

***Інна ПОГРЕБОВА, Тетяна ПИЛИПЕНКО, Тетяна ЛОСКУТОВА, Нелія КОБЕРНІК***

**ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНІ СОЛІ ПІРИДИНУ З КАРБОНІЛЬНИМИ  
УГРУПУВАННЯМИ ЯК ІНГІБІТОРИ КИСЛОТНОЇ ТА МІКРОБНОЇ КОРОЗІЇ  
МЕТАЛІВ**

*Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”  
пр. перемоги, 37, м. Київ, 03056. E-mail: LoskTV@bigmir.net*

***Inna POGREBOVA, Tetyana PYLYPENKO, Tetyana LOSKUTOVA, Nelia KOBERNIK***

**POLYFUNKTIONAL SALTS OF PYRIDINE WITH CARBOXYLIC PLANTS  
AS INHIBITORS OF ACID AND MICROBIAL CORROSION METALS**

*National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”  
37, Peremogy Pr., 03056, Kyiv, Ukraine. E-mail: LoskTV@bigmir.net*

**ABSTRACT**

The research addresses the impact of polyfunctional pyridine salts with carbonyl groups on acidic and microbial corrosion of metals in the presence of sulfate-reducing bacteria (SRB). It should be noted that most of these compounds were first synthesized by employees of Igor Sikorsky KPI. Using such physicochemical methods as adsorptive, mechanochemical wear of metals, voltammetry, and microbiological measurements, we studied the protection mechanism of investigated corrosion inhibitors. Additionally, we estimated the outcomes of employing the proposed inhibitors.

The study connects high efficiency and intramolecular synergy of investigated corrosion inhibitors with the functional groups that have different chemical properties and structure. These groups selectively impact the corrosion process. Also, we estimated the role of energy and blocking effects in the mechanism of corrosion inhibition by the proposed compounds. Our research revealed the increased protective effect of the investigated class of inhibitors modified with functional groups capable of participating the adsorption directly.

We also discovered that inhibitors based on polyfunctional quaternary pyridine salts with carbonyl groups ensure better protection of carbon steel and steel covered with aluminothenate-chrome diffusion coatings in solutions of reducing acids at 20-80°C. These compounds also minimize hydrogen accumulation and post-etching carbon steels plasticity degradation. It should also be noted that the described compounds have antibacterial properties, therefore they enhance steel resistance against SRB.

The combination of protective properties and applicability, availability, low cost of raw materials, and simplicity of synthesis make the developed corrosion inhibitors suitable for practical use.

**KEY WORDS:** *polyfunctional pyridine, carbonyl groups, acidic corrosion, microbial corrosion.*

**ВСТУП**

Використання інгібіторів є одним з найефективніших та економічно вигідних способів протикорозійного захисту металів [1–5]. На сьогодні в Україні досягнуто значних успіхів в області теорії дії, розробки та практики застосування інгібіторів кислотної, сірководневої корозії та різного виду корозійно-механічного руйнування металів [1, 2, 6–8]. Такі інгібітори як ХОСП-10, КИ-1, С-5, КПИ-3, ИНКОР, розроблені в різних наукових центрах країни [1–2], знайшли широке використання у процесах кислотного травлення металів і сплавів, кислотно-інгібіторному очищенні теплоенергетичного обладнання та знятті окалини тощо. Але значні темпи інтенсифікації технологічних процесів, висока агресивність кислотних середовищ і різноманітність корозійного руйнування металів потребують розробки нових, більш універсальних інгібіторів, здатних виявляти високу захисну дію у різних умовах протікання корозійних процесів.

Найчастіше як інгібітори кислотної корозії в Україні на сьогодні використовують четвертинні солі піридину, які отримують під час переробки важких фракцій коксохімічних виробництв, четвертинні солі амонію та комбінації на їх основі. Значну інгібувальну дію за підвищених температур розчинів виявляють також деякі органічні сполуки, які містять у своєму складі карбонільні угруповання. Відомо також, що значна результативність пошуку ефективних інгібіторів корозії існує також серед поліфункціональних органічних сполук, які завдяки наявності у їхньому складі декількох адсорбційних центрів здатні проявляти високу ефективність у широкому діапазоні температур [1–3]. Перспективним при розробці ефективних інгібіторів кислотної корозії металів, як було показано нами, є використання поліфункціональних четвертинних солей піридину з карбонільними угрупованнями, які одночасно є як піридиновими солями, так і карбонільними сполуками [9–11].

## НАУКОВІ ПРИНЦИПИ РОЗРОБКИ ТА ЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ІНГІБІТОРІВ АМПС

У даній роботі на прикладі ряду N-ацилметилпіридинієвих солей (АМПС) більшість із яких (понад 50 сполук) вперше було синтезовано авторами під керівництвом д.х.н. Юрченко Р.І. [9–11], розглянуто наукові принципи створення інгібіторів кислотної корозії металів нового покоління, які мають високу захисну дію за різних умов протікання корозійних процесів. Притаманна цим сполукам конформаційна рухливість, що пов'язана з наявністю метиленової групи, дозволяє їм займати найбільш вигідне положення на поверхні металу залежно від умов протікання корозійного процесу. Порівняльно невисокий трансмісійний фактор  $-\text{CH}_2-$  групи дає можливість вважати, що піридинієвий та карбонільний фрагменти цих сполук практично незалежні. Це дає можливість вводити в окремі фрагменти АМПС замісники R, R<sup>1</sup> і автономно впливати на захисну дію інгібіторів.

Електрокапілярні вимірювання, здійснені з використанням методу «модельного» ртутного електрода, свідчать, що інгібітори корозії типу АМПС, як й інші четвертинні піридинієві солі, відносяться до ПАР катіонного типу [12] і забезпечують виникнення на межі поділу між металом та розчином позитивного адсорбційного стрибка потенціалу ( $\Delta\psi_1$ -потенціалу). Однак адсорбція цих сполук спостерігається у більш широкій, ніж для простих піридинієвих солей, зоні потенціалів і, на відміну від них, значно зростає при підвищенні температури. Це зумовлено наявністю в АМПС карбонільного фрагмента, який (за рахунок атомів кисню та кратних зв'язків) забезпечує хемосорбцію інгібіторів сталі і за підвищених температур. Селективна роль під час адсорбції АМПС піридинієвого та карбонільного фрагментів підтверджується результатами виконаних нами досліджень впливу природи замісників на ефективність дії інгібіторів.

Так, введення у піридинієвий фрагмент АМПС електрондонорних замісників ( $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{NH}_2$  серії (I)) призводить до підвищення їх захисної дії під час корозії сталі 08кп у 2М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , введення електронакцепторних замісників (наприклад,  $-\text{COCH}_3$ ) – до зниження її (рис. 1 а). За температур 20...40°C для таких сполук спостерігаються лінійні кореляційні залежності між їх захисною дією ( $\lg \gamma$  та  $\sigma_C^0$ -константами, які характеризують сукупність мезомерного та  $\pi$ -індукційного ефектів замісників R (табл. 1 (Ia)). Виконання цих залежностей свідчить, що за цих температур адсорбція досліджених АМПС зумовлена  $\pi$ -електронною взаємодією їх піридинієвого кільця з поверхнею сталі. При підвищенні температури захисна дія цих сполук зростає, а залежності  $\lg \gamma - \sigma_C^0$  приймають зворотний характер, що вказує на їх переорієнтацію на поверхні металу і зменшення ролі піридинієвого кільця під час інгібування корозії. Поряд з цим, захисна дія досліджених сполук залежить від електронних характеристик замісників, які входять до їх карбонільного фрагмента. Введення у карбонільний фрагмент АМПС електрондонорних замісників (наприклад,  $-\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ -4,  $-\text{C}_6\text{H}_4\text{OCH}_3$ -4) підвищує їх захисну дію, електронакцепторних замісників (наприклад,  $-\text{C}_6\text{H}_4\text{Br}$ -4,  $-\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}$ -4,  $-\text{C}_6\text{H}_4\text{NO}_2$ -4) – знижує її (рис. 1а). Для досліджених сполук, що містять у піридинієвому фрагменті  $-\text{NH}_2$  групу, а у фенільній частині  $-\text{H}$ ,  $-\text{CH}_3$ ,  $-\text{Br}$ ,  $-\text{Cl}$  замісники, виконуються кореляційні залежності між величинами  $\lg \gamma_1$  і індукційними ( $\sigma_1$ ) константами замісників R<sub>1</sub> (табл. 1 (Ia)).

Меншою мірою захисна дія сполук серії (I) залежить від стеричних властивостей замісників R, R<sup>1</sup>, які були оцінені нами їх стеричними E<sub>s</sub>-константами. Однак стеричний фактор набуває значної ролі, якщо до складу досліджених сполук входять великі за розміром та об'ємом замісники R<sup>1</sup>. Так, наприклад, для АМПС, які містять у піридинієвому кільці  $-\text{CH}_3$  або

–NH<sub>2</sub>-замісники, спостерігаються лінійні кореляційні залежності їх інгібувальної дії під час корозії сталі 08кп у 2М Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> від аліфатичних індукційних  $\sigma^*$ -константами Тафта замісників, які свідчать про вплив електронного фактора на захисну дію інгібіторів. Однак чутливість до зміни електронних характеристик замісників ефективності інгібіторів цієї серії незначна, і їх захисна дія більшою мірою визначається стеричними E<sub>s</sub>-константами останніх, які для замісників –CH<sub>3</sub>, -*t*-Bu, 1-Ad відповідно складають 0,00; -2,40; -2,63 [10].

Подальше підвищення захисної дії цього покоління інгібіторів досягається введенням у піридинієвий фрагмент їх молекул функціональних угруповань, здатних приймати безпосередню участь у адсорбції на металах. Так, заміна замісника R=NH<sub>2</sub>, що входить до піридинієвого фрагмента N-фенацилметилпіридиній бромідів, на залишок NHCO призводить до зменшення електродонорних властивостей останнього і відповідно до зменшення захисної дії інгібітора. Але при введенні у піридинієвий фрагмент інгібіторів АМПС серії (II) замісників R=NHC(O)R<sup>1</sup>, де R<sup>1</sup> – вінільна, метоксильна, фуранова, тетрагідрофуранова, тієнільна групи, здатних приймати безпосередню участь в адсорбції, або об'ємних адамантильного чи ундецильного замісників їх захисна дія підвищується (рис. 1 б).

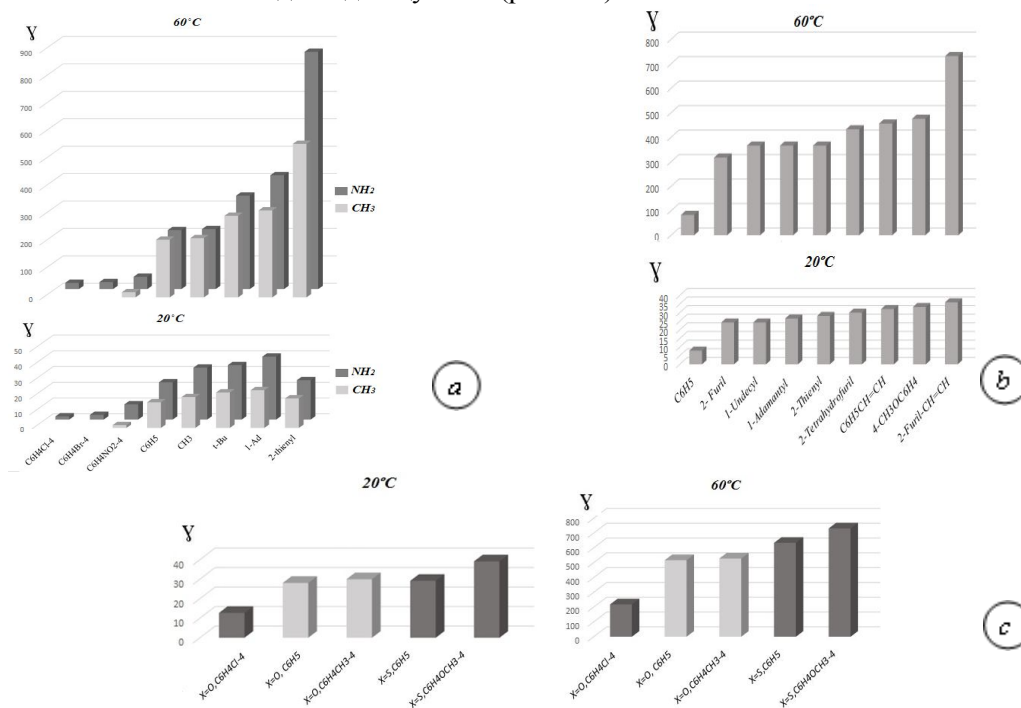


Рис.1. Захисні властивості інгібіторів типу АМПС ( $c = 1 \cdot 10^{-2}$  моль·л<sup>-1</sup>) під час корозії сталі 08кп у 2М Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при 20° і 60°C: а – АМПС серії (Ia); б – АМПС серії (Ib); с – АМПС серії (II).

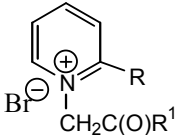
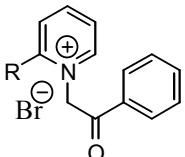
Fig 1. Protective properties of inhibitors of AMPS type ( $c = 1 \cdot 10^{-2}$  mol·l<sup>-1</sup>) for corrosion of steel 08kp in 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> at 20 ° and 60 ° C: a – AMPS series (Ia); b – AMPS (Ib); c – AMPS (II).

Високу захисну дію під час інгібування кислотної корозії заліза та вуглецевих сталей виявляють також АМПС, які містять у піридинієвому фрагменті замісники R=NHC(X)NHR<sup>1</sup> (X=O або S) – (Рис.1с). При цьому для сполук з 2-арилкарбомідними угрупованнями спостерігаються лінійні кореляційні залежності між індукційними  $\sigma_1$ -константами Тафта замісників R<sup>1</sup> та ефективністю захисної дії інгібіторів (АМПС табл. 1 серія (II)).

Подальшими корозійними випробуваннями нами встановлено, що поряд із індивідуальними солями високу ефективність під час корозії сталі проявляють двокомпонентні суміші, одержані із дешевих і доступних промислових продуктів (головним чином, піридину, ацетону, ацетофенону) із застосуванням реакції Ортогеса-Кінга [11]. Використання таких двокомпонентних сумішей АМПС) з відповідними піридиній галогенідами та заміна в них бромід-іона на йодид-іон призводить до посилення захисної дії інгібіторів, що особливо виявляється за підвищених температур розчину. Коефіцієнти гальмування корозії сталі 08кп у 2М Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> із

додаванням  $1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$  таких сумішей за температури  $60^\circ\text{C}$  дорівнюють 460–865, а ступінь її захисту – 99,6...99,9 %.

Таблиця 1. Взаємозв'язок між інгібуючою дією інгібіторів типу АМПС при корозії сталі 08 кп у  $2\text{M H}_2\text{SO}_4$  ( $\lg\gamma$ ) та  $\sigma$  and  $E_s$  константами замісників R, R<sup>1</sup> (при концентрації АМПС  $1 \cdot 10^{-2}$  моль·л<sup>-1</sup>)  
Table 1. Interconnection between the inhibitory action ( $\lg\gamma$ ) and  $\sigma$  and  $E_s$ -constants of the substituents R, R<sup>1</sup> AMPS in  $2\text{M H}_2\text{SO}_4$  for steel 08kp (at the concentration of  $1 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ )

t, °C	АМПС		
	I)		II)
			
	a) R=H, CH <sub>3</sub> , NH <sub>2</sub> , COCH <sub>3</sub> R <sup>1</sup> =C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	b) R=NH <sub>2</sub> R <sup>1</sup> =C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> , C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> CH <sub>3</sub> -4, C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Br-4, C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl-4	R=NHC(X)NHR <sup>1</sup>
20	$\lg\gamma = 1,045 - 0,729 \sigma_C^0, r = 0,974$ $\lg\gamma = 1,163 - 0,346 E_s, r = 0,999$	$\lg\gamma = 1,348 - 2,075 \sigma_1, r = 0,972$ $\lg\gamma = 0,982 + 1,809 E_s, r = 0,699$	$\lg\gamma = 1,592 - 1,510 \sigma_1, r = 0,999$ $\lg\gamma = 1,337 + 0,128 E_s, r = 0,998$ $\lg\gamma = 1,465 - 0,255 \sigma_R, r = 0,997$
	$\lg\gamma = 1,301 - 0,174 \sigma^*, r = 0,999$ (R=CH <sub>3</sub> , R <sup>1</sup> =CH <sub>3</sub> , t-Bu, 1-Ad)	$\lg\gamma = 3,450 - 0,455 \sigma^*, r = 0,991$ (R= NH <sub>2</sub> , R <sup>1</sup> =CH <sub>3</sub> , t-Bu, 1-Ad)	
40	$\lg\gamma = 1,128 - 0,690 \sigma_C^0, r = 0,993$ $\lg\gamma = 1,219 - 0,399 E_s, r = 0,995$	$\lg\gamma = 1,444 - 2,156 \sigma_1, r = 0,993$ $\lg\gamma = 1,064 + 1,871 E_s, r = 0,702$	$\lg\gamma = 2,135 - 1,074 \sigma_1, r = 0,998$ $\lg\gamma = 1,598 - 0,269 E_s, r = 0,996$ $\lg\gamma = 1,866 - 0,537 \sigma_R, r = 0,989$
60	$\lg\gamma = 2,364 + 0,146 \sigma_C^0, r = 0,903$ $\lg\gamma = 2,336 + 0,055 E_s, r = 0,993$	$\lg\gamma = 2,408 - 2,223 \sigma_1, r = 0,982$ $\lg\gamma = 2,008 + 1,753 E_s, r = 0,577$	$\lg\gamma = 2,864 - 0,249 \sigma_1, r = 0,989$ $\lg\gamma = 2,740 - 0,062 E_s, r = 0,986$ $\lg\gamma = 2,802 - 0,124 \sigma_R, r = 0,986$
80	$\lg\gamma = 2,225 + 0,204 \sigma_C^0, r = 0,888$ $\lg\gamma = 2,224 + 0,116 \sigma_C^0, r = 0,905$	$\lg\gamma = 2,217 - 0,938 \sigma_1, r = 0,972$ $\lg\gamma = 2,047 + 0,720 E_s, r = 0,541$	-

Електрохімічні дослідження свідчать, що сполуки типу АМПС є інгібіторами корозії змішаного типу, що зменшують швидкість катодної та анодної реакцій корозійного процесу. Розрахунки, здійснені із використанням основних положень теорії дії адсорбційних інгібіторів корозії, показують, що за температур 20...40°C гальмування корозії сталі цими сполуками відбувається переважно за енергетичним механізмом (табл. 2), за рахунок виникнення позитивного адсорбційного стрибка потенціалу. При підвищенні температури роль енергетичного ефекту інгібування корозії зменшується, а захисна дія інгібіторів значною мірою визначається ефектом блокування поверхні металу. Роль ефекту блокування поверхні за підвищених температур у присутності інгібіторів типу АМПС та утворення за їх участю щільних адсорбційних плівок підтверджуються низкою експериментальних даних: різкою зміною ходу залежності  $\lg K_m - 1/T$  (де  $K_m$  – масометричний показник корозії,  $1/T$  – абсолютна температура), значним зменшенням “уявної” енергії активації корозійних процесів при підвищенні температури розчинів, ефектами післядії, які спостерігаються під час застосування цих інгібіторів [9–11].

Таким чином, висока захисна дія в широкому інтервалі температур АМПС під час кислотної корозії заліза та сталей зумовлена наявністю у їх складі різних функціональних угруповань, здатних селективно впливати на корозійні процеси. Завдяки наявності піридинієвого фрагмента інгібітори типу АМПС виявляють властивості ПАР катіонного типу і зумовлюють гальмування корозії за кімнатної температури за енергетичним механізмом. При підвищених температурах домінуючу роль відіграє карбонільний фрагмент цих сполук, який забезпечує їх хімічну адсорбцію та утворення міцно пов'язаних із поверхнею металів адсорбційних плівок. Підвищення захисної дії інгібіторів корозії цього типу досягається шляхом введення до їх

складу електрондонорних замісників, додаткових об'ємних функціональних груп, або груп, здатних брати безпосередню участь у адсорбції, використанням сумішей інгібіторів.

Таблиця 2. Експериментально встановлені ( $\gamma$ ) та розраховані ( $\gamma\Delta\Psi_1$ ), ( $\gamma_0$ ) коефіцієнти гальмування корозії сталі 08кп в 2М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> у присутності 1·10<sup>-2</sup> моль·л<sup>-1</sup> інгібіторів АМПС серії (Ib) за температури 40°C

Table 2. Theoretical ( $\gamma$ ) and calculated ( $\gamma\Delta\Psi_1$ ), ( $\gamma_0$ ) values of corrosion inhibition coefficients (Ib) in 2M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with 1·10<sup>-2</sup> mol·l<sup>-1</sup> with addition of AMPS inhibitors under 40°C

АМПС (R <sup>1</sup> )	$\Delta\Psi_1$ , mV	$\gamma$	$\gamma\Delta\Psi_1$	$\gamma_0$
АМПС-1 (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH=CH)	132	43,45	35,83	1,21
АМПС-2 (4-CH <sub>3</sub> OC <sub>6</sub> H <sub>4</sub> )	141	47,80	45,73	1,04
АМПС-3 (2-Фурил)	127	33,70	31,29	1,08
АМПС-4(2-Тетрагідрофурил)	137	43,45	41,03	1,06
АМПС-5 (2-Тієніл)	131	43,45	34,87	1,24

Примітка:  $\gamma\Delta\Psi_1 = 10^{K\Delta\Psi_1}$ ,  $K = b_K/b_0(ba+b_K)$ ,  $\Delta\Psi_1 = \Delta E_c/[1-b_Kba/b_0(ba+b_K)]$ , де  $b_K$  і  $ba$  – Тафелєві сталі,  $b_0 = 2,3RT/F$  [12].

Інгібітори корозії типу АМПС, що містять у своєму складі замісники R=NHC(S)NHR<sup>1</sup>, також виявляють високу захисну дію під час кислотної корозії сталі У8А із нанесеними на їх поверхню дифузійними покриттями. Так, ці інгібітори при концентрації 1·10<sup>-2</sup> моль·л<sup>-1</sup> зменшують у 70 разів корозію сталі з алюмотитанохромовими покриттями у розчині 0,5 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при 20°C, у 25 разів – корозію сталі з алюмохромовим покриттям та бар'єрним шаром карбиду хрому, у 105 разів – корозію з алюмотитанохромовим покриттям та бар'єрним шаром нітриду титану. Більшість із АМПС зменшують у 15–20 разів швидкість корозії цинку в 0,5 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при 20°C. Але при невисоких концентраціях сполуки з арилтіокарбомідними угрупованнями пришвидшують його корозію, що зумовлено ефектами каталітичного виділення водню у їх присутності [10]. Введення у 2 М розчин H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> інгібіторів типу АМПС зменшує у 6–8 разів втрату пластичності сталі під час їх травлення і приблизно у стільки ж разів кількість екстрагованого зі сталевих зразків водню, що утворюється у їх поверхневих шарах сталі внаслідок її наводнення. За наявності в молекулах АМПС додаткових функціональних угруповань (наприклад, R=NHC(O)C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>OCH<sub>3</sub>-4, R=NHC(O)NHR<sup>1</sup>, R=NHC(S)SHR<sup>1</sup>), здатних брати безпосередню участь в адсорбції, ефективність їх дії як інгібіторів втрати пластичності сталі значно посилюється. Це викликано наявністю у складі таких сполук додаткових адсорбційних центрів і утворенням щільних, міцно пов'язаних із поверхнею сталі хемосорбційних плівок за їх наявності.

Результати досліджень, виконаних нами спільно зі співробітниками ІМБВ ім. Д.К. Заболотного, показали, що більшість інгібіторів типу АМПС виявляють також хороші бактерицидні та захисні властивості під час корозії сталі 08кп у середовищі Постгейта «Б» у присутності СВБ. Введення у середовище Постгейта «Б», що містить 10<sup>7</sup> cells/ml SVB (штам Київ-10), 10<sup>-3</sup> mol/l досліджених інгібіторів знижує до нуля їх титр після 6 months корозійних випробувань. Зміни маси та зовнішнього вигляду зразків під час корозійних випробувань у присутності більшості з досліджених інгібіторів практично не спостерігається. Найбільшу захисну дію та найліпші бактерицидні властивості серед них виявляють сполуки, що містять у своєму складі об'ємні адамантільні замісники. Однак АМПС з арилтіокарбонільними угрупованнями, як й інші похідні тіосечовини, практично не впливають на титр бактерій і стимулюють корозію сталі за присутності СВБ.

Відповідно до наукових підходів, що були запропоновані нами у попередніх дослідженнях [5], позитивний вплив інгібіторів АМПС на мікробну корозію сталі за присутності СВБ може бути зумовлений кількома чинниками. Так, адсорбція досліджених катіонно-активних сполук на негативно зарядженій поверхні сталі ( $\phi_c = -0,45$  V), і їх адсорбція на поверхні клітини СВБ, яка має негативний заряд ( $\xi = -0,12 \dots (-0,30)$  V), може призводити до зміни гідрофобних властивостей останніх та модифікації будови подвійного електричного шару на межі їх поділу з розчином. Це повинно впливати на процес сульфатредукції, який лежить в основі життєдіяльності СВБ, гальмувати відновлення сірководню, що є продуктом їх життєдіяльності, гальмувати анодне розчинення сталі, знижувати адгезію клітин бактерій до її поверхні тощо. При

цьому захисні властивості досліджених органічних сполук у присутності СВБ зазвичай посилюються за рахунок синергетичних продуктів їх метаболізму ( $H_2S$ ,  $HS^-$ ,  $S^{2-}$ ).

## ВИСНОВКИ

Поліфункціональні четвертинні солі з карбонільними угрупованнями в широкому діапазоні температур виявляють високу захисну дію під час кислотної корозії металів та мікробної корозії сталі у присутності СВБ. Високі захисні властивості інгібіторів типу АМПС під час кислотної та мікробної корозії металів зумовлені наявністю у їх складі декількох функціональних угруповань, здатних селективно впливати на корозійні процеси. Сукупність захисних і бактерицидних властивостей інгібіторів АМПС, технологічність застосування, їх невисока токсичність (4 клас небезпеки), простота синтезу та доступність сировини свідчать про перспективність використання інгібіторів цього типу під час протикорозійного захисту металів за різних умов протікання корозійних процесів. За своїми характеристиками та ефективністю захисної дії інгібітори на типу АМПС не поступаються, а у деяких випадках перевищують захисні властивості таких широковідомих інгібіторів кислотної корозії металів як ХОСП-10, КИ-1, С-5 тощо.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Антропов Л.И., Макушин Е.М., Панасенко В.Ф. Ингибиторы коррозии металлов. – К.: Техніка, 1981. – 183 с.
2. Иванов Е. С. Ингибиторы коррозии металлов в кислых средах / Иванов Е. С. – М.: Металлургия, 1986. – 175 с.
3. Кузнецов Ю.И. Современное состояние теории ингибирования коррозии металлов // Защита металлов. – 2002. – Т. 38, № 2. – С. 122–131.
4. Угрюмов О.В., Ившин Я.Н. Азотсодержащие ингибиторы коррозии нефтепромышленного оборудования: Монография, Казань: Казан. гос.ун-т, 2009. – 212 с.
5. Бурлов В.В., Алцыбеева А.И., Парпуц И.В. Защита от коррозии оборудования НПЗ. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2005. – 248 с.
6. Образцов В., Данилов Ф. Ингибиторы кислотной коррозии стали: Проблемы и перспективы // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2004. – № 4. – С. 757–762.
7. Корозійно-механічне руйнування зварних конструкцій / [В.І. Похмурський, Р.К. Мелехов, Г.М. Круцан, В. Г. Здановський]. – К.: Наукова думка, 1995. – 262 с.
8. Похмурський В.І., Хома М.С. Корозійна втома металів та сплавів: [Монографія]. – Львів: СПОЛОМ, 2008. – 304 с.
9. Антикоррозионные свойства N-фенацилметилпиридиний бромидов / Р.И. Юрченко, И.С. Погребова, Т.Н. Пилипенко, Е.М. Красько // Журнал прикладной химии. – 2003. – Т. 76, Вып. 11. – С. 1814–1818.
10. N-фенацилметилпиридиний бромиды как ингибиторы кислотной коррозии / Р.И. Юрченко, И.С. Погребова, Т.Н. Пилипенко, Т.Е. Шубина // Журнал прикладной химии. – 2004. – Т. 77, Вып. 7. – С. 1132–1135.
11. Исследование ингибирующего действия различных пиридиний галогенидов и их смесей на коррозию стали в сернокислой среде / Р.И. Юрченко, С.В. Иващенко, Т.Н. Пилипенко, И.С. Погребова // Журнал прикладной химии. – 2005. – Т. 78, Вып. 3. – С. 517–519.
12. Антропов Л.И., Погребова И.С. Связь между адсорбцией органических соединений и их влиянием на коррозию металлов в кислых средах // Итоги науки и техники. Серия: Коррозия и защита от коррозии. – М. ВИНТИ, 1973. – Т. 2. – С. 27–112.
13. Механизм ингибирования коррозии стали в присутствии сульфатредуцирующих бактерий / И.С. Погребова, И.А. Козлова, Л.М. Пуриш [и др.] // Фізико-хімічна механіка матеріалів – 2001. – № 4. – С. 57–63.