

присутності сульфату натрію при 30 °С спостерігається незначний результат. Ступінь захисту становить в даному випадку 21,948 %.

Інгібітори на основі алкілімідазолінів є перспективними не лише в нафтопереробці, але і при захисті трубопроводів і обладнання від корозії у водному середовищі з високим рівнем мінералізації. В присутності нафти та нафтопродуктів у значних концентраціях завдяки адсорбції імідазолінових азотмістких кілець на металі відбувається гідрофобізація його поверхні за рахунок вуглеводневих радикалів імідазолінів. Це призводить до утворення міцної вуглеводневої плівки на металі, яка надійно захищає його від корозії. Перевагою алкілімідазолінів також є те, що за рахунок гідрофільної та гідрофобної складових їхніх молекул вони добре розчиняються як у нафтопродуктах, так і у водному середовищі. Це забезпечує високу їх ефективність як у воді у присутності нафтопродуктів, так і у нафті, в присутності води.

Головним недоліком інгібіторів на основі алкілімідазолінів є їх відносно висока собівартість, так як один з основних компонентів їх синтезу є поліетиленполіаміни, які на сьогодні на Україні не виробляються. Тому ціна їх на ринку є досить високою.

В разі застосування інгібіторів корозії сталі на основі алкілімідазолінів можливо досягти високої ефективності захисту від руйнування як нафтопроводів, де, крім нафти, завжди присутні домішки мінералізованої води, так і водопроводів, де у високомінералізованих водах присутні домішки нафти. Крім того, при використанні відходів виробництв – кислот талового масла, або при застосуванні рослинних олій замість синтетичних карбонових кислот в процесах виробництва алкілімідазолінів можна суттєво знизити їх собівартість.

Враховуючи те, що трубопроводи, по яких транспортують нафту або мінералізовану воду, використовуються і у зимовий період, то існує загроза замерзання, кристалізації або значного загустіння імідазолінів при зберіганні на неопалювальних складах. Для запобігання цьому їх необхідно використовувати у вигляді 40 – 50 % розчинів у керосині.

1. New inhibitors of corrosion and depositions of sediments for water circulation systems / Gomelya N. D., Shabliy T. A., Trohymenko A. G., Shuryberko M. M. // Journal of Water Chemistry and Technology. 2017. Vol. 39, Issue 2. P. 92–96.
2. Сучасні методи кондиціонування та очистки води в промисловості. Монографія / Гомеля М. Д., Радовенчик В. М., Шаблій Т. О. К.: Графіка, 2007. 168 с.
3. Модифікація карбонатно-накипних осадів для захисту від корозії теплообмінної поверхні / Пагер С. М., Герасименко Ю. С. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2013. № 13. С. 54–65.
4. Deyab, M. A. (2018). Corrosion inhibition of heat exchanger tubing material (titanium) in MSF desalination plants in acid cleaning solution using aromatic nitro compounds. Desalination, 439, 73–79.

БІОПЛІВКИ В ЕКОЛОГІЧНИХ БІОТЕХНОЛОГІЯХ

Щурська К. О., Кузьмінський Є. В.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, м. Київ, k.shchurska@kpi.ua

Викопні біоплівки є першими проявами життя на Землі та представлені найбільш успішною формою життя при заселенні ґрунту, осадів, мінеральних і рослинних поверхонь в природі, включаючи екстремальні місця перебування, - такі як системи пор в льодовиках, гарячі джерела і навіть області, сильно опромінені установками ядерної енергії. Утворення біоплівок є однією зі стратегій виживання бактерій у навколишньому середовищі [1].

Біоплівки надзвичайно поширені в природі. Відповідно до сучасних концепцій у природних середовищах 95÷99% мікроорганізмів існують у формі біоплівки. Формування біоплівок також відзначено у більшості бактерій в клінічних і промислових умовах. До теперішнього часу достовірно доведена роль мікробних біоплівок у виникненні та розвитку низки захворювань. Всі ці захворювання важко лікуються, мають високу частоту рецидивів і деякі з них можуть стати причиною летальних випадків [2].

В той же час біоплівка мікроорганізмів може бути використана в природоохоронних біотехнологіях, зокрема, для очищення стічних вод, рекультивації забруднених ґрунтів, отримання електричної енергії в біопаливних елементах. Використання природних або штучних біоплівок в навколишньому середовищі дозволяє видалити забруднення з ґрунту та водних об'єктів. Біоплівки можуть забезпечувати підвищену стійкість бактерій-продуцентів до дії токсичних речовин, присутніх в середовищі. Утворення біоплівок бактеріями-антагоністами фітопатогенів сприяє конкурентній боротьбі цих бактерій з мікроорганізмами - збудниками захворювань рослин; цей фактор важливий для розвитку ефективних методів біоконтролю. Сказане вище свідчить про важливість вивчення закономірностей утворення біоплівок і дії різних сполук на біоплівки і їх формування. Вирішення цієї проблеми є актуальним в фундаментальному відношенні і вкрай важливим для медицини і сільського господарства, біотехнологій, зокрема природоохоронного напрямку [3].

Метою даної роботи є огляд особливостей формування та функціонування біоплівок, які використовуються в екологічних біотехнологіях.

У природних умовах тверда поверхня, занурена у воду, негайно покривається так званою первинною (кондиціонуючою) плівкою, яка змінює властивості цієї поверхні. Утворення цього шару молекул – це перша стадія, що передують утворенню бактеріальної плівки в строгому розумінні.

Наступним етапом є процес мікробної зворотної адгезії, коли мікроорганізми кріпляться до твердої поверхні. На цій стадії між молекулами та структурами на поверхні мікроорганізму та твердого субстрату діють неспецифічні фізико-хімічні сили взаємодії (дисперсійні сили, гідрофобні, електростатичні та сили Ван дер Ваальса). Як живі, так і мертві мікробні клітини здатні до такого типу адгезії. Ця стадія є оборотною.

Наступний етап – незворотна адгезія, починається, коли клітина незворотно приєднується до поверхні. Ця фаза, у свою чергу, складається з декількох незалежних етапів формування біоплівки. Протягом певного періоду після прикріплення до поверхні клітини можуть рухатися по поверхні за допомогою джгутиків та пілій. Згодом клітини втрачають рухливість і деякі з них прикріплюються одна до одної; починається виділення позаклітинних полімерів (полісахаридів, ліпополісахаридів, глікопротеїнів), які утворюють позаклітинний полімерний матрикс [4]. Позаклітинні полімери, синтезовані бактеріями і входять до складу біоплівок, складаються головним чином з полісахаридів, білків і поліуронових кислот. Вони складають 50÷80% маси органічної речовини плівок і визначають їх механічні та фізичні властивості, близькі до властивостей пористих полімерних гелів. При очищенні від забруднень позаклітинні полімери краще сорбують такі речовини, як ароматичні вуглеводні (50÷60% загальної кількості забруднень, біоплівок, що сорбуються) і гірше – важкі метали (близько 15÷25%) [5].

Після цього надходять вторинні колонізатори, тобто мікроорганізми, які приєднуються до клітин, локалізованих на поверхні. Накопичуються поживні речовини, клітини починають ділитися. Одночасно зі збільшенням товщини біоплівки формуються її специфічні структури: порожнини, канали, відростки та пори. За сприятливих умов цей етап нарощування зрілої біоплівки триває досить тривалий час. За несприятливих умов біоплівка вступає в свою останню стадію, дезінтеграцію, деградацію та втрату одних клітин та звільнення інших у вигляді вільно плаваючих (планктонних) клітин, які здатні через деякий час прикріпитися до поверхні і утворити нову колонію [4].

У товщі біоплівки значно обмежений транспорт поживних речовин, що призводить до виникнення концентраційних градієнтів в біоплівці. Через різницю концентрацій кисню на поверхні біоплівки і в її товщі, може виникати розподіл на аеробні і анаеробні зони. Виникнення зон в структурі біоплівки дозволяє іммобілізованим мікроорганізмам використовувати багато неорганічних і органічних субстратів [6÷8].

Таким чином, міжклітинний матрикс виконує ряд важливих функцій. Перш за все, структуроутворюючу функцію, так як завдяки матриксу колонія складається не з поодиноких клітин, а з субколоніальних асоціацій, які зустрічаються, як у грампозитивних, так і в грамнегативних бактерій [9]. До структури колоній відносяться також порожнисті трубочки з позаклітинних полісахаридів та інших біополімерів. Мікроканали призначені для транспорту речовин. Крім цього, через подібні трубочки мігрують клітини колоній, зазвичай у вигляді дрібних L-форм. Подібні «відстріли» характерні для тих видів бактерій, що входять до складу симбіотичної мікробіоти людини і тварин [10]. Захисна роль полягає в тому, що огортаючи клітини, матрикс виступає як буферне внутрішнє середовище колонії, яке захищає окремі клітини і колонію в цілому від несприятливих зовнішніх факторів (висихання, нагрівання / охолодження, атаки гідролітичних ферментів та ін.) Полісахаридні і пептидні компоненти матриксу включають в себе ряд кріо-, термо- і ксеропротекторів. Комунікативна роль характеризується тим, що в матрикс виділяються і по ньому поширюються екзометаболіти та продукти автолізу клітин, включаючи хімічні сигнальні речовини, які служать для оцінки щільності власної популяції. У ряді випадків сигнальні речовини присутні в супернатанті мікробної культури лише в незначних концентраціях, оскільки затримуються в матриксі, де і виконують свою функцію. Багато видів бактерій зберігають надклітинну організацію і позаклітинний матрикс при культивуванні на рідких середовищах [11].

Фізіологічні процеси, що відбуваються в біоплівці, відрізняються від фізіології чистих культур цих же бактерій. Реакція мікроорганізмів на зміну умов навколишнього середовища в біоплівці істотно відрізняється від реакції кожного окремого виду в монокультурі. Така організація забезпечує її фізіологічну і функціональну стабільність і є основою конкурентного виживання в екологічній ніші.

Хоча біологічні процеси, засновані на суспендованій біомасі, є ефективними для вилучення органічних сполук із побутових стічних вод, існують такі проблеми, як осадження мулу та потреба у великих реакторах, відстійниках та утилізації біомаси. Процеси за використання біоплівки виявилися вдалим варіантом для видалення органічних компонентів і не мають більшості проблем, які характерні для процесів з використанням активованого мулу. Застосування реакторів з біоплівкою особливо актуально за умов, коли мікроорганізми повільно зростають і повинні утримуватися в реакторі.

Щодо біопаливних елементів, то біоплівка мікроорганізмів з екзоелектрогенними властивостями має визначальне значення для процесів генерування електричної енергії, адже саме екзоелектрогени біоплівки є продуцентами як електронів, так і протонів водню, які рекомбінують у молекули води на катоді.

Більшість сучасних біопаливних елементів, що використовують стічні води як субстрати, базуються на змішаних мікробіальних культурах, як правило, відібраних у природному середовищі. Такі підходи дають змогу використовувати широке коло субстратів, збільшувати концентрації забруднюючих речовин у них, а також створювати проточні умови в біопаливних елементах.

Підсумовуючи вище наведене, можна стверджувати, що властивості біоплівок дають змогу успішно вирішувати актуальні проблеми екологічної біотехнології. Розуміючи процеси формування таких мікробіологічних утворень, можна підвищувати ефективність таких систем та скорочувати час їхнього утворення в штучно створених умовах.

1. Ильина Т.С. Биопленки как способ существования бактерий в окружающей среде и организме хозяина: феномен, генетический контроль и системы регуляции их развития / Т.С. Ильина, Ю.М. Романова, А.Л. Гинцбург // Генетика. – 2004. – № 40. – С. 1–12.
2. Мальцев С.В. Что такое биопленка? / С.В. Мальцев, Г.Ш. Мансурова // Практическая медицина. – 2011. – №53. – С. 7–10.
3. Kumar M. Y. Role of Biofilms in Environment Pollution and Control / M. Y. Kumar // Microbial Biotechnology. – Singapore : Springer Nature Pte Ltd, 2017. – P. 377–398.
4. Nikolaev Iu.A. Biofilm—“City of Microbes” or an Analogue of Multicellular Organisms? / Iu.A. Nikolaev, V.K. Plakunov // Microbiology. – 2007. – Vol. 76 (No. 2). – P. 149–163.
5. Shahot K. Review on Biofilm Processes for Wastewater Treatment / K. Shahot, A. Idris, R. Omar, H.M. Yusoff // Life Science Journal. – 2014. – №11. – P. 1–13.
6. Сироткин А. С. Агрегация микроорганизмов: флоккулы, биопленки, микробные гранулы / А. С. Сироткин, Г. И. Шагинурова, К. Г. Ипполитов. – Казань : Фэн : Акад. наук РТ, 2007. – 157 с.
7. Гребенщикова И. А. Очистка сточной воды гидролизного производства в анаэробных биореакторах / И. А. Гребенщикова // Биотехнология. – 2002. – № 4. – С. 70–79.
8. Сироткин А.С. Биологическая трансформация соединений азота в процессе биофильтрации сточных вод / А.С. Сироткин, Е.Н. Семенова, Г.И.Нагинурова // Биотехнология. – 2008. – №3. – С. 77–85.
9. О. І. Сідашенко, О. С. Воронкова, О. А. Сірокваша, А. І. Вінніков Біоплівка як особлива форма організації бактерій та її роль в інфекційних процесах Вісник проблем біології і медицини. – 2013. – Вип. 3, Том 2 (103). – С. 36–41
10. Tetz V. V. The effect of antimicrobial agents and mutagen on bacterial cells in colonies / V. V. Tetz // Med. Microbiol. Lett . – 1999. – № 5. – P. 426 – 436.
11. Чеботарь И. В. Новый метод количественного учета кокков в надклеточных образованиях – кластерах и биопленках / И. В. Чеботарь, Е. А. Таланин, Е. Д. Кончакова // Современные технологии в медицине. – 2010. – № 3. – С. 14 – 17.

ЗНЕШКОДЖЕННЯ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ

Юрченко А.В., Жукова В.С.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна, м. Київ, ang.vl.yurchenko@gmail.com

Сьогодні процес біологічного очищення стічних вод широко застосовується майже в усьому світі. Цей процес супроводжується утворенням значної кількості осадів, які майже не використовуються, а складаються на спеціальних мулових майданчиках.

Згідно даних, оприлюднених Комісією з питань довкілля Союзу балтійських міст кількість осаду, що утворюється щорічно у Польщі, станом на 2010, дорівнює 520 000 тон сухої речовини. За прогнозами кількість осаду, що утвориться на водоочисних станція у 2020 році, буде дорівнювати 950 000 тон сухої речовини/рік [1].

За вмістом поживних речовин, доступних рослинам, мул не поступається традиційним органічним добривам. Але через те, що здебільшого на міських очисних спорудах частина води надходить з підприємств, то у складі осаду стічних вод наявні іони важких металів, феноли, ціаніди, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), патогенні мікроорганізми, яйця гельмінтів і т.д. [2].