

## ВИКОРИСТАННЯ ФОТОБІОРЕАКТОРІВ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМАХ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Національний авіаційний університет

### Анотація

Запропоновано використання фотобіореакторів для видалення сполук азоту і фосфору за допомогою метаболізму мікроводоростей замість методів, що традиційно застосовуються. Математичне моделювання та розрахунки, виконані за розробленими моделями свідчать про ефективність та екологічну безпечність методу.

**Ключові слова:** азот, фосфор, фотобіореактор, стічні води, очисні споруди.

### Abstract

The use of photobioreactors for the removal of nitrogen and phosphorus compounds by the metabolism of microalgae instead of the methods traditionally used is proposed. Mathematical modeling and calculations performed on the developed models indicate the efficiency and environmental safety of the method

**Keywords:** nitrogen, phosphorus, photobioreactor, wastewater, treatment plants.

### Вступ

Видалення біогенних елементів зі стічних вод є сього дні актуальним завданням. Існуючі методи видалення не завжди дозволяють отримувати задовільні результати, а саме необхідні концентрації в очищених стоках. Крім того, ці методи не є достатньо екологічно безпечними. Часто вони пов'язані зі значними додатковими витратами, а також з отриманням небажаних осадів, що важко утилізуються.

Метою роботи є розроблення пропозицій щодо пристосування фотобіореакторів для використання в існуючих технологічних схемах очищення з метою отримання високих ступенів очищення, а також досягнення високого рівня екологічної безпеки процесів.

### Результати дослідження

Проблема евтрофікації поверхневих водойм є наслідком їх забруднення поживними для водної мікрофлори речовинами. Одним з основних джерел їх потрапляння водойми є недостатньо очищені стічні води з високим потенціалом евтрофікації. Для зменшення цього потенціалу ефективним методом можна вважати використання технологічних схем очисних споруд з фотобіореакторами для видалення біогенних сполук зі стічних вод мікроводоростями через їх метаболізм. Метод є перспективним завдяки можливості використання мікроводоростей, вирощених під час очищення, для виробництва різних продуктів, включаючи біогаз під час бродіння цієї біомаси разом із надлишком активованого мулу на анаеробних ферментаційних установках.

Основним завданням фотобіореактора в технологічній схемі очищення є видалення зі стічних вод сполук азоту та фосфору, а саме нітратів, нітритів та фосфатів [1]. Але поряд з поглинанням нітратів також спостерігається зниження залишкового амонійного азоту. Для моделювання процесів очищення використано експоненціальну модель, що є загальноприйнятним для подібних процесів. Моделювання проводилося для закритих фотобіореакторів ідеального змішування та ідеального витіснення. Розроблена модель дозволяє визначати необхідний час перебування стоків із сумішшю мікроводоростей у робочій зоні реактора для необхідного видалення поживних речовин зі стічних вод.

Для закритого фотобіореакторів ідеального витіснення отримано наступний вираз для необхідного часу оброблення

$$t = \frac{1}{k} \cdot \ln \frac{1}{1 - K} . \quad (1)$$

де  $K$  – ступінь видалення біогенної сполуки  $k$  – константа швидкості поглинання сполуки.

Для закритого фотобіореакторів ідеального змішування отримано наступний вираз

$$t = \frac{1}{k} \ln \frac{1 - K_{\text{поч}}}{1 - K} \quad (2)$$

де  $K_{\text{поч}}$ ,  $K$  – ступені видалення сполуки у на початку та у кінці процесу.

На теперішній час відсутні вимоги та методики проектування фотобіореакторів для видалення біогенних елементів зі стічних вод, що мають використовуватися в технологічній схемі каналізаційних очисних споруд. Отримані формули можуть служити основою для формулювання таких вимог, а також для розроблення методик.

Визначений за формулами необхідний час перебування стоків у реакторі може бути використаний разом з необхідними значеннями інших параметрів, таких як: продуктивність очисних споруд, концентрація забруднень в неочищених стічних водах, ступінь видалення забруднень на етапах механічного і біологічного очищення, вимоги до концентрації забруднень у очищених стічних водах, що скидаються у водойми тощо. Використовуючи необхідні значення усіх цих параметрів можливо визначити необхідні об'єми робочих зон фотобіореакторів. Це у свою чергу дає можливість визначити їх необхідну кількість для конкретних очисних споруд, геометричні розміри кожної установки, режими роботи усіх установок тощо. Це також дасть змогу проводити техніко-економічні розрахунки можливостей впровадження фотобіореакторів на каналізаційних очисних спорудах різного призначення та різної продуктивності.

### Висновки

Одним з найбільш ефективних та екологічно безпечних методів видалення біогенних елементів зі стічних вод різного походження можна вважати метод використання стоків як культурального середовища для мікродоростей. Останні дослідження свідчать, що значна кількість штамів мікродоростей завдяки особливостям метаболізму здатна ефективно поглинати азотні та фосфорні сполуки суттєво нарощуючи при цьому біомасу.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Pruvost J. (2019). Book Chapter. Cultivation of Algae in Photobioreactors for Biodiesel Production // Biofuels: Alternative Feedstocks and Conversion Processes for the Production of Liquid and Gaseous Biofuels (Second Edition), 629-659. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02539898/document>
2. Nezbyrta, I. M., Shamanskyi, S. I., Boichenko, S. V., Kharchenko, G. V. (2021). Some problems of the use of microalgae for nitrogen and phosphorus removal from wastewater (a review). Hydrobiological Journal, 57(2), 62–78. <https://doi.org/10.1615/Hydrobiol.v57.i2.60>

**Шаманський Сергій Йосипович** — докт. техн. наук., доц. провідний науковий співробітник наукової групи кафедри хімії і хімічної технології, Національний авіаційний університет, Київ, e-mail: [shamanskiy\\_s\\_i@ukr.net](mailto:shamanskiy_s_i@ukr.net)

**Бойченко Сергій Валерійович** — докт. техн. наук., проф. науковий керівник Українського науково-дослідного та навчального центру хімотології та сертифікації ПММ і ТР, Київ, e-mail: [chemmotology@ukr.net](mailto:chemmotology@ukr.net)

**Павлюх Леся Іванівна** — канд. техн. наук, доц., доцент кафедри екології, Національний авіаційний університет, Київ, e-mail: [lenyo@ukr.net](mailto:lenyo@ukr.net)

**Shamanskyi Sergii I** — doctor of science (engineering), associate professor, research department, National Aviation University, Kyiv, E-mail: [shamanskiy\\_s\\_i@ukr.net](mailto:shamanskiy_s_i@ukr.net)

**Boichenko Sergii V** — doctor of science (engineering), professor ukrainian research and training centre for chemmology and certification of fuel, lubricants and technical liquids, National aviation university, Kyiv, E-mail: [chemmotology@ukr.net](mailto:chemmotology@ukr.net)

**Pavliukh Lesia I** — candidatte of science (engineering), associate professor, department of ecology National Aviation University, Kyiv, E-mail: [lenyo@ukr.net](mailto:lenyo@ukr.net)