

МІКРОБІОЛОГІЧНА КОРОЗІЯ БЕТОНУ У СПОРУДАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Юрченко В.О., Бригада О.В., Ломоносова Л.В.
УДержНДІ УкрВОДГЕО, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет

На підставі даних обстеження каналізаційних мереж м. Харкова визначена кількісна залежність між концентрацією тіонових бактерій у бетоні, враженому біогенною корозією, та глибиною корозійного процесу. Встановлено, що сірка, яка накопичується у бетоні в процесі корозії, являє собою сірку продукту життєдіяльності тіонових бактерій – сірчаної кислоти та її солей.

Ключові слова: мікробіологічна корозія, тіобацили, екологічна безпека

**Concrete microbiological corrosion in the sewage constructions
Yurchenko V.O., Brygada O.V., Lomonosova L.V.**

On the base of Kharkiv sewerage research date a quantity relation between concentration of thionic bacteria in the concrete stricken by biogenic corrosion, and corrosion process deep has been determined. The sulfur accumulating in the concrete during corrosion process is found to be a sulfur of thionic bacteria metabolic products - sulfur acid and its solts.

Key words: microbiological corrosion, thiobacillus, ecological security

Мікробна корозія являє собою будь-які небажані зміни у властивостях органічних і неорганічних технічних матеріалів, причиною яких є розвиток і метаболізм мікроорганізмів (Андреюк и др., 1980). Об'єкти техносфери неорганічної природи – метали, сплави, будівельні матеріали – найбільш активно руйнують бактерії, що утворюють сильні неорганічні кислоти – сірчану й азотну. Головна роль у створенні агресивних середовищ у аеробних умовах належить тіоновим бактеріям, які окислюють широке коло сполук сірки до сірчаної кислоти (Андреюк и др., 1980; Дрозд, 1998; Кондратьєва, 1996; Normann, 1997).

Тіонові бактерії, що мають могутній ферментативний апарат, за своєю окисною активністю можуть конкурувати з процесами хімічного окислювання сульфідів металів, елементарної сірки, сульфату закису заліза. Найбільш ацидофільними серед тіонових бактерій є *Thiobacillus thiooxidans*, здатні розвиватися при рН середовища нижче 0,6 (Заварзин,

1989; Хемосинтез, 1989; Normann, 1997).

На сьогодні встановлено, що життєдіяльність тіонових бактерій, головним чином *T. thiooxidans*, є причиною корозії бетону самопливних каналізаційних колекторів – однієї з найбільш гострих проблем експлуатаційної надійності водовідведення як в Україні, так і за кордоном (Дрозд, 1998).

Метою наших досліджень було визначення кількісних характеристик впливу тіонових бактерій на стан бетону трубопроводів водовідведення та використання їх для оцінки експлуатаційної надійності споруд. Об'єктом досліджень були зразки бетону каналізаційних колекторів м. Харкова, у різному ступені враженні мікробіологічним корозійним процесом.

Мікробіологічні та хімічні показники бетону визначали за методиками, рекомендованими спеціальною літературою (Звягинцев, 1989; Попов, 1984). Динаміку мікробіологічних і хімічних характеристик бетону у процесі корозії контролювали шляхом зіставлення з показником, що кількісно відбиває розвиток у часі сульфатної агресії – значеннями рН водяних витяжок зі зразків.

Схильність бетону до мікробіологічної корозії обумовлена його хімічним складом, структурою і механічними властивостями. Зразки бетону склепіння колекторів візуально істотно відрізнялися від зразків бетону, який не знаходився в експлуатації. Зразки, рН яких був < 4,5 (рН нативного бетону 12,3–12,5), являли собою не міцний моноліт, а пухку сіру масу, що не має міцності, із практично зруйнованим цементним каменем і слідами іржі від арматури. Окремі зразки бетону мали рН 1,27–1,45, що з урахуванням розбавлень, виконаних при визначенні цього показника в бетоні, відповідає рН плівкової порової рідини близько 0 – екстремальних умов для розвитку навіть такого ацидофільного виду тіонових бактерій, як *T. thiooxidans*.

Але, як показали мікробіологічні дослідження бетону каналізаційних колекторів, спостерігається стабільна кореляція (коефіцієнт кореляції – 0,99) між рН бетону і чисельністю *T. thiooxidans* (рис.). При рН бетону 1,27–1,45 відзначена найбільш висока концентрація в ньому цих бактерій – більш 10^8 кл/г бетону.

Ці результати кореспондуються з даними мікробіологічних

досліджень субстратів, утворених у корозійно-агресивній ситуації, що виникла при будівництві Київського метрополітену (Андреюк, и др., 1980).

Як свідчать дані табл., у натівному бетоні сірка загальна виявляється в мінімальних концентраціях, обумовлених присутністю сульфатів у воді затвору. У динаміці корозійного процесу концентрація сірки в бетоні зростає за експонентною кривою, причому при рН бетону менше 5 особливо активно.

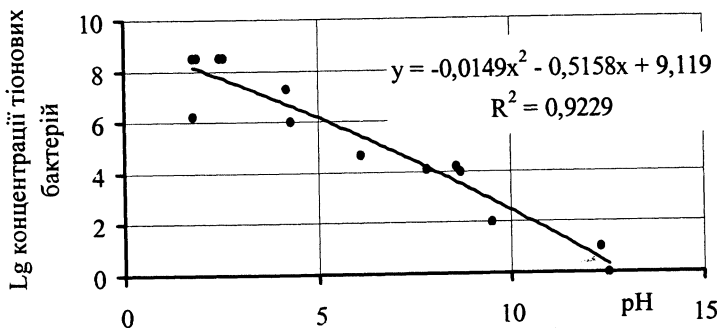


Рис 1. Вплив рН бетону на концентрацію в ньому тіонових бактерій

Джерелом сірки в бетоні каналізаційних колекторів може бути сірководень, який виділяється зі стічних вод, що транспортуються. За найбільш ранішньою гіпотезою механізму корозії склепіння бетонних колекторів саме сірководню приділялася головна роль у газовій агресії і руйнуванні цих споруд. Однак, у продуктах корозії бетону сульфідів практично не виявлялися (Дрозд, 1998). І, як свідчать дані наших досліджень, сірка, що накопичується в бетоні трубопроводів водовідведення в процесі біогенної сірчанокислотної корозії, представлена практично тільки сульфатами – головним продуктом метаболізму *T. thiooxidans*.

Таким чином, корозійне руйнування бетону склепіння каналізаційних колекторів обумовлено розвитком і метаболізмом екстремально ацидофільних штамів *T. thiooxidans*, які утворюють сірчану кислоту, що взаємодіє з компонентами бетону та викликає корозію II виду за класифікацією Москвіна.

Таблиця 1

Залежність співвідношення між різними сполуками сірки
у динаміці корозії бетону

рН	Концентрація $S_{\text{загальна}}$, %	Співвідношення концентрацій різних форм сірки		
		$S\text{-SO}_4/S_{\text{загальна}}$	$S_{\text{несульф}}/S_{\text{загальна}}$	$S_{\text{рух}}/S_{\text{загальна}}$
12,5	0,4	1,0	0	0,02
10,0	1,0	0,95	0,045	0,07
8,0	1,8	0,96	0,041	0,08
6,0	2,1	0,96	0,036	0,07
4,0	4,1	0,99	0,013	0,05
2,0	6,0	1,0	0	0,11
1,5	11,0	1,0	0	0,40

Таким чином, корозійне руйнування бетону склепіння каналізаційних колекторів обумовлено розвитком і метаболізмом екстремально ацидофільних штамів *T. thiooxidans*, які утворюють сірчану кислоту, що взаємодіє з компонентами бетону та викликає корозію II виду за класифікацією Москвіна.

Встановлена кількісна кореляція між концентрацією *T. thiooxidans* і рН бетону має практичне значення для оцінки агресивності середовища на склепінні колекторів і характеристики їх стану. Так, у стандарті Німеччини концентрація тіонових бактерій використовується як критерій корозійної небезпеки середовища, що впливає на бетон трубопроводів водовідведення. Однак, тривалість визначення концентрації тіонових бактерій за класичною мікробіологічною методикою з урахуванням терміну підготовки до аналізу складає біля тижня. Такі дослідження дуже трудомісткі і можуть виконуватися лише в спеціалізованій мікробіологічній лабораторії, що володіє специфічною для даної області інфраструктурою. Пропонована нами методика визначення концентрації тіобацил у спорудах водовідведення шляхом розрахунку через показник рН бетону, визначення якого займає від години до декількох та може виконуватися у звичайній виробничій лабораторії, яка контролює роботу мереж водовідведення.

Література

1. Андреев Е. И., Билай В. И., Коваль Э. Э., Козлова И. А. и др. Микробная коррозия и ее возбудители. — К.: Наук. думка, 1980. — 287с.

2. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. - 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГУ, 1970. — 491 с.
3. Дрозд Г. Я. Повышение эксплуатационной долговечности и экологической безопасности канализационных сетей. Автореф. дис.... докт. техн. наук. — Макеевка, 1998. — 36 с.
4. Заварзин Г. А. Литотрофные микроорганизмы. — М.: Наука, 1972. — 323 с.
5. Кондратьева Е. Н. Литотрофные прокариоты. — М.: Изд-во МГУ, 1996. — 312 с.
6. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. — М.: Изд-во МГУ, 1989. — 224 с.
7. Рожанская А. М. Микробная коррозия железобетонных строительных конструкций. Автореф. дис.... канд. биол. наук. — К., 1980. — 16 с.
8. Хемосинтез. — М.: Наука, 1989. — 256 с.
9. Попов Л.Н. Лабораторные испытания строительных материалов и изделий. — М.: Высшая школа, 1984. — 116 с.
10. Normann K., Normann F.-J., Schmidt M. Stability of concrete against biogenic sulfuric acid corrosion - a new method for determination // Proceedings of the 10th International Congress on the chemistry of cement. Gothenburg, Sweden, June 2—6, 1997. — Vol. 4. — P. 35—38.