

УДК 628.33

© В.С. Жукова, аспірант;

Л.А. Саблій, д-р техн. наук, доцент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ

ВПЛИВ РОЗМІЩЕННЯ СИСТЕМИ АЕРАЦІЇ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД У БІОРЕАКТОРАХ

Досліджено спосіб підвищення окисної потужності за амонійним азотом біореакторів за рахунок розміщення системи аерації перпендикулярно руху струменів повітря відносно руху стічних вод. Наведено експериментальні дані та конструктивні параметри установки. У результаті дослідження визначено, що забезпечується збільшення окисної потужності на 30-40% на початковій стадії аеробного процесу та ефективність видалення амонійного азоту 98,4-99,8 % у порівнянні із поздовжнім розміщенням аераторів при таких же умовах процесу, що дозволяє зменшити розміри споруд та збільшити ефективність видалення сполук азоту зі стічних вод.

Ключові слова: стічні води, окисна потужність, іммобілізовані мікроорганізми

Для ефективного видалення сполук азоту іммобілізованими мікроорганізмами в аеробних умовах потрібно в достатній кількості насичувати стічну воду киснем, який необхідний для життєдіяльності аеробних мікроорганізмів. Використання дрібнобульбашкової аерації забезпечує таку потребу, але через особливості дихання мікроорганізмів частина кисню не встигає затриматися на поверхні мікроорганізмів. Для ефективного захоплення кисню мікроорганізмами важливий не тільки розмір самої бульбашки, але і швидкість, з якою вона рухається. В основу розробленого винаходу (патент України №97747) поставлено задачу підвищити ефективність біологічного очищення стічних вод за рахунок взаємоперпендикулярних напрямків руху повітря і стічних вод, що досягається влаштуванням аераторів перпендикулярно руху потоку стічної води в споруді між закріпленими паралельно руху носіями [1].

Вивчення впливу розміщення системи аерації на окисну потужність біореакторів за амонійним азотом досліджували в лабораторії кафедри екобіотехнології та біоенергетики, НТУУ «КПІ» (рис.1). Для моделювання біореакторів використовували установку, яка складалася з трьох скляних секцій (I, II, III) об'ємом 6 дм³ кожна, загальна довжина установки - 0,3 м. Повітря подавали в кожен секцію біореактора від мікрокомпресорів за допомогою трубчастих аераторів з діаметром отворів 0,5 мм. Регулювання витрати повітря здійснювали вентилями. Схема руху води через секції – прямоточна. Подачу модельного розчину, який імітував стічні води, здійснювали рівномірно з витратного баку за допомогою сифону, витрату регулювали вентилями 7.

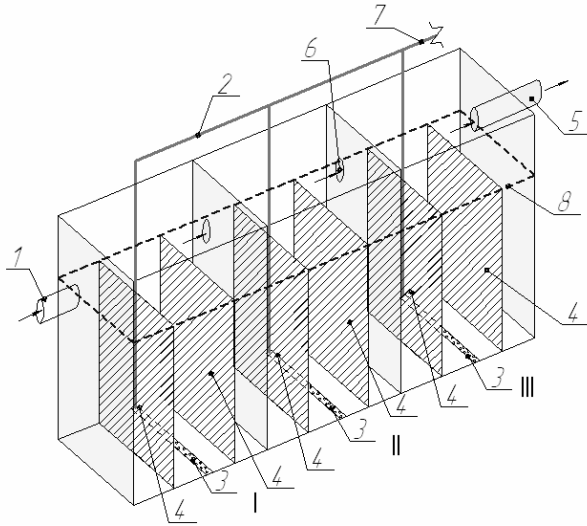


Рис. 1 - Схема установки:

1 - трубопровід подачі стічної води з вентилем регулювання витрати води;

2 - повітропровід з вентилями регулювання витрати повітря;

3 - перфорований повітропровід;

4 - касети з волокнистим носієм «ВІЯ»;

5 - трубопровід для відведення очищеної води у зливний бак;

6 - переливні вікна;

7 - повітря від компресорів;

8 - рівень води;

I, II, III - відповідно 1, 2, 3 аеробні секції

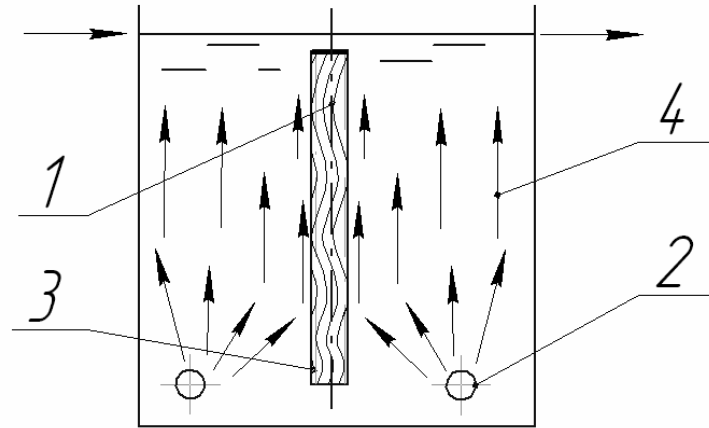
У кожній секції встановлено волокнисті носії «ВІЯ», які кріпили до стінок біореактора за допомогою гачків, а на дні носії утримувалися циліндричною трубкою, до якої також кріпили і трубчасті аератори. Розміри каркасу носія у всіх секціях однакові: висота – 0,3 м, ширина – 0,2 м. У кожній секції розміщували по два носія паралельно один одному.

Установка працює таким чином. Стічна вода надходить до біореактора I від витратного баку з встановленою за допомогою вентиля 7 витратою. Деструкція забруднювальних речовин відбувається під дією мікроорганізмів, які іммобілізовані на носіях 4. Між двома касетами 4 на дні камери розташована система аерації, яка складається з подаючого 2 та перфорованого у вигляді трубки 3 повітропроводів. Останній розташовано перпендикулярно напрямку руху стічної води по ширині секції. При русі повітря від перфорованого трубопроводу формується примежовий шар по всій поверхні касет з волокнистим носієм. У такому шарі спостерігається ламінарний режим руху бульбашок повітря у воді, який дозволяє мікроорганізмам максимально ефективно використовувати кисень. Стічна вода через переливні вікна 6 надходить у наступні II і III секції аеробного очищення. Багатоступеневе очищення забезпечували за рахунок відділених, окремих секцій, в яких спостерігали різну концентрацію забруднювальних речовин, а концентрацію повітря змінювали вентилями 8. Очищену стічну воду відводили зі споруди трубопроводом 5.

Пусковий період установки тривав 31 добу. Для нарощення біомаси на волокнистих носіях у кожен з біореакторів додавали по 1,5 см³ активного мулу з Бортницької станції аерації (БСА), м. Київ. Після пускового періоду концентрація іммобілізованих мікроорганізмів становила 15-20 г/дм³ для кожного біореактора. Дана установка моделювала аеробну стадію анаеробно-аеробної технології очищення стічних від сполук азоту [2, 3], тому модельний розчин готували з високими концентраціями амонійного азоту (30-50 мг/дм³) та низькими величинами ХСК.

Аератори та касети, в яких встановлено носії для іммобілізації мікроорганізмів, розташовані в споруді через певний крок. При такому розміщенні аераторів біля поверхні носія утворюється примежовий шар, в якому повітря рухається у ламінарному режимі за рахунок

висхідного руху вздовж носія (рис. 2). Це дозволяє мікроорганізмам, які закріплені на носії, максимально ефективно захоплювати бульбашки повітря, тим самим підвищуючи ефективність очищення стічних вод.



*Рис. 2 - Схема розміщення аераторів та носія в аеробному біореакторі установки:
1 - носій іммобілізованих мікроорганізмів; 2 – аератор; 3 – обмежувач;
4 – рух і розподіл повітря у ємності споруди*

Аератори розміщені на дні по ширині споруди паралельно один одному між касетами носіїв (в аеротенках влаштовують переважно вздовж стін). Таке розміщення аераторів дозволяє аерувати носій з усіх боків та по всій площі касети, ефективно перемішувати стічні води, підтримувати у завислому стані вільноплаваючий мул та суттєво покращити масообмін на поверхні біоплівки. Запропонований спосіб також дає змогу насичувати повітрям стічні води та забезпечує достатню кількість кисню для життєдіяльності мікроорганізмів.

Ефективність біологічного очищення стічних вод підвищується також за рахунок створення багатоступеневого процесу. Це досягається за рахунок прямої схеми руху стічної води та регулювання інтенсивності подачі повітря. А саме, на початку споруди потреба у розчиненому кисні вища через надходження органічних речовин після анаеробних стадій. Далі, по мірі очищення стічних вод, потреба у кисні зменшується. Кисневі умови забезпечують утворення «біоконвеєра» в результаті розвитку різноманітних видів гідробіонтів і роботи трофічного ланцюга типу «хижак-жертва» у споруді на різних етапах очищення стічних вод [4].

Дослідження показника окисної потужності за амонійним азотом при різному розміщенні систем аерації було проведено паралельно на установці з влаштуванням системи аерації вздовж руху стічних вод (№ 1) та установці з перпендикулярним розміщенням системи аерації відносно руху стічних вод (№ 2) з використанням модельного розчину з початковою концентрацією амонійного азоту 32 мг/дм^3 при гідравлічному навантаженні $5,8 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \text{ доб})$. Обидві установки містили волокнистий носій з однаковою площею поверхні волокон носія, влаштованих поперек руху стічних вод. Витрата повітря на аерацію була однаковою у розрахунку на об'єм споруди. Концентрація в очищеній стічній воді установки №1 амонійного

азоту становила - 0,5 мг/дм³, нітратів – 11 мг/дм³, а для установки №2 - амонійного азоту - 0,05 мг/дм³, нітратів – 8,2 мг/дм³.

Розрахунок окисної потужності за амонійним азотом проводили за формулою:

$$\hat{P} = \frac{(\tilde{N}_{\text{NH}_4^+}^{\text{вх}} - \tilde{N}_{\text{NH}_4^+}^{\text{вих}}) \cdot Q}{V}, \text{ г/(м}^3 \cdot \text{доб)}, \quad (1)$$

де $\tilde{N}_{\text{NH}_4^+}^{\text{вх}}$ – початкова концентрація амонійного азоту на вході в установку, мг/дм³; $\tilde{N}_{\text{NH}_4^+}^{\text{вих}}$ – кінцева концентрація амонійного азоту на виході із установки, мг/дм³; Q – витрата стічних вод, м³/доб; V – об'єм біореактора, м³.

Для порівняння було розраховано суму значень окисної потужності для трьох аеробних біореакторів, яка змінилася лише на 1,5% та становила 181 і 184 г/(м³доб) відповідно для установки №1 і №2. Але окиснення амонійного азоту змінилося в залежності від стадії очищення. Так, у I аеробному біореакторі окисна потужність збільшилася на 30-40% у порівнянні з третім біореактором, що свідчить про значну інтенсифікацію процесу окиснення амонійного азоту саме біоценозом третього біореактора (рис. 3).

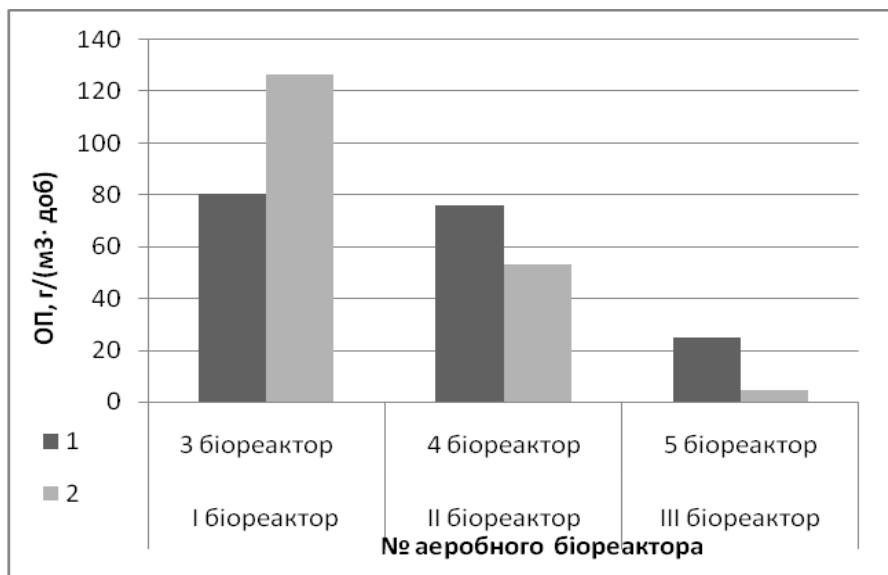


Рис. 3 - Окисна потужність ОП при гідравлічному навантаженні 5,8 м³/(м³·доб) для аеробних біореакторів установок №1 (1) і №2 (2)

В обох установках у четвертому (II) біореакторі величина окисної потужності зменшилася у зв'язку із зменшенням концентрації амонійного азоту на початку стадії. Остання стадія забезпечує ефект видалення амонійного азоту 98,4-99,8 % (рис. 4). Таке явище можна пояснити тим, що іммобілізовані на носії мікроорганізми мають більший доступ до розчиненого азоту.

ного кисню завдяки створеному ламінарному руху бульбашок повітря від аераторів, розташованих паралельно касетам з носіями та перпендикулярно руху стічних вод.

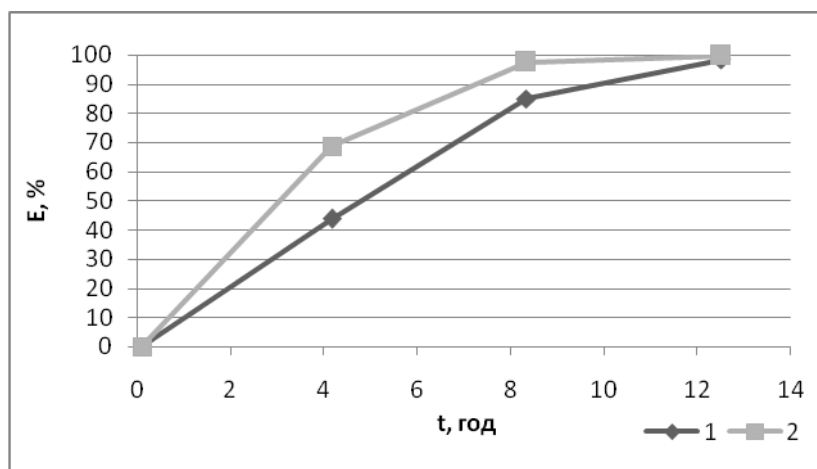


Рис. 4 - Зміна ефективності видалення амонійного азоту в залежності від тривалості очищення для установок №1 (1) і №2 (2)

Окисна потужність збільшується в I біореакторі через вище значення окиснення амонійного азоту завдяки ефективному захопленню мікроорганізмами бульбашок повітря. Концентрація біомаси за сухою речовиною майже однакова у різних установках (10-20 г/дм³) через однакову кількість субстрату у модельних розчинах для її існування.

Величина окисної потужності прямо пропорційно залежить від значення різниці початкової та кінцевої концентрацій амонійного азоту, яка і зростає в даному випадку в порівнянні з установкою №1. Збільшення окисної потужності можна пояснити інтенсифікацією роботи мікроорганізмів завдяки ефективному засвоєнню кисню внаслідок розташування системи аерації – перпендикулярно, а носія - паралельно руху стічних вод.

При очищенні модельного розчину з початковою концентрацією амонійного азоту 50 мг/дм³ було отримано ефективність видалення амонійного азоту становила 98,6% при гідравлічному навантаженні – 5,8 м³/(м³·доб) та середній концентрації біомаси у кожному з біореакторів – 25-28 г/дм³.

Застосування перпендикулярної до руху стічних вод аерації призводить до інтенсифікації процесів окиснення амонійного азоту та забезпечує повне видалення амонійного азоту та низькі значення концентрації нітритів (8-12 мг/дм³). Обидва типи аерації дозволяють створити умови для ефективного видалення амонійного азоту, нітритів і нітратів. Хоча перпендикулярне розміщення аераторів забезпечує окисну потужність за амонійним азотом для всіх аеробних стадій до 120-130 г/(м³ доб) та високі концентрації біомаси – 20-28 г/дм³.

Список використаної літератури

1. Патент України на винахід № 97747, МПК C02F 3/02. Спосіб аеробного біологічного очищення стічних вод / Гвоздяк П.І., Глоба Л.І., Саблій Л.А., Капарник А.І., Борисе-

нко О.О., Жукова В. С.: заявник та патентоутримувач Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – № а201014394; заявл. 01.12.10 ; опубл. 12.03.12, Бюл. №5.

2. Саблій Л. А. Анаеробно-аеробна технологія очищення промислових стічних вод / Л. А. Саблій, В. С. Жукова // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : зб. наук. праць. – Рівне, 2010. – Вип. 3 (47). – Ч. 2. – С. 292–296.
3. Жукова В.С. Виробничі дослідження очищення промислових стічних вод в біореакторах з іммобілізованими мікроорганізмами / В.С. Жукова, Л. А. Саблій // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. – 2011. – № 1 (3). – С.45-49.
4. Гвоздяк П.І. За принципом біоконвеєра. Біотехнологія охорони довкілля / П.І. Гвоздяк // Вісн. НАН України, 2003. – №3. – С.29–36.

Стаття надійшла до редакції 29.11 2012 р. українською мовою

© В.С. Жукова, Л.А. Саблій

**Влияние размещения системы аэрации на эффективность
очистки сточных вод в биореакторах**

Исследован способ повышения окислительной мощности за аммонийным азотом биореакторов за счет размещения системы аэрации перпендикулярно движению струй воздуха относительно движения сточных вод. Приведены экспериментальные данные и конструктивные параметры установки. В результате исследования определено, что обеспечивается увеличение окислительной мощности на 30-40% на начальной стадии аэробного процесса и эффективность удаления аммонийного азота 98,4-99,8% по сравнению с продольным размещением аэраторов при таких же условиях процесса, что позволяет уменьшить размеры сооружений и увеличить эффективность удаления соединений азота из сточных вод.

© V.S. Zhukova, L.A. Sabliy

**The effect of aeration system location on effectiveness
of waste water purification in bioreactors**

Researched method for increasing the oxidative capacity for ammonium bioreactors by placing aeration system air jets perpendicular motion relative movement of wastewater. The experimental data and design parameters of the installation. The study identified that provides increased oxidative capacity by 30-40% in the initial stage aerobic process and the removal efficiency of ammonia nitrogen 98,4-99,8% compared to longitudinal placement aerators under the same conditions of the process, which can reduce the size of structures and increase the efficiency of nitrogen removal from wastewater.