

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ АНАЕРОБНОЇ БІОФІЛЬТРАЦІЇ

© Ружинська Л.І., Баранова І.Г., 2009

Подано математичну модель процесу анаеробної фільтрації у біофільтрі з нерухомими інертними носіями, аналіз та результати розрахунків.

There are mathematical model of anaerobic filtration process in biofilter with inert supports, analysis and calculation results are represented.

Анаеробна біофільтрація стоків є ефективним, екологічно чистим та енергоощадним методом очищення води від органічних забруднень. Анаеробні біофільтри характеризуються значним ступенем очищення завдяки високій концентрації біомаси, що представлена біоплівкою, що формується на поверхні носіїв, та флокулами, які утворюються в об'ємі рідини між носіями. Отже, досягається максимальний контакт забруднень і мікроорганізмів за умови дотримання відповідної швидкості подачі рідини. Математичне моделювання дає можливість дослідити процес та обрати оптимальні параметри роботи.

Економічна та ефективна технологія анаеробного фільтрування є об'єктом численних досліджень у багатьох країнах світу, зокрема, США, країн Європи, Азії. Найбільш ґрунтовними і довготривалими є дослідження науковців Дж. С. Янга та П. Л. Маккарті [1, 2]. вагомим був, також внесок російських вчених, зокрема, С.В. Калюжного [3].

Під час роботи анаеробного біофільтра середовище рухається вздовж пластин знизу догори. У разі його контакту із мікроорганізмами, органічні речовини, які перебувають у середовищі, піддаються деструкції з утворенням біогазу. Масообмін, переважно, відбувається за рахунок дифузії забруднень до мікрофлори.

Середовища, що підлягають переробці, відрізняються різноманітністю складу, отже, і біомаса буде представлена складною асоціацією. Для опису процесу приросту біомаси та деструкції органічних забруднень використано систему рівнянь, запропоновану в [4]. Модель М.Д. Ієрусалимського, обрана для характеристики швидкості зростання біомаси, дозволяє врахувати одночасно і зростання лімітуючої фази, і вплив присутніх інгібіторів процесу. Такий підхід є найприйнятнішим під час описування анаеробного зброджування, коли продукти метаболізму одних мікроорганізмів можуть як сприяти, так і перешкоджати зростанню інших присутніх груп.

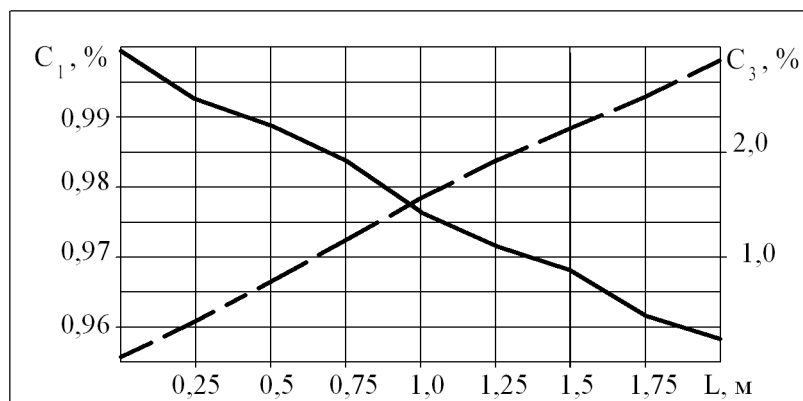
$$\left\{ \begin{array}{l} \rho(\varphi)W_z \frac{\partial W_z}{\partial z} = -\rho(\varphi)g_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu(\varphi) \frac{\partial^2 W_z}{\partial x^2} \\ W_z \frac{\partial c_1}{\partial z} = D \frac{\partial^2 c_1}{\partial x^2} \\ \frac{dc_1}{d\tau} = \frac{\mu_m c_1 c_2}{(\bar{k} + c_1)(k + c_2)} \\ \frac{dc_2}{d\tau} = -\frac{\mu_m c_1 c_2}{(\bar{k} + c_1)(k + c_2)} \\ \frac{dc_3}{d\tau} = \frac{Bc_1}{\tau} \left(1 - \frac{k}{\mu_m \tau - 1 + k} \right) \end{array} \right.$$

де $\rho(\varphi)$, $\mu(\varphi)$ – відповідно, густина та в'язкість середовища, які залежать від вмісту біогазу в рідині φ ; c_1 – концентрація органічної речовини; D – коефіцієнт молекулярної дифузії органічної

речовини за лімітуючою фазою; c_2 – концентрація біомаси активного мулу; k , \bar{k} – константи напівнасичення та інгібування, відповідно; μ_m – максимальна питома швидкість зростання мікроорганізмів; c_3 – концентрація біогазу, що утворюється; B – граничний вихід біогазу з одиниці органічної речовини; τ – час експозиції.

Наведена математична модель описує процес протікання рідини між листовими носіями мікрофлори анаеробного біофільтра, дифузійні процеси, зменшення кількості забруднень, приріст біомаси та виділення біогазу у взаємозв'язку

Результати розрахунків дозволяють встановити основні характеристики роботи анаеробного біофільтра, зокрема кількість органічної речовини, що розклалася у процесі очищення, кількість біогазу, що виділяється за заданої витрати забрудненої рідини. Результати частково наведено на рисунку.



Зменшення концентрації забруднень та зростання концентрації біогазу, що виділяється, по висоті анаеробного біофільтра

Результати, наведені на рисунку, характеризують деструкцію органічних речовин, що відбувається при одноразовому проходженні рідини крізь щілину між листами біофільтра. Приріст біомаси становить лише 0,7–0,9 %, отже, робота фільтра не супроводжуватиметься засміченням або заростанням робочого простору, але, водночас, потребує постійного дотримання оптимального режиму. Варто зазначити, що процеси анаеробної біофільтрації передбачають часткову або повну рециркуляцію очищеної рідини для досягнення вищого ступеня очищення. Підтвердження результатів розрахунків здійснюється за допомогою дослідної установки, що містить анаеробний біофільтр із нерухомими полімерними листовими носіями.

1. Young, J.C. Factors affecting the design and performance of upflow anaerobic filters/ Young, J.C. // Wat. Sci Tech. – 1991. –vol.1 24. – № 8. – pp. 133–155. 2. Young, J. C. The Anaerobic Filter for Waste Treatment / Young, J. C., McCarthy, P. L.// JWPCF. – 1969. – Vol. 41 (5). – P. R160 – R173. 3. Калюжный С. В. Высокоинтенсивные анаэробные технологии очистки промышленных сточных вод / С. В. Калюжный // Катализ в промышленности. – 2004.– № 6.– С. 42–50. 4. Биологическая очистка сточных вод и отходов сельского хозяйства: Динамические модели и оптимальное управление / [Гарнаев А. Ю., Седых Л. Г., и др.]; под ред. М. Ж. Кристансона.– Рига: Зинатне, 1991.– 173 с.