

УДК 579.26:[620.193.8+620.197.3]:547.8

ЗМІНИ ПОПУЛЯЦІЙНОГО РІВНЯ БАКТЕРІЙ КОРОЗИЙНО АКТИВНОГО МІКРОБНОГО УГРУПОВАННЯ В ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ БІОПЛІВКИ НА ПОВЕРХНІ МАЛОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ

Демченко Н.Р.

Чернігівський державний педагогічний університет
імені Т.Г.Шевченка,
Україна

Мікробна корозія підземних металевих споруд є одним з найбільш небезпечних і розповсюджених видів корозії. Від неї потерпають тунелі, трубопроводи, кабелі зв'язку, цистерни та ін. Таку корозію спричиняють бактерії циклу сірки, що утворюють біоплівки - екосистеми, де функціонують сульфатвідновлювальні та інші бактерії [1].

Важливим аспектом у дослідженні мікробної корозії є вивчення формування та функціонування біоплівки, де відбуваються біоелектрохімічні процеси руйнації металу. Як особлива форма організації мікроорганізмів біоплівка забезпечує фізіологічну та функціональну стабільність корозійного мікробного угруповання та гарантує конкурентне виживання за несприятливих умов. В процесі її формування на поверхні металу змінюється якісний та кількісний склад мікроорганізмів корозійного угруповання, що впливає на швидкість корозії.

Одним із способів інгібування мікробної корозії є введення в агресивне середовище органічних сполук, які одночасно виявляють біоцидну дію щодо корозійно активних мікроорганізмів та гальмують електрохімічну корозію металу [2-17]. Вплив біоцидів на формування біоплівки на поверхні металу вивчено недостатньо, а дослідження впливу четвертинних солей триазолоазепінію, токсичних до угруповань сульфатвідновлювальних, залізо-відновлювальних, денітрифікувальних та амоніфікувальних бактерій, раніше не проводились.

Тому, метою даної роботи було дослідити суцесію корозійно активного мікробного комплексу «середовище - поверхня маловуглецевої сталі», а саме, біоплівки, у присутності четвертинної солі триазолоазепінію (ЧСТА II) - біоциду-інгібітору за умов лабораторного експерименту.

Матеріали і методи досліджень

Об'єктами дослідження було штучно створене корозійно активне мікробне угруповання, до складу якого входили сульфатвідновлювальні бактерії (СВБ)- $6 \cdot 10^5$ кл/мл, залізо-відновлювальні бактерії (ЗВБ)- $6 \cdot 10^7$ кл/мл, денітрифікувальні бактерії (ДНБ) та амоніфікувальні бактерії (АМБ) - $2,5 \cdot 10^8$ кл/мл. Культивування цих культур проводили на суміші рідких середовищах Постгейта «В», Каліненка, Гільтая, м'ясо-пептонному бульйону (МПБ) у співвідношенні 5,0:1,5:1,5:1,0 за температури $(28 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Четвертинні солі триазолоазепінію одержано алкілуванням заміщених 3-анілінометил-6,7,8,9-тетрагідро-5Н-[1,2,4]триазоло[4,3-а]азепіну. Склад та будова сполук підтверджені сучасними методами фізико-хімічного аналізу [18,19]. Корозійні дослідження проведено на сталі СтЗпс (виробництва підприємства „Криворіжсталь”).

Для отримання накопичувальних культур відбирали проби феросфери кородуючого газопроводу. Із зразків готували водну суспензію (1:9), яку використовували для приготування серії десятикратних розведень [20, 21]. Для виділення СВБ використовували середовище Постгейта «В», ЗВБ - середовище Каліненка, ДНБ - середовище Гільтая, АМБ - МПБ [20, 21]. Титр бактерій визначали методом граничних десятикратних розведень.

Клітини біоплівки, що формувалася на металевій поверхні, знімали у фіксований об'єм (40 мл) 0,1Н фосфатного буфера (рН=7) за допомогою ультразвуку на приладі УЗМ-003/н за частоти 25 кГц (30 с) двічі з інтервалом 60 с. Отриману клітинну суспензію використовували для приготування розведень та визначення чисельності адгезованих клітин вивчаємих бактерій. Після вилучення металевих зразків у культуральному середовищі визначали чисельність планктонних клітин бактерій.

Аналіз суцесії мікробних угруповань у процесі формування біоплівки на поверхні маловуглецевої сталі без та за присутності четвертинної солі триазолоазепінію (концентрація 0,1 г/л) здійснювали за умов лабораторного експерименту. Досліди проводили в герметичних скляних ємностях об'ємом 100 мл, які заповнювали сумішню середовищ із внесенням 10 мл суспензії штучно створеного мікробного угруповання (3-х добова культура), в які занурювали підвишені на жилці зразки сталі Степс [22]. Облік бактерій, що прикріпилися до металевій поверхні маловуглецевої сталі проводили. Визначення чисельності ЗВБ, ДНБ та АМБ, що адгезувалися за 3 та 6 годин експозиції, проводили методом висіву клітинної суспензії, отриманої після зняття біоплівки, із розведень на тверді поживні середовища Каліненка, Гільтая та м'ясо-пептонний агар (МПА) відповідно, анаеробні СВБ виявляли глибинним методом Штурм на агаризованому середовищі Постгейта «В» [20]. Популяційний рівень бактерій виражали у колонієутворюючих одиницях (КУО). Титр бактерій у біоплівці на 9 годину та до кінця експерименту визначали методом граничних десятикратних розведень при висіві клітинної суспензії на відповідні рідкі поживні середовища. Біоплівку (14дб.) на поверхні сталевих зразків отримали, занурюючи підготовлені за загальноприйнятою методикою [22] зразки сталі в середовище Постгейта «В», інокульоване змішаною культурою бактерій. Після 14 діб експозиції зразки переносили у середовище Постгейта «В» з додаванням інгібіторів-біоцидів ЧСТА I (бромід 1-(2-оксо-2-фенілетил)-3-(4-толуїдинометил)-6,7,8,9-тетрагідро-5Н-[1,2,4] триазоло - [4,5-а]азепінію), ЧСТА II (бромід 1-[2-(4-хлорофеніл)-2-оксоетил]-3-(4-метоксианіліно-нометил)-6,7,8,9- тетрагідро-5Н- [1,2,4] триазоло [4,5-а] азепінію) (концентрація 0,1 г/л, 1,0 г/л, 2,5 г/л) та витримували 168 годин за температури $28 \pm 2^\circ\text{C}$. Після закінчення терміну експозиції клітини біоплівки знімали за допомогою ультразвуку та визначали склад мікробного угруповання висівом отриманої клітинної суспензії на елективні живильні середовища згідно із методиками [20].

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за методами математичної статистики [23, 24]. Статистичне опрацювання результатів експерименту для рівня значущості 0,05 проводили з врахуванням нормального t -розподілення; повторність трикратна. Відносна похибка представлених даних не перевищувала 10%. Дані представлені як середнє \pm похибка середнього ($\bar{x} \pm m$). Чисельність мікроорганізмів на рідких поживних сере-

довищах визначали за допомогою таблиць Мак-Креді [20].

Результати та їх обговорення

На 3-тю годину формування біоплівки в її складі виявлені ДНБ, ЗВБ та АМБ. При цьому домінуючими групами бактерій були АМБ та ДНБ: кількість КУО/мл відповідно складала $(98,9 \pm 1,6) \cdot 10^3$ та $(77,1 \pm 0,8) \cdot 10^3$ у контролі, $(126,5 \pm 0,6) \cdot 10^3$ та $(113,1 \pm 0,5) \cdot 10^3$ за присутності четвертинної солі. Чисельність ЗВБ у складі біоплівки була практично однаковою та становила $65,4 \cdot 10^3$ - $66,5 \cdot 10^3$ КУО/мл. Співвідношення чисельності ДНБ:ЗВБ:АМБ складало 1,2:1,0:1,5 у контролі та 1,7:1,0:1,9 - за присутності четвертинної солі триазолоазепінію. Отже, ЧСТА II стимулювало ріст ДНБ та АМБ у біоплівці. При цьому домінуючою групою бактерій були АМБ як у контролі, так і в досліді. Серед гетеротрофних супутників СВБ саме АМБ були найактивнішими на перших етапах розвитку біоплівки, оскільки, відомо [2, 25], що АМБ, продукуючи значну кількість екзополімерів, забезпечують створення анаеробних умов на поверхні металу, сприятливих для подальшого розвитку інших груп бактерій.

При подальшому перебігу процесу (6 годин) у контролі чисельність ДНБ та ЗВБ збільшувалася в 1,3 рази, а АМБ ще більше - в 1,4 рази. Співвідношення чисельності ДНБ:ЗВБ:АМБ складало 1,4:1,2:1,0. У досліді з четвертинною сіллю триазолоазепінію чисельність ДНБ не змінюється, а ЗВБ та АМБ зменшуються в 4,4 та 2,4 рази. Присутність ЧСТА II призводила до зміни у кількісному співвідношенні корозійно активних бактерій у складі агресивного угруповання біоплівки, яке складало 7,5:1,0:3,5 ДНБ:ЗВБ:АМБ відповідно. Пригнічення ЗВБ відбулось одночасно зі зростанням чисельності ДНБ та АМБ, які здатні трансформувати первинні субстрати та забезпечувати низький окисно-відновний потенціал [2, 26, 27]. Сукцесія корозійно активного мікробного угруповання біоплівки пов'язана з процесами перерозподілу ресурсів між бактеріями і має коливальний характер. За Кожевним [28], сукцесія починається тоді, коли з'являється новий ресурс, наприклад енергетичний або поживний.

Встановлено, що на 9 і 24 годину експозиції у складі біоплівки, яка формується без четвертинної солі триазолоазепінію, продовжують домінувати АМБ, їх кількість становить $10,05 \cdot 10^4$ кл/мл і $100,05 \cdot 10^5$ кл/мл відповідно. У меншій кількості виявлені ДНБ- $4,2 \cdot 10^4$ кл/мл на 9 годину експозиції, на 24 годину їх чисельність зростає в 24 рази. Найменш представлені у складі біоплівки на даному етапі її формування ЗВБ. На 9 годину їх чисельність становить $1,0 \times 10^4$ кл/мл, а на 24 год - $4,2 \cdot 10^4$ кл/мл. СВБ- найбільш агресивна група у корозійному мікробному угрупованні, з'являються у біоплівці на 24 годину експозиції в кількості $1,0 \cdot 10^2$ кл/мл, що узгоджується з [27]. Більш чисельною та домінуючою групою бактерій на 48 годину у біоплівці виявились ДНБ: їх кількість збільшилась у 4 рази. Чисельність АМБ зменшилась в 24 рази, ЗВБ- залишилась майже незмінною, СВБ- збільшилась в 4 рази.

На 72 годину зафіксовано пік розвитку ДНБ- їх чисельність збільшилась в 24 рази, проте, чисельність амоніфікаторів майже не змінилась, а чисельність ЗВБ зменшилась в 4 рази. При цьому зафіксовано активний розвиток СВБ: кількість збільшилась в 10 разів.

На 168 годину культивування зміни домінуючої групи не відбулося. Знову домінують ДНБ, хоча їх чисе-

льність зменшилась у 24 рази. Чисельність АМБ та ЗВБ збільшилась в 5,2 рази та 4 рази відповідно. Кількість СВБ знизилась до $2,2 \times 10^4$ кл/мл. На 240 годину у корозійному мікробному угрупованні біоплівки знову домінують АМБ- їх чисельність становить $41,89 \cdot 10^5$ кл/мл. У біоплівці відбулося зростання кількості ЗВБ (з $4,2 \cdot 10^3$ кл/мл до $10,05 \cdot 10^5$ кл/мл). Представництво ДНБ та СВБ знизилось в 4,2 та 2 рази відповідно.

В корозійному мікробному угрупованні біоплівки на 336 годину домінують ЗВБ. Чисельність АМБ та ДНБ зменшилась в 10 та 2,4 рази відповідно. Водночас відбувається збільшення кількості СВБ в 4 рази. Збільшення чисельності ЗВБ та СВБ супроводжується зменшенням кількості інших складових корозійного мікробного угруповання біоплівки - ДНБ та АМБ. За отриманими даними можна передбачити, що система набуває певного стаціонарного стану.

Отже, домінуючими групами в біоплівці (контроль) є: на 3, 9 та 24 годину експозиції - АМБ, на 6, 48, 72 та 168 годину - ДНБ, на 240 годину знову АМБ. Пік розвитку ЗВБ зафіксовано на 240 годину. На 336 годину культивування дана фізіологічна група бактерій виявилась домінуючою в біоплівці при суттєвому збільшенні чисельності СВБ.

Таким чином, за формування біоплівки на поверхні сталі-3 в мікробному угрупованні відбувається сукцесія. Вірогідно, послідовна зміна домінування різних фізіологічних груп бактерій сприяє взаємовигідному функціонуванню корозійного мікробного угруповання, яке є чинником біокорозії сталі.

Динаміка чисельності бактерій корозійно активного мікробного угруповання в процесі формування біоплівки на поверхні маловуглецевої сталі за присутності ЧСТА II відрізняється.

Так, на 9-ту годину, на відміну від контролю, домінують ДНБ, їх чисельність на порядок вища, ніж АМБ та в 19 разів перевищує кількість ЗВБ. На 24-ту годину культивування чисельність бактерій у біоплівці змінилась. Так, у 544 рази збільшилась кількість АМБ, вони стали домінуючою групою. Збільшилась чисельність ДНБ в 5,2 рази та значно зменшилась чисельність ЗВБ (в 52,4 рази). Це свідчить на користь того, що серед гетеротрофних супутників АМБ та ДНБ краще пристосовуються до присутності солі, що узгоджується з чутливістю даних угруповань бактерій до дії четвертинних солей триазолоазепінію. На 48-му годину експозиції відбулися зміни у чисельності бактерій різних еколого-трофічних груп корозійного угруповання біоплівки за присутності ЧСТА, але й надалі домінуючою групою бактерій виступають АМБ, розвиток яких сягнув свого піку ($100,5 \cdot 10^6$ кл/мл). Кількість ДНБ та ЗВБ збільшилась в 4,6 рази ($100,5 \cdot 10^5$ кл/мл) та 238 разів ($10,0 \cdot 10^4$ кл/мл) відповідно. На 72 годину експозиції спостерігається зміна домінуючої групи бактерій із АМБ на ДНБ бактерії. Зафіксовано зменшення чисельності АМБ (до $4,19 \cdot 10^5$ кл/мл) та ЗВБ (до $1,0 \cdot 10^4$ кл/мл). Отже, пік розвитку ДНБ збігся з пригніченням розвитку АМБ та ЗВБ. На 168-му годину експозиції виявлено пригнічення розвитку АМБ та ДНБ в 10 разів та прискорення розвитку ЗВБ в 4,2 рази, при цьому домінуючою групою залишаються ДНБ. На 240-ву годину та 336-ту годину культивування знову домінуючою групою виявились АМБ. На 240 годину їх кількість збільшилась в 2,4 рази, при одночасному зменшенні кількості ДНБ в 10 разів та ЗВБ та 2 рази. На 336-ту годину культивування в біоплівці, яка формувалася корозійно ак-

тивним мікробним угрупованням на поверхні сталевого зразка за присутності ЧСТА спостерігається поява СВБ. Водночас зменшується чисельність всіх супутників СВБ: кількість АМБ зменшилась в 2,4 рази, ДНБ - в 4,2 рази, а ЗВБ - в 2,2 рази.

Висновки

У складі біоплівки за присутності четвертинної солі триазолоазепінію сукцесія корозійного мікробного угруповання має деякі відмінності: на 3, 24, 48, 240 та 336 год експозиції домінують за чисельністю амоніфікувальні бактерії; на 6, 9, 72 та 168 год - денітрифікувальні бактерії. Домінування залізівідновлювальних бактерій за період експерименту не виявлено. Мінімальна чисельність залізівідновлювальних бактерій у складі біоплівки спостерігається на 24 годину та 72 годину експозиції. Пік розвитку бактерій даної групи зафіксовано на 48 годину культивування. Сульфатвідновлювальні бактерії у складі біоплівки, виявились лише на 336 годину експозиції. Це може бути пояснено біоцидною дією четвертинної солі триазолоазепінію.

Отже, за присутності ЧСТА біоплівка формується на поверхні маловуглецевої сталі без участі сульфатвідновлювальних бактерій та за пригнічення розвитку залізівідновлювальних бактерій, що важливо для інгібіторів мікробної корозії.

Формування біоплівки за присутності четвертинної солі триазолоазепінію відрізняється за динамікою чисельності корозійно активних мікроорганізмів. Під час руйнування металу відбувається сукцесія домінуючих груп бактерій корозійного угруповання. На кожному етапі домінують групи бактерій найбільш адаптовані як до умов існування, так і до трансформації наявного джерела живлення, що створює оптимальні умови для функціонування бактерій у мікробному угрупованні біоплівки.

Таким чином, вперше доведено, що четвертинна сіль триазолоазепінію з біоцидною дією щодо сульфатвідновлювальних бактерій впливає на динаміку чисельності бактерій корозійного мікробного угруповання при формуванні біоплівки на поверхні маловуглецевої сталі. Четвертинна сіль триазолоазепінію пригнічує розвиток сульфатвідновлювальних бактерій та залізівідновлювальних бактерій у біоплівці, яка формується за умов домінування амоніфікувальних і денітрифікувальних бактерій.

Список літератури:

1. Протасова, М.А. Пиляшенко-Новохатный А.И. Влияние бактерий цикла серы и их ассоциаций на малоуглеродистую сталь [Текст] / М.А.Протасова, А.И.Пиляшенко-Новохатный// Биология наука XXI века: 9-ая международная Пущинская школа-конференция молодых ученых (Пущино, 18-22 апреля 2005 г.)– Пущино, 2005р. - 209 с.
2. Андреюк, К. І. Мікробна корозія підземних споруд [Текст]/ Андреюк К.І., Козлова І.П., Коптєва Ж.П. та ін. - К.: Наук, думка, 2005. – 258 с.
3. Козлова, И.А. Микробная коррозия и защита подземных металлических сооружений [Текст] / И.А. Козлова [и др.] // Практика противокоррозионной защиты. - 1999. - №3(13). - С. 21-27.
4. Белоглазов, С. М. Замещенные триазины как ингибиторы-биоциды при коррозии мартенситных сталей в водно-солевой среде с СРБ [Текст] / С. М. Белоглазов, Е. М. Кондрашев, Г. Н. Чулахина // Вестник Тамбовского ун-та. Серия: Естеств. и техн. науки. - 1999. - Т. 4, № 2. -С.

202-203.

5. Завершинский, А. Н. 0,0'-дигидроксиазосоединения как возможные биоциды-ингибиторы коррозии стали СтЗ в присутствии *Desulfovibrio desulfuricans* [Текст]/ А.Н. Завершинский, В.И. Вигдорович // Практика противокоррозионной защиты. - 2001. - Т. 22, №2. - С. 16-22.
6. Демченко, А. М. Синтез, противокоррозионная и биоцидная активность производных триазолоазепина [Текст] / Демченко А. М. [и др.] // Журнал прикладной химии. - 2004. - Т. 77, Вып. 5. - С. 794-797.
7. Челябинева, В. Н. Ингибирующая и биоцидная активность бромидов имидазо[1,2-а]азепиния [Текст] / В.Н. Челябинева, Н.В. Смыкун, И.Н. Курмакова // Защита металлов. - 2003. - Т. 39, №4. - С.395-398.
8. Курмакова, И. Н. Ингибирующее и биоцидное действие бромидов полиметиленимидазоазолиния [Текст]/ И.Н. Курмакова [и др.]// Защита металлов. - 2003. - Т. 39, №4. -С.399-402.
9. Романенко, И.В. Производные 5(6)-бензоилбензимидазола, обладающие ингибирующей и биоцидной активностью [Текст]/ И.В. Романенко // Проблемы коррозії та протикорозійного захисту матеріалів. Корозія-98 : IV міжнар. конф.-виставка, 9-11 червня 1998 р. : матеріали конф. - Львів, 1998.-С 353-354.
10. Пуриш, Л. М. Вплив інгібітора корозії на адгезію до сталі сульфатвідновлювальних бактерій та продукування ними екзополімерного комплексу [Текст] / Л. М. Пуриш[и др.] // Мікробіол. журн. - 2004. - Т.66, №4. -С.78-85.
11. Пуриш, Л. Особливості формування біоплівки сульфатвідновлювальними бактеріями на сталі за присутності інгібітора корозії [Текст] / Л. Пуриш, Л. Асауленко, І. Козлова // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2006. - Спец. вип. №5. - С 914-918.
12. Пуриш Л. Вплив інгібітору на формування біоплівки на поверхні сталі та структуру екзополімерного комплексу [Текст] / Л. Пуриш, Л. Асауленко, І. Козлова // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2010. - Спец. вип. №8.-С 434-438.
13. Погребова, И. Ингибиторы коррозии цинка и сталей в солевых хлоридных электролитах, содержащих сульфатредуцирующие бактерии [Текст] / И. Погребова [и др.] // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2002. - Спец. вип. №3. - С. 708-713.
14. Погребова, И. Электрохимические и микробиологические аспекты ингибирования коррозии металлов в водных агрессивных средах [Текст] / И. Погребова, И. Козлова, Л. Пуриш, К. Янцевич. // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2000. - Спец. вип. №1. - С. 479-481.
15. Погребова, И. С. Ингибиторы анаэробно-индуцированной коррозии железа [Текст] / И. С. Погребова, Л. М. Пуриш, И. А. Козлова // Проблемы коррозії та протикорозійного захисту матеріалів. Корозія-98 : IV міжнар. конф.-виставка, 9-11 червня 1998. : матеріали конф. Львів, 1998. -С 345-346.
16. Терюшева, С.А. Ингибиторы-биоциды для защиты стали от коррозии в водно-солевой среде с СРБ [Текст] / С.А. Терюшева, С.М. Белоглазов // Известия КГТУ. - Калининград. - 2007. - №11. - С. 262-267.
17. Погребова, И.С. Механизм ингибирования коррозии стали в присутствии сульфатредуцирующих бактерий [Текст] / И.С. Погребова [и др.] // Фізико-хімічна механіка матеріалів. - 2001. -Т. 37, №1.- С. 57-63.
18. Демченко, Н.Р. Синтез и противокоррозионное действие четвертичных солей [1,2,4]триазоло[4,3-а]азепиния [Текст] / Н.Р. Демченко, В.А. Серый, А.П. Третяк, А.М.

Демченко // XXI Українська конференція з органічної хімії, 1-5 жовтня 2007 р. : тези доп. / відп. ред.: Лозинський М. О., Шермолович Ю. Г., Пашинник В. Ю. - Київ, 2007. - С142.

19. Демченко, Н. Р. Синтез, біоцидна та інгібуюча дія похідних пара-(4'-хлорбензил)піридинію [Текст] / Н.Р. Демченко, І.М. Курмакова, О.П. Третяк // Актуальні проблеми синтезу і створення нових біологічно активних сполук та фармацевтичних препаратів : нац. наук.-техн. конф. з міжн. участю, 15-18 жовтня 2008 р. : тези доп. - Львів, 2008 - С 79.

20. Романенко, В. И. Экология микроорганизмов пресных водоемов [Текст] / В.И. Романенко, С. И. Кузнецов. - Л. : Наука, 1974. - 196 с.

21. Методы почвенной микробиологии и биохимии : учеб. пособие для студ. ун-тов по спец. „Агрохимия и почвоведение" [Текст] / под ред. Д. Г. Звягинцева. - [2-е изд., перераб. и доп.]. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1991. - 302с.

22. Коррозия: справочник [Текст] / под ред. Л. Л. Шрайера ; сокр. пер с англ. В. С. Синявского. - М. : Metallurgia, 1981. - 630, [1] с.

23. Лакин, Г.Ф. Биометрия : [учеб. пособие для биол. спец. вузов] [Текст] / Г.Ф. Лакин . - [4-е изд., перераб. и доп.]. - М. : Высш. шк., 1990. - 351с.

24. Деденко, Л.Г. Математическая обработка и оформление результатов экспериментов / Деденко Л.Г., Керженцев В.В. ; под ред. А.Н. Матвеева. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1977. - 112 с.

25. Costerton, J.W. Microbial biofilms [Text]/ J.W. Costerton [et al.] // Ann. Rev. Microbiol. - 1995. - № 49. - P. 711-745.

26. Піляшенко-Новохатний, А. І. Можливий розподіл функцій між

складовими корозійно небезпечної сукупності мікроорганізмів в загальному процесі мікробно індукованої корозії [Текст] / А.І. Піляшенко-Новохатний // Фізико-хімічна механіка матеріалів.-2000. - Спец. вип. №1. - С 564-567.

27. Пуріш, Л. М. Динаміка суцесійних змін у сульфідогенній мікробній асоціації за умов формування біоплівки на поверхні сталі / Л.М. Пуріш, Л. Г. Асауленко // Мікробіол. журн. - 2007. - Т.69, №6. - С 19-25.

28. Кожевин, П. А. Микробные популяции в природе / Кожевин П. А. -Москва : Изд-во МГУ, 1989. - 179 с.

УДК 579.26:[620.193.8+620.197.3]:547.8
ЗМІНИ ПОПУЛЯЦІЙНОГО РІВНЯ БАКТЕРІЙ
КОРОЗІЙНО АКТИВНОГО МІКРОБНОГО
УГРУПОВАННЯ В ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ
БІОПЛІВКИ НА ПОВЕРХНІ МАЛОВУГЛЕЦЕВОЇ
СТАЛІ

Демченко Н.Р.

Вивчено якісні та кількісні зміни штучно створеного корозійно активного мікробного угруповання. Встановлено динаміку чисельності сульфатвідновлювальних, залізовідновлювальних, денітрифікувальних та амоніфікувальних бактерій корозійного мікробного угруповання при формуванні біоплівки на поверхні маловуглецевої сталі за присутності четвертинної солі триазолоазепінію з біоцидною та інгібуючою дією.

Ключеві слова: сульфат відновлювальні бактерії, четвертинні солі триазолоазепінію, мікробна корозія.

УДК 579.26:[620.193.8+620.197.3]:547.8
ИЗМЕНЕНИЯ ПОПУЛЯЦИОННОГО УРОВНЯ
БАКТЕРИЙ КОРРОЗИЙНО-АКТИВНОЙ
МИКРОБНОЙ ГРУППЫ В ПРОЦЕССЕ

ФОРМИРОВАНИЯ БИОПЛЕНКИ НА
ПОВЕРХНОСТИ МАЛОУГЛЕРОДНОЙ СТАЛИ

Демченко Н.Р.

Изучены качественные и количественные изменения искусственно созданной коррозийно активной микробной группы. Установлено динамику численности сульфатвосстанавливающих, железовосстанавливающих, денитрифицирующих и аммонифицирующих бактерий коррозийной микробной группы при формировании биопленки на поверхности малоуглеродистой стали в присутствии четвертичной соли триазолоазепиния с биоцидным и ингибирующим действием.

Ключевые слова: сульфатвосстанавливающие бактерии, четвертичные соли триазолоазепиния, микробная коррозия

UDC579.26:[620.193.8+620.197.3]:547.8

Demchenko N. R.

THE CHANGES OF THE POPULATION LEVEL OF
CORROSIVE-ACTIVE MICROBIAL GROUP
BACTERIA IN THE BIOFILM FORMING PROCESS
ON LOW-CARBON STEEL SURFACE

The qualitative and quantitative changes of artificially created corrosive active microbial group were studied. The dynamics of quantity of sulfate-reducing bacteria, iron-reducing, denitrifying and ammonificative bacteria of corrosive microbial group during biofilm forming on low-carbon steel surface in the presence of triazoloazepinium quaternary salt with a biocidal and inhibitory action were established.

Key words: sulfate-reducing bacteria, quaternary salts of triazoloazepinium, microbial corrosion.