

Айрапетян Т.С.*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова***РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД В АЕРОТЕНКУ-ЗМІШУВАЧІ З ЗАКРІПЛЕНИМ БІОЦЕНОЗОМ**

На даний час у зв'язку з погіршенням якості води відкритих водойм постає проблема зменшення антропогенного навантаження на водні об'єкти та дотримання нормативу гранично припустимого скиду за органічними речовинами. Існуючі способи та споруди очищення стічних вод від органічних забруднень оснований на використанні зваженого біоценозу (активного мулу) мають недостатню ефективність. Це підтверджує необхідність розробки нових технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності та інтенсифікацію процесу очистки міських стічних вод від органічних забруднень. Тому для очисних споруд, на яких біологічне очищення стічних вод здійснюється за традиційною схемою аеротенк - вторинний відстійник, важливим практичним завданням залишається питання підвищення ефективності роботи аеротенків і зниження концентрації забруднень в очищеній воді. Тому, актуальними є дослідження, спрямовані на підвищення ефективності процесів біологічного очищення міських стічних вод.

Проведений аналіз показав, що одним з основних шляхів інтенсифікації аеробного біологічного очищення стічних вод є підвищення концентрації взаємодіючих компонентів за рахунок ефективною дії біоценозів (мікроорганізмів) більшою концентрацією і розчиненого кисню. Останнім часом в науково-технічній літературі росте кількість робіт, присвячених застосуванню систем, що використовують іммобілізацію мікроорганізмів на носіях у вигляді закріпленого біоценозу.

Тому, для підвищення ефективності вилучення забруднень в аеротенку поряд зі зваженим біоценозом (активним мулом) пропонується встановлення в об'ємі аеротенка додаткового завантаження (сіток, насадок і т. п.), на поверхні якого утворюється біоплівка з високою концентрацією

мікроорганізмів. Прикріплення мікроорганізмів до твердого носія має значні експлуатаційні та технологічні переваги їхнього перебування в реакційному середовищі, зокрема значно зменшується приріст надлишкової біомаси. Останнє має немало важке значення з урахуванням витрат на утилізацію великої кількості біомаси активного мулу.

Тому комбіноване біологічне очищення стічних вод у спорудах із закріпленою біомасою (біоплівкою) останнім часом широко використовується на практиці [1-4].

При цьому можливі варіанти, коли елементи завантаження (насадки, сітки й т.п.) рівномірно розташовані по всьому об'єму (довжині) аеротенка або тільки на окремих його ділянках [5-7].

У цій статті розглянемо технологічну схему аеротенка, у якій елементи завантаження (насадки, сітки й т.п.) на ділянці, яка розташована на початку аеротенка (рис. 1).

Аеротенк складається із двох частин, яких будемо вважати реакторами 1 і 2, в першій частині розташований реактор 1, в якому вилучення органічних забруднень (ОЗ) відбувається за рахунок закріпленого біоценозу, який формується на встановленому завантаженні, в другій частині – реактор 2, в якому вилучення ОЗ відбувається зваженим біоценозом (активним мулом), тобто працює як звичайний аеротенк-змішувач (рис.1).

Зазначимо, що в обох частинах аеротенка реактори працюють по схемі реактора-змішувача. Тоді для стаціонарних умов згідно загальних рівнянь для визначення концентрацій ОЗ на виході із реакторів 1 і 2 будемо використовувати рівняння [5]

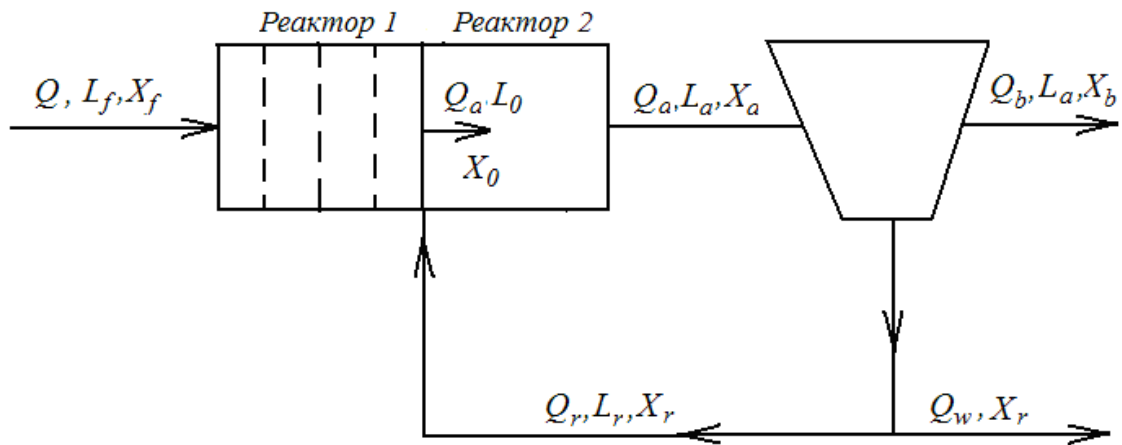


Рис.1. Балансова схема аеротенка-змішувача з розташованим в реакторі 1 закріпленим біоценозом

для реактора 1

$$L_f - L_0 - \frac{F_{\delta l}}{Q} N = 0, \quad (1)$$

для реактора 2

$$L_0 - L_a - T_a R_a = 0. \quad (2)$$

При визначенні концентрації L_0 на виході із реактора 1 доцільно розглянути швидкість реакції нульового порядку. У випадку реакції R_{L_0} концентрація L_δ на поверхні біоплівки складає [5]

$$L_\delta = L_0 - \frac{w_{L_0} \delta}{K_L}, \quad (3)$$

тоді значення потоку N буде складати

$$N = w_{L_0} \delta. \quad (4)$$

Таким чином в цьому випадку концентрація на виході із реактора 1 L_0 (на виході в реактор 2) буде

$$L_0 = L_f - \frac{F_{\delta l}}{Q} w_{L_0} \delta, \quad F_{\delta l_1} = F_{\delta l} l_1 \quad (5)$$

де, нагадаємо, $F_{\delta l_1}$ - загальна площа поверхні біоплівки (завантаження) в реакторі 1, L_f , Q - відповідно, концентрація забруднень і витрата на вході в реактор 1 (рис. 1).

У випадку, коли швидкість реакції в біоплівці приймається першого порядку $R_L = kL$, використовуючи рівняння (1), одержимо

$$L_0 = \frac{L_f}{1 + \frac{F_{\delta l}}{Q} K_L (1 - A)}, \quad (6)$$

$$A = \frac{1 + e^{-\varphi}}{(1 + e^{-\varphi}) + \eta(1 + e^{-\varphi})},$$

де

$$\varphi = 2\sqrt{\alpha}, \quad \alpha = \frac{k\delta^2}{D_L}, \quad \eta = \frac{\sqrt{kD_L}}{K_L},$$

D_L -коефіцієнт молекулярної дифузії у біоплівці; K_L -коефіцієнт масопереносу ОЗ у рідинній плівці; δ - товщина біоплівки.

Концентрація ОЗ на виході з 2-го реактора з умови, що швидкість реакції R_a описується рівнянням нульового порядку $R_a = \omega_a$, знаходиться по формулі

$$L_a = L_0 - \omega_a T_a. \quad (7)$$

У випадку, коли швидкість реакції у 2-ому реакторі описується рівнянням першого порядку $R_a = k_a L_a$, з рівняння (2) одержимо

$$L_a = \frac{L_0}{1 + k_a T_a}. \quad (8)$$

Загальний ефект очищення стічних вод при проходженні стічних вод через перший та другий реактори у випадку реакцій окислення нульового порядку буде визначатися за формулою

$$\frac{L_a}{L_f} = 1 - \frac{F_{\delta l}}{L_f Q} w_{L_0} \delta - \frac{w_a T_a}{L_f}. \quad (9)$$

У випадку реакцій окислення першого порядку

$$\frac{L_a}{L_f} = \frac{1}{1 + \frac{F_{\delta l}}{Q} K_L (1 - A)} \cdot \frac{1}{1 + k_a T_a}. \quad (10)$$

У випадку, коли очищення за допомогою закріпленого біоценозу відбувається

згідно реакції першого порядку, а очищення за допомогою зваженого біоценозу – реакції нульового порядку, загальний ефект визначається за формулою

$$\frac{L_a}{L_f} = \frac{1}{1 + \frac{F_{\delta}}{Q} K_L (1 - A)} - \frac{w_a T_a}{L_f} \quad (11)$$

На рис. 2 наведено приклади розрахунків, виконаних за формулою (11), а також приклади розрахунків у випадку, коли спочатку стічні води проходять через реактор зі зваженим біоценозом, а потім – реактор з закріпленими мікроорганізмами. У цьому випадку загальний ефект очищення визначається за формулою

$$\frac{L_a}{L_f} = \frac{1 - \frac{w_a T_a}{L_f}}{1 + \frac{F_{\delta}}{Q} K_L (1 - A)} \quad (12)$$

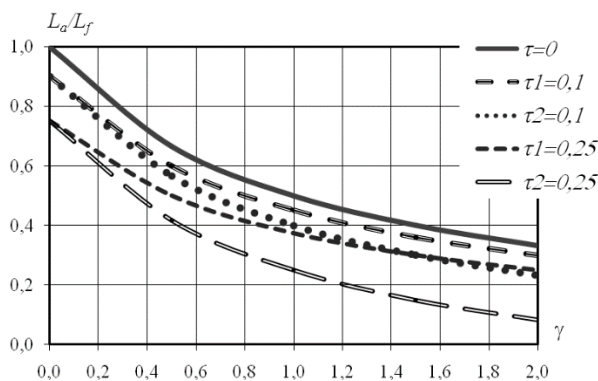


Рис. 2. Графік залежності $\frac{L_a}{L_0} = f(\tau, \gamma)$:

1 – перший реактор зі зваженим біоценозом, другий реактор з закріпленим біоценозом; 2 – перший реактор з закріпленим біоценозом, другий реактор зі зваженим біоценозом;

$$\tau = \frac{w_a T_a}{L_f}; \quad \gamma = \frac{F_{\delta}}{Q} K_L (1 - A)$$

При реакціях очищення одного порядку в обох реакторах порядок їх розташування не впливає на ефект очищення. У випадку, коли окислення у біоплівці відбувається згідно реакції першого порядку,

а в аеротенку з вільноплаваючим активним мулом – нульового порядку, то перевагу має варіант, при якому спочатку розташовується реактор з закріпленими мікроорганізмами (рис. 2).

Таким чином, представлені залежності і виконані розрахунки дозволяють обґрунтувати підвищення ефективності роботи аеротенку за допомогою розташування в першій половині його об'єму елементів завантаження з прикріпленим біоценозом

ЛІТЕРАТУРА:

1. Яковлев С. В., Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод. - М.: АСВ, 2002 – 704 с.
2. Евилевич М. А., Наумов А. В., Блохин В. Е., Швитев А. В. Математическое исследование процесса биологической очистки на хлопьях активного ила // Водные ресурсы. – 1978. – №1. – с. 143-151.
3. Henze M. M., Van Loosdrecht M.C., Ekama V. A., Bzdjanovic D. Biological Wastewater Treatment // Iwe Publishing, London, 2008. - 511 p.
4. Wanner O., Ebert N.L., Rittan B. E. Mathematical modeling of biofilms // Scientific and Technical report. - 2006 - N18 - 208 p.
5. Олійник О. Я., Айрапетян Т. С. Моделирование очистки стічних вод від органічних забруднень в біореакторах – аеротенках зі зваженим (вільноплаваючим) і закріпленим біоценозом // Доповіді НАНУ. – 2015. – №5. – С.55-60.
6. Олейник А. Я., Айрапетян Т. С. Повышение эффективности работы аэротенков // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Optimum, 2015.-Вип.. 59.- С. 214-222.
7. Олійник О.Я., Айрапетян Т.С. Підвищення ефективності біологічного очищення стічних вод в аеротенках за рахунок зваженого та закріпленого біоценозу // Науковий вісник будівництва.- Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015.– Вип. 3 (81). – С. 106-109