

КОНЦЕПТУАЛЬНЕ РІВНЯННЯ МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ З УРАХУВАННЯМ ВІКУ БІОЦЕНОЗУ

На початку сторіччя прикріплений біоценоз вважався єдиним робочим механізмом, тому кінетика процесу розглядалася як "чорний ящик". У 40-і роки з появою теорії завислого біоценозу кінетика процесу, яка являла собою відому ферментативну реакцію, математично описувалася рівнянням Міхаеліса и Ментен. Потім рівняння ферментативної реакції було удосконалено для конкретної задачі (очищення стічних вод) Моно, для чого в рівняння була введена концентрація завислого біоценозу (активного мулу). Але рівняння Моно враховує тільки окислювальний процес, при цьому до уваги не приймається швидкість сорбційного переносу (доставка субстрату). Порівняно з активним мулом, прикріплений біоценоз розглядався як такий, що має низьку окислювальну здатність.

З 80-х років усе більше спеціалістів схилиються до того, що для повного описання матеріального балансу вилучення забруднень правомірно включити у кінетику процесу зовнішньодифузійні (сорбційна доставка субстрату) та внутрішньодифузійні (окислення) процеси одночасно. Мала дослідженість теоретичних основ сорбційноокислювальної кінетики біологічної очистки багатокомпонентного субстрату стічних вод не дає можливість розробити досконалу методику розрахунку.

В останні роки все ширше впроваджуються установки, де у системі біологічної очистки стічних вод одночасно використовуються прикріплений та завислий (змішаний) біоценоз, з використанням сорбентів.

Накопичені авторами результати промислових досліджень для різних категорій стічних вод [1], вказують на суттєве збільшення питомої продуктивності змішаного біоценозу порівняно з установками, в яких використовується окремо прикріплений або завислий біоценоз. Помічені стабільність системи у цілому, можливість прискореного пуску. Можна припустити, що при використанні змішаного біоценозу окислювальна здатність збільшується завдяки відносно більшій швидкості сорбційного вилучення за рахунок прикріпленого біоценозу.

Використання прикріпленого біоценозу збільшує вік змішаного біоценозу (завислий біоценоз – вік 8...10 діб, прикріплений – 24...26 діб, змішаний – 16...18 діб) і як наслідок збільшує глибину та питому продуктивність. Нажаль ні рівняння ферментативної реакції, ні рівняння Моно не враховують вік біоценозу.

Дослідження Дж. Дж. Бізогні, П. И. Ропер, Б. М. Репина, С. В. Яковлева, В. А. Вавілін, А. В. Лоуренс, [2,3,4,5,6] вказують на існування впливу віку біоценозу на швидкість біологічної очистки стічних вод, а також седиментаційні характеристики біоценозу, ступінь активності біомаси, окислювальні властивості, швидкість самоокислення, на швидкість росту мікроорганізмів, на коефіцієнт відмирання біомаси, економічний коефіцієнт, здатність мікроорганізмів до закріплення у системі, процеси нітрифікації та денітрифікації, швидкість специфічного поглинання кисню, час аерації та на ефективність очистки стічних вод. При порівнянні роботи прикріпленого та завислого біоценозу вік мулу не однаковий, як за його значенням, так і за його впливом на процес очищення. Вплив змішаного біоценозу на процес очистки практично не вивчався.

Дослідження роботи біоценозу дозволили запропонувати уточнену кінетику транспорту та утилізації субстрату, а також представити її графічно (див. рис. 1). Ранні уявлення 40-х років про кінетику окислення субстрату, як про таку, що обумовлена у всіх випадках мономолекулярним законом, в останні роки не витримує критики, тому сьогодні

цей закон можна розглядати, як справедливий тільки для доочищення або при початковій концентрації субстрату $S_0 < 50$ мг/л.

У інших випадках транспорт субстрату є складним біохімічним та гідродинамічним процесом, який в уточненому вигляді можна розуміти, як такий, який здійснюється чотирма макро- та мікрошарами біоценозу.

Так як швидкість окислення приблизно у 80 разів менша за швидкість сорбції, то у верхніх шарах біоценозу припускається лімітування процесу та $S_0 - S_n$ буде наближатися до 0, тобто процес повинен зупинитися. Але велика кількість досліджень показують, що процес масопереносу відбувається та десорбція відсутня. Тому можна уявити, що існує деякий поверхневий шар 3Н (див. рис. 1), який завдяки інтенсивній “роботі” мікроорганізмів-гідробіонтів є відносно вільним для дифузії субстрату з рідкого шару. Аналогічна картина може мати місце між активним та пасивним шарами, тобто може існувати простір 4Н.

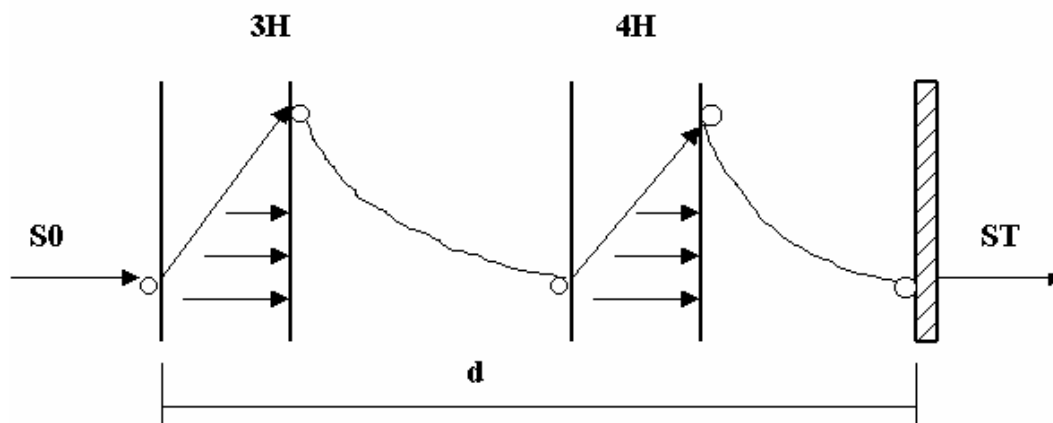


Рис.1. Концептуальна схема біоценозу

Таким чином, при розгляданні кінетики транспорту субстрату у біологічній системі, представляється коректною концептуальна технологічна схема, яка враховує вік біоценозу та складається з багатоступінчастої системи масопереносу. Ця схема для стаціонарного стану має такий вигляд:

ПРИПЛИВ - ПЕРЕНЕСЕННЯ – ОКИСЛЕННЯ + ВИНОС

$$\frac{dS}{d\theta} = K \frac{S_0}{S_0 + \frac{1}{A}} + \frac{\rho X S_0}{S_0 + K_m} - S_t q$$

Приплив $\frac{dS}{d\theta}$; Перенесення $K \frac{S_0}{S_0 + \frac{1}{A}}$; Окислення $\frac{\rho X S_0}{S_0 + K_m}$; Винос $S_t q$

У цьому рівнянні використовується вираз $\left(\frac{dS}{d\theta}\right)$ замість $\left(\frac{dS}{dt}\right)$. Це можна робити тому, що вік біоценозу – це час перебування біоценозу у системі, тобто час аерації та регенерації разом.

Аналізуючи літературні дані, виявилось, що при визначенні віку завислого біоценозу найбільш вдалим є рівняння В. А. Вавіліна [5], для визначення віку прикріпленого біоценозу – рівняння Коуда, а для визначення віку змішаного біоценозу ми спробували розробити рівняння з подальшою його апробацією.

При рішенні балансового рівняння нами було отримано рівняння для визначення віку біоценозу:

$$\theta = K_1 \left[S_0 + \frac{(K_2 - K_3)}{2} \ln(S_0^2 + K_3 S_0 - K_4) + \left((K_5 - K_4) - \frac{(K_2 - K_3)K_3}{2} \right) \frac{2}{\sqrt{4K_4 - K_3^2}} \operatorname{arctg} \frac{2S_0 - K_3}{\sqrt{4K_4 - K_3^2}} \right]$$

$$\text{де } K_1 = \frac{1}{K + S_t q - \rho X}, \quad K_2 = \frac{1}{A} + K_m, \quad K_3 = \frac{K_m K + S_t q \left(\frac{1}{A} + K_m \right) - \rho X \frac{1}{A}}{K + S_t q - \rho X}, \quad K_4 = \frac{S_t q \frac{K_m}{A}}{K + S_t q - \rho X},$$

$$K_5 = \frac{1}{A} K_m,$$

S_n – початкова концентрація забруднень, мг/л

S_0 – початкова концентрація біоценозу, мг/л

θ – вік біоценозу, діб

K – коефіцієнт сорбції, мг/л добу

A – коефіцієнт масопереносу, мг/л

ρ – максимальна швидкість окислення субстрату біоценозом, мг/л добу

X – концентрація біоценозу, мг/мг

K_m – коефіцієнт Міхаеліса, мг/л добу

S_t – кінцева концентрація мікроорганізмів, мг/л

навантаження, мг/мг добу.

Ми порівняли графік побудований за даними рівняння (1) та графік - за даними рівняння В.А. Вавіліна [5] (див. рис.2.) . Ми отримали малу розбіжність цих графіків, тому можна що рівняння (1) придатне до використання у розрахунках.

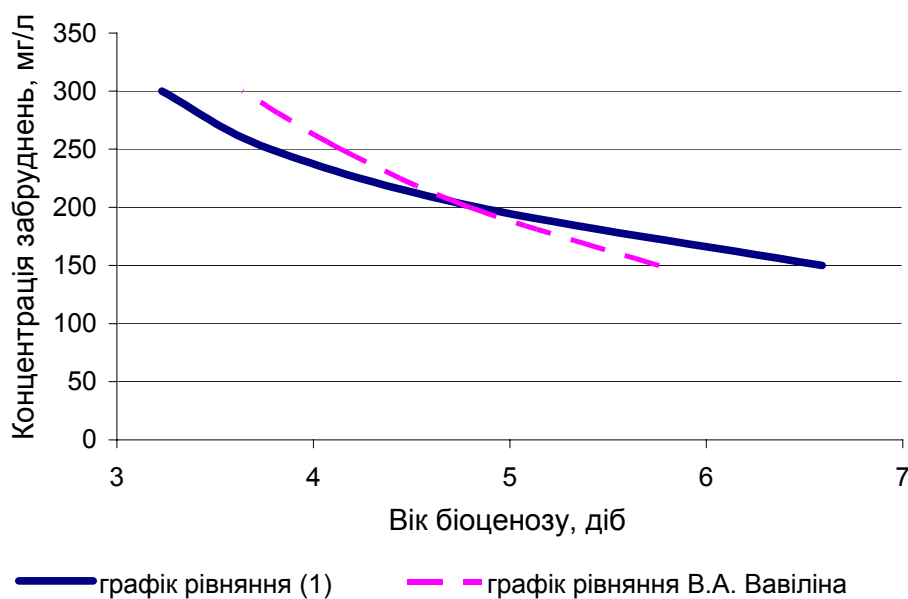


Рис.2. Залежність віку біоценозу від концентрації забруднень

Висновки:

Згідно з літературними даними та власними дослідженнями виявлений вплив віку біоценозу на глибину очищення стічних вод, а також нітро-денітрифікацію.

Розроблений матеріальний баланс взаємозв'язку віку біоценозу та утилізації субстрату.

Результати попереднього дослідження показали практично повну схожимість з літературними даними (наприклад з рівнянням Вавіліна В.А.)

*Література*

1. Таварткиладзе И. М. Сорбционные процессы в биофильтрах. – М.: Стройиздат, 1989.
2. Bicogni J. J., Lawrence A. W. Relationship between biological solid retention time and settling characteristic of activated sludge. – Water Research. – 1971. -5. -№ 9.
3. Roper R. E., Grady C. P. L. F models of the bio-oxidation process which incorporate the viability concept. – Water Research. -1974. -8. -№ 7.
4. Яковлев С. В., др. Биологическая очистка производственных сточных вод. – М.: Стройиздат, 1985.
5. Вавилин В. А. Время оборота биомассы и деструкция органического вещества в системах биологической очистки (АН СССР институт водных проблем). – М.: Наука, 1986.
6. Lawrence A. W. Mc Carty P. L. Unified basis of biological treatment design and operation – J. Sanit. Eng. Div. ASCE. - 1970. - 96. -№ 3.

Увага: В № 10 за 2001 р. в статті Марченка А.А., Зухби А.Г. "К вопросу оценки курсовой устойчивости землеройных машин непрерывного действия" була допущена помилка.

Замість " K_x, K_y, K_z и n_x, n_y, n_z - координаты точек приложения ..." на стор. 50 повинно бути " r_x, r_y, r_z и g_x, g_y, g_z - координаты точек приложения ...". Просимо вибачення у авторів та читачів.