

РОЗДІЛ VIII. ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 620.197.3

Ю.В. Квашук, канд. техн. наук

Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка, м. Чернігів, Україна

О.І. Сиза, д-р техн. наук

О.М. Савченко, канд. техн. наук

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

РОСЛИННІ ЕКСТРАКТИ У ПРОТИКОРОЗІЙНОМУ ЗАХИСТІ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Ю.В. Квашук, канд. техн. наук

Черниговский национальный педагогический университет имени Т.Г. Шевченко, г. Чернигов, Украина

О.И. Сизая, д-р техн. наук

О.Н. Савченко, канд. техн. наук

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

РАСТИТЕЛЬНЫЕ ЭКСТРАКТЫ В ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Yuliia Kvashuk, PhD in Technical Sciences

Chernihiv National Pedagogical University named T.H. Shevchenko, Chernihiv, Ukraine

Olha Syza, Doctor of Technical Sciences

Olesia Savchenko, PhD in Technical Sciences

Chernihiv National University of Technology, Chernihiv, Ukraine

PLANT EXTRACTS IN ANTICORROSIIVE PROTECTION OF WATER SUPPLY SYSTEMS

Наведено результати комплексного оцінювання корозійно-електрохімічної поведінки малоуглецевих сталей у водопровідній воді із додаванням екстракту коріння хрину. Виявлено залежність протикорозійної активності дослідженої інгібуючої добавки від її концентрації. Розроблений інгібітор (XC) є екологічно безпечним як на стадії виробництва, так і застосування, доступним за сировинною базою, відповідає санітарно-гігієнічним нормам.

Ключові слова: інгібітор корозії, екстракт коріння хрину, протикорозійна активність.

Представлены результаты комплексной оценки коррозионно-электрохимического поведения малоуглеродистых сталей в водопроводной воде с добавлением экстракта корней хрена. Установлена зависимость противокоррозионной активности исследованной ингибирующей добавки от ее концентрации. Разработанный ингибитор (XC) является экологически безопасным как на стадии производства, так и применения, доступным по сырьевой базе, соответствует санитарно-гигиеническим нормам.

Ключевые слова: ингибитор коррозии, экстракт корней хрена, противокоррозионная активность.

The results of a comprehensive assessment of corrosion-electrochemical behavior of low-carbon steels in tap water with the addition of an extract of the horse-radish roots are given. The dependence of the corrosion-inhibiting additives actively explore on its concentration. Designed inhibitor (XC) is an environmentally friendly both in the manufacture and use, an available on the resource base, meets sanitary and hygienic standards.

Key words: corrosion inhibitor, extract of the horse-radish roots, anticorrosive activity.

Постановка проблеми. Проблема протикорозійного захисту систем водопостачання завжди була і залишається у центрі уваги інженерної практики. Відомо, що середовища оборотного водопостачання виробничих підприємств виявляють значну агресивність: у замкнених системах з часом випадають важкорозчинні сполуки; зростає карбонатна твердість, вміст хлоридів та сульфатів; змінюється рН середовища, швидкість потоку, градієнт температур. Продукти корозії погіршують якість води і забруднюють внутрішню поверхню труб, зменшуючи їх пропускну здатність та знижуючи ефективність роботи. Як результат, погіршується тепловіддача, підвищується опір середовищу, що рухається, у зв'язку зі зменшенням вільного перетину труб [1].

Серед пріоритетних інженерних методів забезпечення надійності систем водопостачання, відповідно до Держстандарту, є застосування інгібіторів корозії. На сьогодні для протикорозійного захисту водооборотних систем пропонуються композиції, до складу яких входять у різних співвідношеннях фосфатний і фосфонатний інгібітори, безводна гігроскопічна сіль лужних і лужноземельних металів неорганічних кислот тощо. Суттєвим недоліком таких композицій є утворення фосфатного шламу у воді, необхідність введення їх до системи у твердій фазі, що ускладнює вибір ефективного режиму інгібування і не забезпечує швидкого рівномірного розподілу компонентів у середовищі. Застосування таких інгібіторів корозії, як нітрати, хромати, біхромати обмежене з причин токсичності [2].

У зв'язку з цим необхідність розроблення нешкідливих для природного середовища та життя людини, добре сумісних із водним середовищем засобів протикорозійного захисту металевих конструкцій стимулює пошук нових інгібіторів. Останніми роками, зокрема на базі Чернігівського національного технологічного університету, з використанням екологічно безпечної технології розроблено інгібітори корозії на основі рослинної сировини з високим ступенем протикорозійного захисту металоконструкцій – РС-ЧДТУ, ГС-1 [3; 4]. Актуальним завданням сьогодення залишається розширення асортименту ефективних, екологічно безпечних як на стадії виробництва, так і застосування інгібіторів корозії з широкою сировинною базою для виробництва.

Мета статті. Розроблення ефективних інгібіторів корозії на основі продуктів переробки екологічно безпечної рослинної сировини України (коріння хрину) для захисту систем оборотного водопостачання.

Об'єкти і методи дослідження. Як інгібуючу добавку досліджували протикорозійну активність водно-спиртового екстракту із коріння хрину (інгібітор ХС). Перспективність вибору хрину пов'язана, по-перше, з доступністю сировинної бази, по-друге, з наявністю сульфуру, кисню і нітрогену в складі діючих речовин коріння. Відомо, що сульфур-, кисень-, нітрогеновмісні сполуки зарекомендували себе як ефективні інгібітори корозії [5]. Як відомо [6–9], діючими речовинами водно-спиртових екстрактів із рослинної сировини є глікозиди, алкалоїди, флавоїди, каротиноїди, ксантони. Враховуючи попередні дослідження [9] та аналізуючи хімічний склад коріння хрину, можна зробити висновок, що активними компонентами інгібітору ХС є глікозиди: синігрин – 83 % та глюконастурціїн – 11 % (рис. 1).

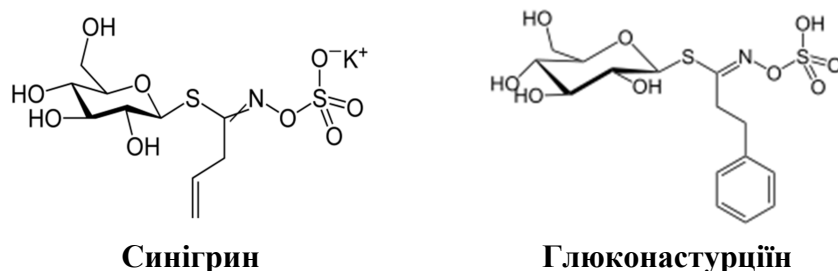


Рис. 1. Діючі речовини інгібітору ХС

Інгібітор ХС – рідина жовтого забарвлення з вмістом активних речовин 2 %. Корозійні випробування проводили гравіметричним та електрохімічним методами у водогінній воді (рН – 7,2; мінералізація – 372,4 мг/л; загальна жорсткість – 4,7 мг-екв/л; Ферум загальний – 0,4 мг/л) за температури 291 К. Для оптимізації кількості інгібуючої добавки дослідження проводили за умови концентрації екстракту в робочому середовищі: 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 г/л, у перерахунку на діючі речовини. Поляризаційні виміри здійснювали на зразках сталі 20 (потенціостат П-5827), статичні вагові дослідження – на зразках зі сталі Ст3 у вигляді прямокутних пластинок розміром 50,3×22,3×3,2 мм. Поверхню зразків послідовно шліфували на дрібнозернистому папері марок Р 240 – Р 1200, промивали у проточній воді і знежирювали. Після експозиції поверхню зразків

очищали від продуктів корозії, промивали проточною водою, висушували, знежирювали і зважували.

Швидкість корозії оцінювали за формулою:

$$K_m = (m_1 - m_2) / S \cdot \tau,$$

де K_m – швидкість корозії, г/(м²·год); m_1, m_2 – маса зразка до випробування та після випробування, відповідно, г; S – площа поверхні зразка, м²; τ – тривалість дослідження, години.

Ефективність захисної дії інгібітора корозії оцінювали за ступенем захисту Z_m :

$$Z_m = [(K_m - K'_m) / K_m] \cdot 100, \%,$$

де K_m, K'_m – швидкість корозії за втратою маси металу без інгібітору та з інгібітором відповідно, г/(м²·год).

Оже-електронну спектроскопію застосовували для контролю за вмістом і розподілом хімічних елементів у приповерхневому шарі металу (Оже-спектрометр AES-2000 приладового комбайна-лабораторії LAS-2000 Riber, Франція).

Результати дослідження. Результати електрохімічних досліджень впливу різних концентрацій інгібітору ХС на корозійну дію водогінної води за температури 291 К на сталь 20 наведено на рис. 2 та в табл.

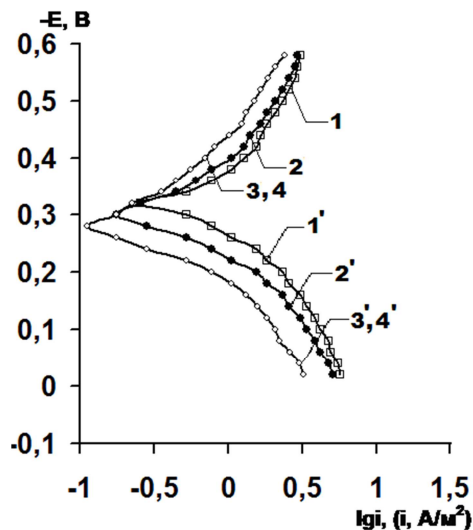


Рис. 2. Поляризаційні катодні (1-4) й анодні (1'-4') криві сталі 20 у водогінній воді без інгібітору (1, 1') та з добавками інгібітору ХС (г/л, у перерахунку на діючі речовини): 2, 2' (0,1); 3, 3' (0,2); 4, 4' (0,3)

Таблиця

Залежність параметрів електрохімічної корозії та ефективності інгібування сталі 20 від концентрації інгібітору ХС у водогінній воді

$I_n, \text{г/л}$	Потенціал корозії, В	Густина струму, А/м ²			Коефіцієнт інгібування			Ступінь захисту, %		
	$-E_c$	i_k	i_a	i_c	γ_k	γ_a	γ_c	Z_k	Z_a	Z_c
–	0,32	1,29	1,55	0,55	–	–	–	–	–	–
0,1	0,30	1,05	0,78	0,18	1,23	1,99	3,06	18,60	49,68	67,27
0,2	0,28	0,71	0,28	0,11	1,82	5,54	5,00	44,96	81,94	80,00
0,3	0,28	0,71	0,28	0,11	1,82	5,54	5,00	44,96	81,94	80,00

Примітка: i_k при $E_k = -0,4$ В, i_a при $E_a = -0,22$ В.

За поляризаційними вимірами встановлено, що збільшення концентрації інгібуючої добавки з 0,1 до 0,3 г/л (у перерахунку на діючі речовини) сприяє зростанню захисних властивостей: γ_c збільшується у 1,63 раза, Z_c – у 1,19 раза. При додаванні інгібітору в корозивне середовище відбувається гальмування обох процесів – катодного й анодного

($\gamma_a > \gamma_k$). Спостерігається зміщення потенціалу корозії E_c в анодну область на 20–40 мВ залежно від концентрації. Встановлено, що для інгібітору ХС оптимальна концентрація у воді – 0,2 г/л (у перерахунку на діючі речовини).

Гравіметричні дослідження підтвердили попередні результати (рис. 3). Відмічено, що у воді без інгібітору швидкість корозії сталі значна – корозійні ураження поверхні металу помітні візуально вже на другий день. Продукти корозії у вигляді бурого осаду випадають на дно склянки. В середовищах з інгібіторами зразки залишаються чистими впродовж 192 годин дослідження.

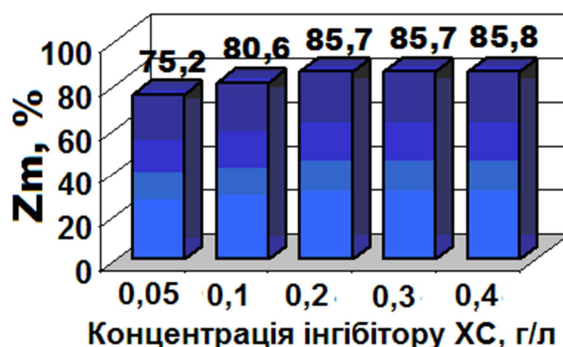


Рис. 3. Протикорозійна активність інгібітору ХС на сталі Ст3 у водогінній воді за температури 291 К

Таким чином, хоча екстракт коріння хрину поступається за ефективністю інгібіторного захисту сталей у нейтральному середовищі розробленому нами раніше інгібітору на основі зерен ріпаку – РС-ЧДТУ ($Z_m = 96\%$) [3], проте також виявляє досить високі показники протикорозійної активності. Глікозиди у складі інгібітору ХС у водних розчинах частково гідролізують, що пояснює дещо знижену ефективність дії. Синігрин розкладається на калій гідрогенсульфат, глюкозу і гірчичну ефірну олію (рис. 4):

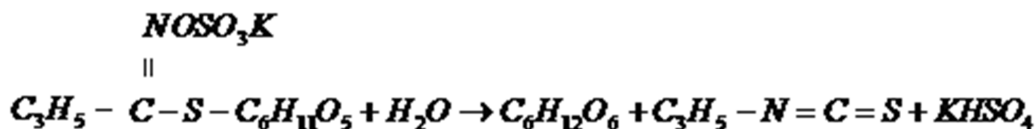


Рис. 4. Продукти гідролізу синігрину

У результаті гідролізу глюконастуриїну утворюється глюкоза, гірчична ефірна олія та сульфатна кислота (рис. 5):

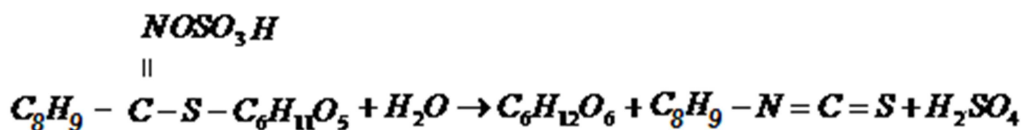


Рис. 5. Продукти гідролізу глюконастуриїну

Порівняння результатів Оже-спектроскопії за вмістом Феруму у приповерхневих шарах сталі Ст3 на повітрі (контрольний зразок) та у воді з інгібітором (рис. 6) показує їх близькі значення. Тоді як у воді без інгібітору вміст Феруму суттєво зменшується. Пояснюється це тим, що у присутності інгібітора ХС поверхня сталі вкривається захисною плівкою, яка може складатися з Феруму оксидів та сполук Феруму з інгібітором. Існування захисної плівки на поверхні сталі ускладнює дифузію йонів-активаторів до поверхні металу і перешкоджає виходу Феруму у вигляді первинних продуктів корозії.

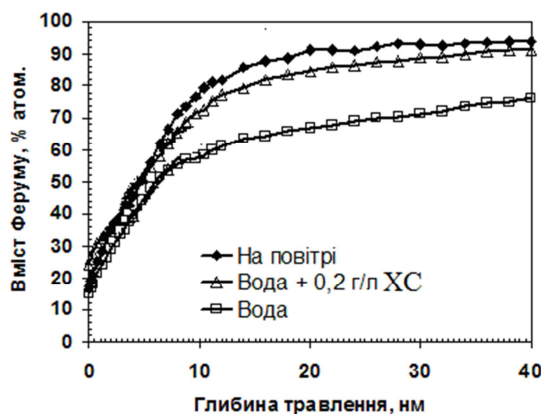


Рис. 6. Залежність вмісту Феруму від глибини травлення зразків із сталі Ст3 (час експозиції у воді 168 годин)

Висновки. Запропоновано інгібітор корозії маловуглецевих сталей на основі коріння хрину – ХС. Максимальні захисні властивості у водогінній воді спостерігаються при концентрації екстракту 0,2 г/л, у перерахунку на діючі речовини ($Z_m = 85,7\%$). Розроблений інгібітор є екологічно безпечним як на стадії виробництва, так і застосування, доступним за сировинною базою, відповідає санітарно-гігієнічним нормам, що дозволяє рекомендувати його для протикорозійного захисту металоконструкцій.

Методом *Оже*-електронної спектроскопії підтверджено наявність захисної плівки на поверхні сталі Ст3 в інгібованих розчинах.

Список використаних джерел

1. *Особливості застосування інгібітора КОРСОЛ-2 для захисту локальних водооборотних систем* / З. В. Слободян, Л. А. Маглатюк, В. М. Синіло, Р. Б. Купович // Вісник Чернігів. держ. технол. ун-ту. – 2011. – № 3 (51). – С. 128–131.
2. *Караван С. В. Борьба с коррозией в системах водоснабжения* / С. В. Караван, В. И. Терентьева, Н. М. Павловец. – СПб. : Проспект Науки, 2007. – 336 с.
3. *Влияние продуктов переработки растительного сырья на коррозионно-электрохимическое поведение стали в пищевых производствах* / О. И. Сизая, О. Н. Савченко, Ю. В. Квашук, А. А. Королев // Вопросы химии и химической технологии. – 2011. – № 4 (2). – С. 179–182.
4. *Вплив технологічних факторів на корозійну тривкість сталей в харчових виробництвах* / Ю. Квашук, О. Сиза, О. Савченко, В. Челябієва // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2012. – Спец. випуск № 9, т. 1. – С. 226–231.
5. *Иванов Е. С. Ингибиторы коррозии металлов* / Е. С. Иванов, С. С. Иванов. – М. : Знание, 1980. – 64 с.
6. *Corrosion inhibition of mild steel by plant extract in dilute HCl medium* / L. R. Chauhan, G. Gunasekaran // Corrosion Science. – 2007. – Vol. 49, № 3. – P. 1161–1165.
7. *Plant extract as Eco-Friendly inhibitor on the Corrosion of Mild Steel in Acidic Media* / S. K. Hasan, P. Sisodia // RASAYAN Journal of Chemistry. – 2011. – Vol. 4, № 3. – P. 548–553.
8. *Corrosion inhibitor-A plant extract* / R. Saratha, R. Meenakshi // Der Pharma Chemica. – 2010. – Vol. 2, № 1. – P. 287–294.
9. *Сиза О. І. Механізм дії інгібіторів корозії на основі рослинної сировини* / О. І. Сиза, Ю. В. Квашук, О. М. Савченко // Вісник Чернігів. держ. технол. ун-ту. – 2013. – № 3 (67). – С. 62–68.