

СУЛЬФАТВІДНОВЛЮВАЛЬНА ТА КОРОЗІЙНА АКТИВНОСТІ БАКТЕРІЙ ШТАМУ *DESULFOVIBRIO* SP. M 4.1 ЗА ДІЇ ЧЕТВЕРТИННИХ СОЛЕЙ ІМІДАЗОХІНОЛІНІЮ

Кожем'яченко А.О.

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка

Науковий керівник – Демченко Н.Р., кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології
Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка

Мікробна корозія – це процес руйнування конструкційних матеріалів та протикорозійного захисного покриття під дією наявних у середовищі мікроорганізмів (бактерій, грибів, водоростей, дріжджів) [6]. Небезпека бактеріальної корозії полягає в тому, що бактерії швидко розмножуються і легко пристосовуються до змін фізичних, хімічних і біологічних умов середовища [6].

Біоелектрохімічний процес мікробної корозії протікає у біоплівці, яка розглядається як високоорганізована, здатна до самовпорядкування біологічна система, функціонування якої спрямовано на оптимізацію своїх життєвих функцій [5]. В процесі формування біоплівки на поверхні металу створюються анодні зони, що прискорює його електрохімічне руйнування [6].

Особлива роль у прискоренні корозії металів належить сульфатвідновлювальним бактеріям (СВБ). Метаболічна активність сульфатвідновлювальних бактерій у складі корозійно активного угруповання визначає інтенсивність корозійного процесу на поверхні металу [5, 6].

Оптимальним вирішенням проблеми мікробної корозії є розробка та впровадження інгібіторів процесів мікробної корозії, які виявляють антимікробну дію щодо бактерій корозійно активного угруповання, а особливо до сульфатвідновлювальних. Ефективними біоцидами щодо корозійно небезпечних мікроорганізмів виступають сполуки, які мають четвертинний азот [1, 8, 10], зокрема, деякі четвертинні солі амонію [1,2], піридинію [2], імідазопіридинію [11], триазолоазепінію [4] та ін.

Метою роботи було дослідити сульфатвідновлювальну та корозійну активності сульфатвідновлюваних бактерій штаму *Desulfovibrio* sp. M 4.1 у процесі біокорозії маловуглецевої сталі за присутності четвертинних солей імідазохінолінію.

Досліджували сульфатвідновлювальні бактерії штаму *Desulfovibrio* sp. M 4.1, які було виділено із сульфідогенного природного угруповання піщаного ґрунту, що сформувався у феросфері, прилеглий до газопроводу, прокладеного у Чернігівській області (с. Малейки) та ідентифіковано молекулярно-біологічними методами співробітниками кафедри біології НУЧК імені Т. Г. Шевченка [3]. Як біоциди щодо сульфатвідновлювальних бактерій досліджували броміди 1-(4¹-R-фенацил)-хінолінію та броміди 2,3-діарил-4,5-дигідро-імідазо[1,2-а]хінолінію-3. Четвертинні солі імідазохінолінію також досліджували як інгібітори мікробної корозії маловуглецевої сталі.

Сульфатвідновлювальні бактерії (СВБ) досліджуваного штаму культивували на середовищі Постгейта «В» за анаеробних умов. Температура культивування становила $28 \pm 2^\circ\text{C}$. Антибактеріальні властивості бромідів визначали методом дифузії в агар з використанням лунок в агарі, до яких вносили спиртові розчини досліджуваних солей концентрацією 0,25%, 0,5%, 1,0%. Анаеробні умови для росту сульфатвідновлювальних бактерій створювали, використовуючи метод покривних скляних пластинок (метод Штурм в модифікації Дуди). За діаметром зони затримки росту сульфатвідновлювальних бактерій визначали їхню чутливість до похідних хінолінію та імідазохінолінію.

Чисельність бактерій у планктоні та біоплівці (адгезованих) визначали методом граничних десятикратних розведень при висіві відповідної клітинної суспензії на поживне середовище Постгейта «В». Кількість клітин розраховано за допомогою таблиць Мак-Креді, розробленої на основі методів варіаційної статистики [7]. Адгезовані до поверхні сталі клітини (біоплівка) були зібрані у фіксований об'єм (40 мл) 0,1N фосфатного буфера (pH7) за допомогою ультразвуку з частотою 25 кГц (30 с) двічі з інтервалом 60 с, з використанням приладу УЗМ-003/н. В суспензії визначали кількість клітин та перераховували на площу сталевого зразка. Концентрацію біогенного сірководню, який накопичувався в середовищі у процесі метаболізму бактерій, визначали йодометрично за допомогою зворотнього титрування.

Відносний ступінь впливу солей на сульфатредукцію розраховували за формулою:

$$S = (C_{\text{досл.}} - C_{\text{контр.}}) \times 100 / C_{\text{контр.}}$$

де S – відносний ступінь впливу речовини на сульфатредукцію; $C_{\text{досл.}}$ та $C_{\text{контр.}}$ – середня концентрація сірководню в досліджуваній пробі, що містить речовину і в контрольній, яка не містить речовини, мг/мл.

Корозійні дослідження проводили в герметичних ємностях (100 см^3) зі зразками сталі Ст3пс розміром $50,0 \times 18,0 \times 1,0$ мм, відшліфованих по 4-5 класу чистоти [10]. За втратою маси зразків розраховували швидкість корозії (K_m , г/($\text{м}^2 \times \text{год}$)), коефіцієнт гальмування корозивного процесу ($\gamma_m = K_m / K_m'$, де K_m та K_m' – швидкість корозії зразків без та за присутності інгібітору) та ступінь захисту металу від корозії ($Z_m = (1 - 1/\gamma_m) \times 100\%$).

Результати проведених досліджень показали, що сульфатвідновлювальні бактерії штаму *Desulfovibrio* sp. M 4.1 є чутливими до дії бромідів 1-(4¹-R-фенацил)-хінолінію (ЧСХ) та бромідів 2,3-діарил-4,5-дигідро-імідазо[1,2-а]хінолінію-3 (ЧСІХ) за досліджених концентрацій. Діаметри зон пригнічення росту СВБ (концентрація 1%) становили 12,3-26,4 мм та 25,7-45,5 мм відповідно. Вперше було встановлено, що за умов мікробної корозії четвертинні солі імідазохінолінію повністю пригнічують розвиток бактерій штаму *Desulfovibrio* sp. M-4.1 в планктоні та значно впливають на формування біоплівки на поверхні металу (чисельність клітин зменшується на 6 – 8 порядків порівняно з контролем) за умов мікробної корозії. Встановлено пригнічення сульфатвідновлювальної активності бактерій штаму *Desulfovibrio* sp. M-4.1

четвертинними солями імідазохінолінію (на 86,1%-91,6%). Вперше визначено інгібуючу дію четвертинних солей імідазохінолінію процесу мікробної корозії, індукованої бактеріями штаму *Desulfovibrio* sp. М 4.1. Ступінь захисту металу від корозії складає 84,6%-92,4%. Найбільший захисний ефект проявляє бромід 2-(пара-толіл)-3-(4¹-метоксіфеніл)-4,5-дігідро-імідазо[1,2-а]хінолінію. Ця речовина може бути перспективною для подальших досліджень в якості інгібітора мікробної корозії маловуглецевої сталі, індукованої сульфатвідновлювальними бактеріями.

Таким чином, виявлено високу чутливість сульфатвідновлювальних бактерій штаму *Desulfovibrio* sp. М 4.1 щодо четвертинних солей імідазохінолінію, яка змінюється в залежності від будови речовин, а саме, від природи замісників за другим та третім положенням гетероциклічної системи. Четвертинні солі імідазохінолінію виявляють властивості інгібіторів мікробної корозії індукованої сульфатвідновлювальними бактеріями штаму *Desulfovibrio* sp. М 4.1 (швидкість корозії гальмується в 6,5-13 разів) і можуть бути перспективними для подальших досліджень щодо використання в якості інгібіторів мікробної корозії маловуглецевої сталі, індукованої сульфатвідновлювальними бактеріями.

Список використаних джерел:

1. Агаев Н. М. Закономерности создания биоцидов, предотвращающих развитие сульфатредуцирующих бактерий и образование биогенного сероводорода. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2000. Спец. вип. №1. С. 572–576.
2. Андреева Ю. В. и др. Влияние реагентов-биоцидов фирмы ОАО «НАПОР» на жизнедеятельность коррозионно-опасных сульфатвосстанавливающих бактерий. *Ученые записки Казанского государственного ун-та. Серия: Естественные науки*. 2007. Т. 149, №1. С.72–78.
3. Демченко Н. Р., Курмакова І. М., Третяк О. П. Особливості корозійно активного мікробного угруповання феросфери газопроводу, прокладеного у піщаному ґрунті. *Мікробіологія і біотехнологія*. 2013. № 4, С. 90–98.
4. Демченко Н. та ін. Броміди [1,2,4]тріазоло[4,3-а]азепінію – інгібітори мікробної корозії сталі. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2008. Спец. вип. №7. С. 538–542.
5. Козлова І. П., Коптева Ж. П., Заніна В. В. та ін. Стратегія вивчення мікробноіндукованої корозії: біоплівка, її формування і функціонування. *Корозія 98*: 1998 рік: матеріали ІV Міжнар. конф. Львів. С. 325–328.
6. Мікробна корозія підземних споруд / Андреюк К. І. та ін. Київ. 2005. 260 с.
7. Практикум по микробиологии / Под ред. Н. С. Егорова. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1976. 306 с.
8. Смикун Н. В. та ін. Чутливість сульфатвідновлювальних та залізовідновлювальних бактерій до ацетамідних похідних 4-аміно-1,2,4-тріазолу. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Біологія*. 2008. Вип. 24. С. 117–120.
9. Фокин М. Н., Жигалова К. А. Методы коррозионных испытаний металлов / Под ред. Я. М. Колотыркіна. М.: Металлургия. 1986. 78 с.
10. Biological activity and active groups of novel pyrazoles, thiosemicarbazones, and substituted thiazoles. / Brown R., Fischer R., Blunk J. [et al.] *Prog. Ocla Acad. Sci.* 1976. Vol. 56. P. 15–17.
11. Nataliya Demchenko, Svetlana Tkachenko, Maria Lifar, Oleksandr Tretiak Anticorrosive and biocidal properties of the imidazopyridine derivatives. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2018. Спец. Вип. № 12. С. 199–204.