

## **ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА ПРОЄКТУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

**Гриневич А.О., Саблій Л.А.**

**КПІ ім. Ігоря Сікорського, [abarabaha@gmail.com](mailto:abarabaha@gmail.com)**

З моменту відкриття властивостей активного мулу на початку 20 сторіччя, одним із найбільш актуальних питань поставало створення динамічної моделі мулу, за допомогою якої можна було б досліджувати біологічні процеси, та вплив на них зміни показників стічної води. Протягом наступних років було створено групу математичних моделей ASM (Activated sludge model), що включали в себе узагальнення усіх попередніх досліджень у цій сфері. Такі моделі описували прогнозування приросту мулу, споживання кисню, ефективність видалення сполук азоту, фосфору, та дозволяли визначити кінетику біологічних процесів при змінних параметрах, таких як, наприклад: температура, рН, аерація, тощо[1].

Метою даної роботи є проведення аналізу сучасних моделей активного мулу та платформ, створених на їх основі, визначення задач, які вони виконують, та сфери їх практичного застосування.

Практичного застосування у біотехнологіях такі моделі набули після їх реалізації у якості комп'ютерного програмного забезпечення, у якості платформ моделювання. Найбільш відомі сучасні платформи: ASIM, BioWin, GPS-X, SIMBA, STOAT та WEST [2].

Їх застосування охоплює багато різних сфер, наприклад: оптимізація процесу очищення, що включає в себе підбір параметрів, задля зниження витрат на обслуговування або підвищення ефективності процесу; при розробці проєкту розширення та покращення існуючих очисних систем, задля прогнозування ефекту від внесених змін; розробка нових очисних споруд або методів очищення стічних вод. Оптимізація існуючих об'єктів та розробка нових проєктів – сфери, у яких дані моделі дозволяють вирішити більшість основних задач.

Отримавши основні параметри: фізико-хімічні параметри стоків та очищеної стічної води, розміри та характеристики очисних споруд, характеристику активного мулу працюючого підприємства, за застосування таких платформ можливо скоригувати зміну швидкості потоку, розмір рециркуляції, навантаження на об'єкти, витрату повітря, тривалість перебування у споруді, дозування реагентів, і, як результат, зменшити експлуатаційні витрати, та досягти необхідних кінцевих показників стічної води, без необхідності проводити зміни у конструкції споруди або додавання нових очисних споруд, тим самим знижуючи необхідність у нових грошових інвестиціях у проєкт. Аналогічно, використання комп'ютерних симуляцій дозволяє визначити ефект від введення у технологію нового процесу, або заміну одної із ланок, та підібрати необхідні параметри даного процесу, одночасно провівши такий аналіз різних технологій, які можуть бути впроваджені для можливості порівняння [2, 4].

При проєктуванні нової очисної споруди, основна роль таких комп'ютерних моделей полягає у спрощенні розрахунку основних параметрів об'єкту. Окрім

того, використовуючи такі платформи, можна порівняти альтернативні технології очистки, оцінити вплив можливих змін параметрів стічної води, включаючи нерівномірність витрат, на роботу споруди, та визначити прогнозовану ефективність такого процесу [2].

Прикладом доцільності практичної реалізації може слугувати дослідження [3], в якому було проведено калібрування комп'ютерної моделі на платформі GPS-X, на базі моделі активного мулу Mantis2 та ASM2d, використовуючи параметри очисної споруди "Wschód", Польща. У результаті роботи було визначено, що при достатньому калібруванні моделі, отримана оцінка потужності та ефективності процесу, цілком відповідає параметрам реального об'єкту, тим самим, доводячи доцільність застосування комп'ютерних симуляцій для прогнозування енергетичного балансу існуючих об'єктів, включаючи порівняння ефективності різних стратегій очистки стічних вод для видалення сполук азоту та фосфору.

Іншим прикладом практичної реалізації є дослідження [4] вчених університету Александрії, метою якого було розроблення трьох різних конфігурацій очисних станцій біологічного очищення, включаючи очищення в аеротенку, поглиблене видаленням азоту біологічним методом в процесі А/О, та використання іммобілізованих мікроорганізмів. Дослідження проводили в два етапи – розробка та розрахунок технологій та їх верифікація за використання платформи GPS-X. Як підсумок роботи, авторами зазначено, що використання даного інструменту спрощує проектування очисних станцій, допомагаючи визначити продуктивність очисних споруд в різних умовах, провести порівняння різних методів очистки та загального розуміння впливу різноманітних факторів у кожному конкретному випадку.

Підводячи підсумок, варто зазначити, що використання моделей активного мулу у вигляді комп'ютерного програмного забезпечення дозволяє спростити вирішення багатьох питань, що виникають у процесі проектування біотехнологій очищення стічних вод, вирішуючи задачі оптимізації, розробки та впровадження нових та існуючих технологій.

### **Список використаної літератури:**

1. Modeling of Wastewater Treatment Processes in Membrane Bioreactors Compared to Conventional Activated Sludge Systems / Marta Bis, Agnieszka Montusiewicz, Adam Piotrowicz, Grzegorz Łagód. // MDPI Processes. – 2019. – №7. – С. 285–296.
2. Jacek Makinia. Mathematical Modelling and Computer Simulation of Activated Sludge Systems / Jacek Makinia, Ewa Zaborowska. – London: IWA Publishing, 2020. – 670 с. – (2).
3. Jakub Drewnowski. Computer Simulation in Predicting Biochemical Processes and Energy Balance at WWTPs / Jakub Drewnowski, Ewa Zaborowska, Carmen Hernandez De Vega. // E3S Web of Conferences. – 2018. – №30. – С. 1–12.
4. Alaa Uldeen Athil Arif. Design and Comparison of Wastewater Treatment Plant Types (Activated Sludge and Membrane Bioreactor), Using GPS-X Simulation Program: Case Study of Tikrit WWTP (Middle Iraq) / Alaa Uldeen Athil Arif, Mohamed Tarek Sorour, Samia Ahmed Aly. // Journal of Environmental Protection. – 2018. – №6. – С. 636–651.