

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ДЛЯ ЗАХИСТУ ВОДОЙМ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ НЕДОСТАТНЬО ОЧИЩЕНИМИ СТІЧНИМИ ВОДАМИ**

Періодичне потрапляння недостатньо очищених стічних вод в водний об'єкт є поширеною проблемою, яка зумовлена декількома факторами. Серед них можна виділити три основних, а саме:

- зміна якості стічних вод, що поступають на очищення;
- порушення в роботі очисних споруд;
- моральна та фізична застарілість обладнання.

Внаслідок потрапляння неочищених або недостатньо очищених стічних вод значно погіршується якість води в водоймах, збільшується кількість інфекційних хвороб, пов'язаних зі споживанням неякісної води. Крім того, водні об'єкти стають непридатними для відпочинку та рибальства. До погіршення стану навколишнього середовища призводить не відповідність показників очищеної води нормативним показникам.

Особливістю міських стічних вод, які надходять після використання на побутові та виробничі потреби населених пунктів, є значна нерівномірність витрати протягом доби: в денний час витрата значно збільшується, в нічний – зменшується. До того ж в значних межах відрізняються види забруднень та їх концентрація, що обумовлено насиченістю території населеного пункту виробничими об'єктами різного призначення, житловими комплексами, інфраструктурою. Ці причини значно ускладнюють роботу очисних споруд та спричиняють періодичні порушення в режимі їхньої роботи. Результатом цього стає потрапляння в водойми недостатньо очищених стічних вод, погіршення стану навколишнього середовища [1-3]. Така ситуація створює значну небезпеку для здоров'я населення країни, негативно впливає на тривалість та якість життя.

Інформація, наведена в [4], свідчить про те, що саме комунальні підприємства скидають найбільшу кількість забруднень в водні об'єкти. Для цього є різні причини, але в тих випадках, коли концентрація забруднюючих речовин в стічних водах підвищена постійно, можна стверджувати про неспроможність очисних споруд забезпечити нормативну якість очищення. Для покращення ситуації, що склалася, існують різні шляхи. По-перше, законодавством передбачено обмеження концентрації забруднюючих речовин, які дозволено скидати в загальну систему водовідведення. Ці вимоги стосуються промислових та виробничих об'єктів. Якщо стічні води, що утворюються в процесі виробництва, містять забруднюючі речовини в концентраціях, що перевищують допустимі норми, або взагалі не допускаються до скиду в загальну систему водовідведення, на виробництві повинні використовувати локальні очисні споруди. По-друге, обов'язковим для очисних споруд є дотримання технологічного регламенту їхньої роботи. Цей документ спрямований на забезпечення нормативної якості очищення в залежності від показників стічних вод, що поступають на очищення з урахуванням можливостей обладнання. Такий регламент необхідно періодично переглядати, корегуючи його положення в залежності від розподілення стічних вод протягом доби, їх якості, кількості.

Основною проблемою очисних споруд залишається обладнання, від якого безпосередньо залежить якість очищення. Очисні споруди в нашій країні в середньому вже відпрацювали понад 60 років. За цей час відбулися зміни в якості та кількості стічних вод, значно змінилися забруднення, які вони містять. Для вирішення цієї проблеми потрібна модернізація споруд, удосконалення їхньої роботи. Однак це потребує значних коштів та часу. Існують інші шляхи вирішення. Проведені дослідження показують [5], що очисні споруди мають резерв по забезпеченню якості очищення за рахунок використання сучасних методів математичного моделювання. Їх застосування допомагає продовжувати експлуатацію обладнання, досягаючи при цьому нормативного ступеню очищення.

Метод математичного моделювання дозволяє досліджувати процеси, що відбуваються на спорудах біологічного очищення стічних вод, які включають аеротенк та вторинний відстійник. Для моделювання необхідно провести низку лабораторних досліджень, результати яких потрібні для побудови моделі процесу біологічного очищення стічних вод. Підготовка та проведення лабораторних досліджень виконана з урахуванням положень теорії планування експерименту [6]. Вона включає наступні етапи:

- визначення вхідних величин (факторів), які обумовлюють протікання процесу в складових споруди;
- кодування змінних;
- побудова план-матриці.

Результати лабораторних досліджень, які проведено на очисних спорудах м. Харкова, використано для визначення меж варіювання факторів (табл. 1) для опису процесів, що відбуваються в регенераторі аеротенка.

Таблиця 1.

Рівні варіювання факторів

Інтервал варіювання та рівень факторів	Витрата мулу, м <sup>3</sup> /хв	Доза мулу, що подається в регенератор, мг/дм <sup>3</sup>	Розчинений кисень, мг/дм <sup>3</sup>
Нульовий рівень $x_i=0$	1,1	3,5	2,2
Інтервал варіювання $\delta_i$	0,25	0,7	0,3
Нижній рівень $x_i=-1$	0,85	2,8	1,9
Верхній рівень $x_i=+1$	1,35	4,1	2,5
Кодове позначення	$x_1$	$x_2$	$x_3$

Після обробки результатів отримано моделі, які описують процеси, що відбуваються в окремих складових системи «аеротенк - вторинний відстійник». Переваги запропонованих моделей:

- можливість досліджувати процеси очищення без проведення додаткових експериментів;
- швидко отримувати результати, які необхідні для регулювання режиму роботи споруд;
- прогнозувати наслідки зміни одного з параметрів процесу.

Результат розрахунку за допомогою математичних моделей можна отримувати в вигляді чисельного значення або графічно. Користувач (наприклад, технолог комунального підприємства) може обирати найбільш зручний для себе варіант, який допоможе йому швидко оцінити перебіг процесів в регенераторі аеротенка та на виході зі вторинного відстійника, прийняти варіант очищення, який забезпечить нормативну якість очищених стічних вод. Використання запропонованих моделей дозволяє з урахуванням характеристик стічних вод, що поступають на очищення, та умов роботи споруд визначити результат очищення. Якщо він відрізняється від нормативних значень, то запропонувати зміни в технологічний регламент роботи аеротенка.

Використання математичних моделей очищення стічних вод в системі «аеротенк – вторинний відстійник» дозволяє досліджувати процеси, що відбуваються в спорудах, використовувати результати розрахунків для швидкого реагування на зміни, які відбуваються в процесі очищення, наприклад, на зміну витрати, з якою надходять стічні води, концентрацію забруднень в них. За допомогою отриманих результатів можна впливати на процес очищення та забезпечити нормативну якість очищених стічних вод. Це дозволить дотримуватися вимог щодо впливу на якість води в водоймі, яка приймає очищені води. Такі дії спрямовані на захист навколишнього середовища, а саме водного об'єкту від забруднення органічними речовинами, які надходять з недостатньо очищеними стічними водами.

#### Список використаних джерел

1. Чому вода у річках стає гіршою, або забруднення водойм як загальноукраїнська проблема. Вилучено з: <http://surl.li/llrst>
2. Екологічна ситуація та стан питних вод України. 2023. URL: <http://surl.li/alwmo>
3. У Полтаві скид невідомої речовини у каналізацію вбив активний мул на Супрунівських очисних спорудах. Вилучено з: <https://poltava.to/news/72262/>
4. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. Вилучено з: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>
5. Горносталь С., Петухова О., Головахіна А., Роменська Ю. (2023). Визначення особливостей роботи регенератора аеротенка як складової системи біологічного очищення стічних вод. Technogenic and ecological safety, 13(1/2023), 76–83. doi: 10.52363/2522- 1892.2023.1.10.
6. Нечаєв В.П., Берідзе Т.М., Кононенко В.В., Рябушенко Н.В., Брадул О.М. Теорія планування експерименту: навч. Посібник. Київ: Кондор, 2005. 232 с.