // European Applied Sciences. – Stuttgart, Germany, 2015. – #6. – S. 66–69. – ISSN 2195-2183.

**References:**

1. Dyatlova N.M., Terekhin S.N., Maklakova Accusative, etc. Application of complexons for washing and inhibition of salt sedimentations in various power- and heatsystems: Survey Information. – М. : НИИТЭХИМ, 1986. – 37 p.
2. Wu Yufeng, Tang Tongqing et al. Gongye Shuichli. – 1999. – V. 19. – № 4. – P. 22–23 ; C.A. – 1999. – V. 131. – 276693.
3. Synergistic role of ascorbate in corrosion inhibition / Rao B.V. Appa, Rao S. Srinivasa // Bulletin of Electrochemistry. – 2005. – V. 21. – № 3. – P. 139–144 ; C.A. – 2006. – V. 144. – 472020.
4. Mutual influence of HEDP and SDS-Zn<sup>2+</sup> system on corrosion inhibition of carbon steel / Rajendran S., Amalraj A.F. et al. // Transactions of the SAEST. – 2005. – V. 40. – № 1. – P. 35–39 ; C.A. – 2006. – V. 144. – 296504.
5. Pat. CN 1137492A KHP, МКИ С02F 005-12. Composite agents for stabilizing the quality of recirculating water in blast-furnace cooling system / Zhou Yihong, Yao Guangren et al. State. 1995; Publ. 11.12.1996; C.A. 1999. V. 131. 218967.
6. Corrosion inhibition by carboxymethyl cellulose-1-hydroxyethane- l,ldiphosphonic acid-Zn<sup>2+</sup> system / Rajendran S., Joany R.M. et al. // Bulletin of Electrochemistry. – 2002. – V. 18. – № 1. – P. 25–28 ; C.A. – 2002. – V. 136. – 328649.
7. Kadirov Khasan Irgashevich, Turabdjjanov Sadritdin Mahamatdinovich. Synthesis of zincate-oxyethenediphosphonic acid and the comparative results applying as scale inhibitors. Europaische Fachhochschule // European Applied Sciences. – Stuttgart, Germany, 2015. – #6. – S. 66–69. – ISSN 2195-2183.