

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДОМИХ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД АНТИБІОТИКІВ

Кіка Л.С., Саблій Л.А.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського",
liubov.kika@gmail.com



Abstract

*The chemical and physical-chemical methods of wastewater treatment are limited due to high energy consumption and low efficiency. Aerobic biological treatment is also not always effective due to the high persistence of pharmaceutical substances. However, the use of certain plants (*Lemna aoukikusa*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, *Lemna aequinoctialis*, *Chrysopogon zizanioides*) demonstrates the 70 percent or more removal of various types of antibiotics.*

Keywords: wastewater treatment, antibiotics, biological purification.

Вступ. З постійним зростанням використання антибіотиків та збільшення їх потрапляння у навколишнє середовище стає вкрай важливою проблема ефективного очищення стічних вод від цих речовин. Існуючі методи очищення, які базуються на хімічних, фізико-хімічних процесах, мають свої обмеження та недоліки, такі як великі енергетичні витрати, утворення токсичних продуктів, великі об'єми відходів та ін. У цьому контексті виникає потреба у більш дієвих та екологічно чистих методах очищення, здатних ефективно видаляти антибіотики зі стічних вод. Один із перспективних напрямків полягає у використанні рослин.

Метою роботи є аналіз ефективності методів очищення стічних вод фармацевтичних підприємств від лікарських засобів на основі літературних джерел.

Матеріали та методи. Під час розгляду методів очищення стічних вод фармацевтичних підприємств було використано аналітичний метод дослідження.

Результати та обговорення. Для видалення антибіотиків зі стічних вод застосовують різноманітні хімічні методи, такі як окиснення за допомогою Фентонового реактиву, електрохімічне окиснення, використання вологого повітря для окиснення, надкритичне водне окиснення та ін.

Однак ці методи мають певні недоліки: вони є витратними, потребують значних енергетичних ресурсів, призводять до утворення токсичних продуктів відновлення, які потребують подальшої утилізації [1].

Наприклад, для здійснення очищення стічних вод за допомогою надкритичного водного окиснення необхідно підтримувати такі параметри: температура в діапазоні від 150 °С до 350 °С, тиск – від 2 до 20 МПа, тривалість – від 15 до 120 хвилин [2].

У фізико-хімічних процесах очищення стічних вод застосовують такі методи, як сорбція на активованому вугіллі, мембранна фільтрація, коагуляція і флоатація та ін.

Проте використання активованого вугілля є дорогим методом через високу вартість вугілля та необхідність його регенерації, яка потребує високотемпературної обробки та використання хімічних реагентів [3].

Методи мікро- та ультрафільтрації також не є ефективними через розміри пор мембран, що набагато більші (в 100 або 1000 разів більше), ніж молекули антибіотиків, що може дати їм змогу проникнути через мембрани [4].

Використання флоатації та коагуляції не забезпечує ефективного видалення лікарських засобів через їх низьку гідрофобність та низький ступінь адсорбції на утворених пластівцях коагулянту [5].

Аеробне біологічне очищення виявляється малоефективним методом для здійснення процесу видалення фармацевтичних речовин та їх метаболітів, оскільки ці сполуки виявляють високу стійкість до процесів біорозкладу [6]. Зокрема, одні антибіотики проявляють токсичність щодо бактеріальної складової активного мулу, інші, наприклад, тетрациклін [7], здатні адсорбуватися на пластівцях активного мулу без зміни своєї структури, що призводить до зниження ефективності очищення стічної води.

Однак дослідники вивчають можливості використання рослинних систем, таких як ряска (*Lemna aoukikusa*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, *Lemna aequinoctialis*) та трава ветивера (*Chrysopogon zizanioides*), для ефективного очищення стічних вод від антибіотиків. Ці рослини демонструють потенціал у видаленні забруднень з води та мають переваги в екологічній та економічній ефективності [8-12].

Так, проаналізовано [13] потенціал використання ветиверу *Chrysopogon zizanioides*, довговічної трави, яка швидко росте та може бути вирощена на гідропоніці. Ветивер ефективно видаляв понад 90% – ципрофлоксацину і тетрацикліну зі стічних вод, проте дана рослина має висоту до 1,5 м та коріння, що досягає довжини до 4 метрів та росте вертикально. Це зумовлює використання величезних територій для процесу очищення стічних вод та ускладненого процесу переробки рослини.

Натомість ряска *Lemna aequinoctialis* ефективно видаляла стрептоміцин з води, зменшуючи його концентрацію на 72-82% [12], а *Lemna minor* видаляла амоксицилін, енрофлоксацин і окситетрациклін з ефективністю 89-92 % [10]. До того ж, ряска легко культивується, є відновлюваним ресурсом та може бути використана для виробництва альтернативних джерел енергії. Проте, такі параметри технологічного процесу очищення з використанням ряски, як освітлення, діапазон вмісту антибіотиків, тривалість, кількість біомаси, не були досліджені. Тому головною метою подальших досліджень у цій області є встановлення зв'язків між зазначеними параметрами процесу очищення з використанням водних рослин та характеристиками стічних вод конкретного фармацевтичного підприємства.

Висновки. У контексті зростаючого забруднення природних вод лікарськими засобами ефективного видалення антибіотиків зі стічних вод фармацевтичних підприємств є важливою проблемою. Деякі методи очищення, такі як надкритичне водне окиснення, сорбція на активованому вугіллі,

окиснення за допомогою реактиву Фентона та ін., мають свої обмеження, такі як великі енергетичні витрати, висока вартість та утворення токсичних продуктів.

Натомість, дослідження рослин, зокрема ряски, для видалення антибіотиків зі стічних вод є метою наших подальших досліджень для розробки біотехнології та її впровадження у практику очищення стічних вод фармацевтичних підприємств. Адже даний метод є перспективним з ряду причин: ефективність видалення антибіотиків близько 90%, екологічна безпечність, можливість використання відходів рослинної маси для отримання біопалива, економічна доцільність та можливість налаштування у місцевих умовах, що робить даний метод привабливим для розвитку в різних регіонах світу.

Список використаної літератури:

1. N. Jendrzewska; E. Karwowska. The influence of antibiotics on wastewater treatment processes and the development of antibiotic-resistant bacteria. *Water Sci Technol*. 2018. Vol. 77 (9). P. 2320–2326. Available at: <https://doi.org/10.2166/wst.2018.153>.
2. Collado S., Quero D., Laca A., Diaz M. Efficiency and sensitivity of the wet oxidation/biological steps in coupled pharmaceutical wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*. 2013. Vol. 234. P. 484-490.
3. Jinlong Wang, Rui Wang, Jingqian Ma and Yongjun Sun. Study on the Application of Shell-Activated Carbon for the Adsorption of Dyes and Antibiotics. *Water*. 2022. Available at: <https://doi.org/10.3390/w14223752>.
4. Urase T., Kagawa C., Kikuta T. Factors affecting removal of pharmaceutical substances and estrogens in membrane separation bioreactors. *Desalination*. 2005. Vol. 178. P. 107-113.
5. Bellona C., Oelker G., Luna J., Filteau G., Amy G., Drewes J.E. Comparing nanofiltration and reverse osmosis for drinking water augmentation. *Journal American Water Works Association*. 2008. Vol. 100. P.102-116.
6. Oller I., Malato S., Sánchez-Pérez J.A. Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination. *Science of the total environment*. 2011. Vol. 409. P. 4141-4166.
7. Belkheiri D., Fourcade F., Geneste F., Floner D., Aït-Amar H., Amrane A. Feasibility of an electrochemical pre-treatment prior to a biological treatment for tetracycline removal. *Separation and purification technology*. 2011. Vol. 83. P. 151-156.
8. Hiroaki Habaki, Nivetha Thyagarajan, Zhuoheng Li, Shuyang Wang, Jack Zhang & Ryuichi Egashira. Removal of antibiotics from pharmaceutical wastewater using *Lemna Aoukikusa* (duckweed). *Separation Science and Technology*. 2023. Vol. 58. P. 1491–1501. URL: <https://doi.org/10.1080/01496395.2023.2195544>.
9. Balarak. Adsorption of amoxicillin antibiotic from pharmaceutical wastewater by activated carbon prepared from *Azolla filiculoides*. *Journal of Pharmaceutical Research International*. 2017. Vol. 18. P. 1–13. URL: [10.9734/JPRI/2017/35607](https://doi.org/10.9734/JPRI/2017/35607).
10. Gomes M. P., Moreira Brito J. C., Cristina Rocha D., Navarro-Silva M. A., Juneau P. Individual and combined effects of amoxicillin, enrofloxacin, and oxytetracycline on *Lemna minor* physiology. *Ecotoxicology and Environmental Safety, Elsevier*. 2020. Vol. 203. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111025>.
11. Singh V, Pandey B, Suthar S. Phytotoxicity of amoxicillin to the duckweed *Spirodela polyrhiza*: Growth, oxidative stress, biochemical traits and antibiotic degradation. *Chemosphere*. 2018. Vol. 201. P. 492–502. URL: [10.1016/j.chemosphere.2018.03.010](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.010).
12. Huang W, Kong R, Chen L, An Y. Physiological responses and antibiotic-degradation capacity of duckweed (*Lemna aequinoctialis*) exposed to streptomycin. *Frontiers in Plant Science*. 2022. Vol. 13. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1065199>.
13. Panja S, Sarkar D, Datta R. Removal of antibiotics and nutrients by Vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*) from secondary wastewater effluent. *International Journal of Phytoremediation*. 2020. Vol. 22. P. 764–773. URL: <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1710813>.