

4. Дейниченко Г.В. Научное обоснование и разработка технологий продуктов питания повышенной пищевой ценности на основе нежирного молочного сырья: Дис...д-ра. техн. наук: 05.18.16. – Харьков, 1997. – 327с.

5. Крамаренко Д.П. Технологія молочно-білкових фаршів з використанням йодовмісної водоростевої добавки : дис...канд. техн. наук: 05.18.16 / Дмитро Павлович Крамаренко. – Харків, 2007. – 205с.

6. Косой В.Д. Инженерная технология биотехнологических средств / В.Д. Косой, Я.И. Виноградов, А.Д.Малышев. – СПб: ГИОРД. 2005. – 648с.

7. Липатов Н.Н. Влияние влаги на изменение структурно-механических показателей сырых и термообработанных фаршевых систем / Н.Н. Липатов, А.А. Щербинин, Е.И. Сизых, [и др.] // тезисы докладов 2-й Всесоюзной научной конференции.–Харьков, 1989. – с. 566-567.

**Курмакова Ірина Миколаївна**, д-р. техн. наук

**Демченко Наталія Ростиславівна**, канд. біол. наук

**Бондар Олена Сергіївна**, канд. техн. наук

**Полевиченко Сергій Іванович**, аспірант

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

**Острянька Наталія Іванівна**, лаборант лабораторії з контролю стічних вод

Комунальне підприємство "Чернігівводоканал", м. Чернігів, Україна

### **ОЦІНКА АГРЕСИВНОСТІ БІОПЛІВОК СФОРМОВАНИХ НА МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХНЯХ ОЧИСНИХ СПОРУД ТА ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАЙДІНОСТІ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ**

На металевих поверхнях технологічного обладнання, яке знаходяться в анаеробних умовах, формується біоплівка до складу якої входять сульфатвідновлювальні бактерії та їх супутники: залізовідновлювальні, денітрифікувальні та амоніфікувальні бактерії. Якщо чисельність сульфатвідновлювальних бактерій досягає порядку  $10^5$ - $10^6$  кл/см<sup>2</sup>, біоплівка стає місцем активного протікання корозійних процесів [1]. Розвитку бактерій та росту їх чисельності сприяє нейтральне середовище та наявність у ньому необхідної кількості поживних речовин. Такі умови створюються на очисних спорудах, особливо на початковому етапі очищення води, яка являє собою агресивне корозійне середовище. Слід зазначити, що наслідками мікробної корозії є значні щорічні збитки, які за даними [1, 2] оцінюються: у США в 1 млрд. доларів, у Норвегії – в 180 млн. марок, в Австралії – в 25 млн. доларів. Відповідно до експертних оцінок, понад 50% корозійних пошкоджень металевих споруд пов'язані з діяльністю мікроорганізмів [3].

Метою роботи було оцінити агресивність біоплівок сформованих на металевих поверхнях очисних споруд м.Чернігова та запропонувати інгібітори-біоциди для підвищення ефективності протикорозійного захисту і забезпечення надійності роботи обладнання.

Експериментальна частина роботи проведена загальноприйнятими мікробіологічними та корозійними методами [4, 5], аналіз води проведено з урахуванням вимог чинних стандартів [6].

Зразки біоплівок відбирали у червні місяці 2015 р. на металевих поверхнях на різних етапах очищення води на комунальному підприємстві "Чернігівводоканал" (м. Чернігів), куди потрапляють побутові та промислові стічні води. Перша контрольна точка була вибрана на початку очищення води (решітки для проціджування), друга - наприкінці очищення перед стадією обробки води ультрафіолетом з метою знезараження.

Чисельність бактерій у відібраних зразках біоплівок визначали методом десятикратних граничних розведень при висіві культур на відповідні рідкі елективні середовища: сульфатвідновлювальні бактерії – середовище Постгейта «В», залізовідновлювальні бактерії – середовище Каліненка, денітрифікувальні бактерії – середовище Гільтая, амоніфікувальні бактерії – м'ясо-пептонний бульйон [4].

Шляхом пересіву у середовище Постгейта «В», яке є селективним для сульфатвідновлювальних бактерій та не обмежує ріст їх супутників, із зразків біоплівки одержано накопичувальні культури для визначення швидкості корозії конструкційної маловуглецевої сталі СтЗпс. Титр сульфатвідновлювальних бактерій у корозивному середовищі становив  $10^8$  кл/мл, температура 300К. Швидкість мікробної корозії сталі СтЗпс (пластинки площею 24 см<sup>2</sup>) у середовищі Постгейта «В» визначена методом масометрії [5]. Тривалість експозиції металевих зразків у корозивному середовищі становила 10 діб.

Стічні води, які потрапляють на очищення, характеризуються достатньо високими значеннями показників забруднення, зокрема біологічним споживанням кисню (БСК) та хімічним споживанням кисню (ХСК), які у 37-54 рази перевищують ці показники води другої контрольної точки. Також стічні води містять значну кількість хлоридів, сульфатів, фосфатів, йонів амонію, та йонів металічних елементів (табл. 1). Нейтральне середовище при ускладненні доступу кисню створює оптимальні умови для утворення біоплівки зі значною кількістю сульфатвідновлювальних бактерій – найбільш агресивною складовою корозійного мікробного угруповання.

Таблиця 1

*Склад та фізико-хімічні показники стічних вод очисних споруд м. Чернігова (середні значення за червень 2015 р.)*

Показник	1 точка	2 точка
Завислі речовини	232	1,9
Fe <sup>+2</sup> , Fe <sup>+3</sup> (загальне)	5,12	0,15
Cu <sup>+2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,047	0,000
Ni <sup>+2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,044	0,000
Cr <sup>+2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,074	0,000
Zn <sup>+2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,062	0,000
Нітроген амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	39,58	7,63
Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	101,11	92,49
Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	25,0	44,4
Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	16,92	4,62
Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	24,6	відсутні
pH	7,13	7,50
БСК <sub>5</sub>	589,8	10,92
БСК <sub>повн</sub>	743,1	18,24
ХСК	1232,2	33,0

Результати мікробіологічного дослідження зразку біоплівки, сформованої на решітках на початку очищення води, показали, що за чисельністю сульфатвідновлювальних бактерій та їх асоціантів біоплівка є корозійно агресивною (табл. 2). Швидкість корозії сталі у модельному середовищі Постгейта «В» інкульованому накопичувальною культурою бактерій одержаної з цієї біоплівки, становить  $1,97 \cdot 10^{-2}$  г/(м<sup>2</sup>×год).

Таблиця 2

*Мікробіологічний склад культур бактерій виділених з біоплівки, сформованих на металевих поверхнях очисних споруд м. Чернігова*

Фізіологічна група бактерій	Чисельність бактерій в культурі бактерій виділеної з біоплівки, кл/мл	
	1 точка (до очистки)	2 точка (після очистки)
Сульфатвідновлювальні	$2,5 \times 10^7$	$1,3 \times 10^6$
Залізовідновлювальні	$1,3 \times 10^3$	$7,0 \times 10^4$
Денітрифікувальні	$6,0 \times 10^1$	0
Амоніфікувальні	$7,0 \times 10^7$	$7,0 \times 10^6$

Вода перед стадією знезараження характеризується відсутністю йонів металічних елементів, крім незначної кількості Феруму, у 3,7 разів меншою концентрацією фосфатів та у 5,2 разів меншою концентрацією йонів амонію (табл. 1). Це зумовлює форму-

вання біоплівки іншого мікробіологічного складу. Так, чисельність сульфатвідновлювальних бактерій у біоплівці сформованої на металевих поверхнях споруд наприкінці очистки на порядок менша (табл. 2). Особливістю цієї біоплівки є відсутність денітрифікувальних бактерій, які разом з амоніфікувальними бактеріями колонізують металеву поверхню на початковому етапі формування сульфідогенної плівки і створюють сприятливі умови для її формування. Чисельність залізвідновлювальних бактерій на порядок більша ніж у біоплівці першої контрольної точки. Така біоплівка у меншій мірі сприяє протіканню корозійних процесів.

Для забезпечення надійності роботи обладнання нами розроблені інгібітори, які забезпечують до 95% захисту сталі при мікробній корозії, ініційованої виділеними культурами бактерій. Сполуки відносяться до похідних ациламідів, які у складі молекули містять ізольовані арильний та піридиновий цикли. Такі інгібітори доцільно використовувати для модифікації лакофарбових протикорозійних матеріалів, що дозволить підвищити експлуатаційну надійність очисних споруд.

### Список використаних джерел

1. Геохімічна діяльність мікроорганізмів та її прикладні аспекти : [навч. посібник] / І. П. Козлова, О. С. Радченко, Л. Г. Степура, Т. О. Кондратюк. – К. : Наук. думка, 2008. – 528 с.
2. Gerald M. Nature review / M. Gerald, J. M. Stams // Microbiology. – 2008. – №6. – P. 441–458.
3. Videla H. A. Microbiologically influenced corrosion: looking to the future / H. A. Videla, L. K. Herrera // International Microbiology. – 2005. – № 8. – P. 169–180.
4. Руководство к практическим занятием по микробиологии : [Практ. пособие] / [под ред. Н. С. Егорова.] – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1983. – 215 с.
5. Фокин М.Н. Методы коррозионных испытаний металлов / Фокин М.Н., Жигалова К.А. – М.: Металлургия, 1986. – 80 с.
6. Почекайлова Л.П. Чинні національні стандарти в галузі водопостачання, водовідведення та якості води відповідно до каталогу нормативних документів – 2010 / Л.П. Почекайлова, Ю.В. Кожедуб // Водопостачання та водовідведення: - К.: Тов. «Гнозіс». – 2011. – №3. – С.59-72.

**Люта Наталія Вікторівна**, канд. техн. наук, доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

### ДИВЕРСИФІКАЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ – ГОЛОВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТРУБОПРОВІДНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Свого часу автором роботи [1] на основі довідкових даних Центрального Розвідувального Управління США [2, 3] було продемонстровано, що Україна за протяжністю своїх магістральних трубопроводних систем займає 5 місце в світі ( $\approx 45,6$  тис. км.), пропустивши вперед тільки США ( $\approx 2\,225$  тис. км.), Канаду ( $\approx 100$  тис. км.), Китай ( $\approx 72,3$  тис. км.) і Росію ( $\approx 258,35$  тис. км.). Однак, в результаті введення автором в науковий обіг для ТТС з транспортування газу, нафти і нафтопродуктів таких понять, як коефіцієнт насиченості ТТС детермінованої території  $K_{Т/Т}$  (відношення загальної довжини ТТС країни  $L_{ТТС}$  до площі її території  $S_d$ ) та коефіцієнт протяжності ТТС на душу населення  $K_{Т/Л}$  (відношення загальної довжини ТТС країни  $L_{ТТС}$  до загальної кількості її населення  $N_H$ ) виявилось, що Україна за цими показниками займає 4 місце в світі, випереджаючи Англію, Німеччину, Польщу, Францію і Китай.

Однак, традиційні оцінки України як «... найбільш важливої економічної складової колишнього Радянського Союзу (після РФ, Л. Н. В.), що виробляла приблизно в чотири рази більше продукції від наступної за рангом республіки» [2], залишились в минулому. Це цілком очевидно демонструється даними таблиці 1, в якій приведено такі характеристики 9 країн – лідерів у сфері ТТС, як  $K_{Т/Т}$ ,  $K_{Т/Л}$  і  $K_{ВВП/Л}$  (див. Табл. 1). Ці характе-