

## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ПРАКТИЦІ БІОХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

### Вступ

В наш час за умов швидкого розвитку цивілізації та неухильного збільшення чисельності населення планети відбувається постійне зростання потреб людства у енергоресурсах (третина з яких витрачається на виробництво електроенергії для забезпечення належних умов існування) та значне збільшення водоспоживання, в результаті чого зростає кількість стічних вод, що забруднюють водойми шкідливими токсичними домішками. Відповідно з кожним роком все більше вичерпуються запаси традиційних джерел енергії (вугілля, нафти, газу, урану) та скорочуються і без того обмежені резерви прісної води. Тому збереження й охорона водних ресурсів від виснаження та забруднення з урахуванням енергозберігального фактору є однією з найважливіших проблем людства.

Більшість використаних в галузях господарства вод містять органічні забруднення, видалити які в багатьох випадках можливо лише з допомогою біохімічного очищення. Отже, метою цієї роботи є аналіз способів інтенсифікації процесу біохімічного очищення стічних вод з одночасним збереженням потрібної для цього електроенергії і підвищенням його ефективності та вибір з них найбільш доцільного і перспективного.

Однією із актуальних задач в галузі очищення стічних вод є розробка технологій, заснованих на інтенсивних та енергозберігальних біохімічних методах, що забезпечують задану якість очищення.

**Визначення енергетично вигідних способів інтенсифікації процесу біохімічного очищення стічних вод**

Під час інтенсифікації очищення стічних вод збереження електроенергії відбувається за рахунок зменшення часу обробки стоків, об'єму стисненого повітря, що подається в систему аерації, скорочення його витрат, а головне – зникнення потреби у додатковому очищенні та використанні досить потужних установок.

Основними способами інтенсифікації процесу біохімічного очищення стоків, що забезпечують економію енергії, є:

- *попередня підготовка стічних вод*, до якої належать: покращення процесів первинного відстоювання за рахунок коагулювання перед подачею стічних вод в біологічні реактори, встановлення преаератора, забезпечення оптимальних параметрів повітря, що подається на аерацію, попередня обробка стічних вод озоном тощо. Спосіб знижує витрати електроенергії на 20% з одночасним підвищенням ступеня видалення органічних речовин під час подальшого біохімічного очищення до 50% [1];

- *конструктивні зміни у існуючих біореакторах*, основними з них є використання вдосконалених систем аерації [5], заміна чи додавання більш ефективного обладнання до біореакторів для перемішування, нагрівання, підживлення мулу біогенними елементами, іммобілізація активного мулу на носіях [4], застосування мембран [2], заміна завантаження у біофільтрах тощо, що дозволяє скоротити витрати електроенергії на 35...75%, підвищивши при цьому ефект очищення з БСК на 15%, з амонійним азотом на 29%, з ХСК на 87...92% [Fei Zhong-min, 2001] та зменшивши капітальні витрати на 40...50% [5];

- *вдосконалення процесу іммобілізації активного мулу на різноманітних носіях* (щебені, піску, керамічних пластинах, блоках з поліетилену, йоржах із скловолокна, базальтових волокнах, кордовій капронової тканині, перфорованій шівці тощо) сприяє збереженню енергії за рахунок того, що відпадає необхідність в рециркуляції активного мулу. Загальне зниження ХСК при цьому може сягати 70 % [4];

- *використання у біореакторах мембран*. Вважається, що одним із недоліків їх застосування є великі енерговитрати. Хоча вже існують способи, що спростовують такі переконання. Наприклад, застосовуючи конструкцію мембранного модуля, що працює під вакуумом у вигляді пакета вертикально розташованих на відстані 5...10 мм один від одного плит розміром 0,4...1,0 м можна досягти зниження питомих енерговитрат під час очищення з 3...8 до

0,15...0,4 кВт.год/м<sup>3</sup>, тобто до 13% [6]. До того ж цьому сприяє і зменшення часу очищення. Варто і далі працювати у напрямку скорочення витрат електроенергії при використанні мембран, адже при їх застосуванні відбувається значне зменшення розмірів площ, які займають біологічні реактори, а ефективність очищення з їх допомогою становить: з ХСК- 80...90%, з БСК- 98,7...99,7%, з амонійним азотом- 98,5...99,8%, що є недосяжним для традиційних споруд біологічного очищення [2];

- *біосорбція* вигідна з енергетичної точки зору в основному через зниження часу обробки стічних вод, якому сприяє збільшення продуктивності та окислювальної потужності реактору. Це відбувається за рахунок поєднання в одній споруді процесів сорбції забруднювачів та їх окислення іммобілізованими на поверхні носія мікроорганізмами [4]. Зазвичай як сорбент використовується активоване вугілля, хоча через його дороговизну варто застосовувати дешевше природне мезопористе вугілля, виявлене в деяких пластах Донецького басейну, запаси якого складають десятки мільйонів тонн;

- *додання флокулянтів, коагулянтів, інших активуючих речовин* та їх сумішей дають змогу скоротити кількість використаної енергії до 45% за рахунок зменшення часу очищення до 1,5...2 години шляхом перетворення колоїдних органічних забруднень в тверді домішки та інтенсифікації розвитку мікроорганізмів [10]. При цьому на 20...60% підвищується ефективність очищення з ХСК, БСК та сполуками азоту, значно зменшується приріст надлишкового активного мулу та в 1,5 рази збільшується продуктивність очисних споруд [9];

- *ультразвукова обробка* знижує витрати енергії на аерацію на 10...20%. При цьому витрати на реалізацію методу становлять 2,7...3,5% від затрат електроенергії на аерацію та рециркуляцію мулу [8]. Це відбувається внаслідок скорочення часу аерації, підвищення активності мулу в 1,5... 4 рази та окислювальної активності аераційних біореакторів в 2,2...3,2 рази. Окрім зменшення енерговитрат, відбувається зниження вмісту амонійного азоту на 40...45%, ХСК на 20...25%, БСК до 90% [4], приросту біомаси на 30...50% [Закиров Р. А. та ін., 2003];

- *озонування* сприяє збереженню енергії внаслідок зменшення часу перебування стічних вод у споруді за рахунок вивільнення ферментів з клітин мікроорганізмів, що збільшує інтенсивність проходження процесів у біореакторах. Одночасно з цим підвищується ефективність очищення стоків з ХСК до 93%, БСК і амонійного азоту - на 80...95% та значно зменшується приріст надлишкового активного мулу [7];

- *хімічний мутагенез*. Сприяє економії електроенергії завдяки збільшенню швидкості процесу очищення, адже мутагенна обробка лише 0,00001...0,000001 частини активного мулу підвищує ступінь очищення в 2...10 разів. Причому за відсутності різких коливань концентрацій забруднень в стоках позитивний вплив такої обробки може спостерігатися протягом багатьох місяців [4];

- *автоматизація контролю, управління та регулювання процесом біохімічного очищення* шляхом регулювання дози активного мулу та ступеня його рециркуляції, концентрації розчиненого кисню та необхідних біогенних елементів тощо зменшує використання електричної енергії, яка витрачається на аерацію, в 1,4...1,8 рази в основному за рахунок скорочення витрат повітря, що з урахуванням витрат на саму автоматизацію становить 25%. Одночасно з цим досягається зниження вмісту в аеротенках сполук нітрогену і фосфору до 90%, БСК до 85%, ХСК до 80% [3].

Величину зниження витрат електроенергії та ефективність видалення основних забруднень внаслідок застосування найбільш ефективних способів інтенсифікації процесу біохімічного очищення стічних вод наведено у табл. 1 та проілюстровано на рис. 1.

Нами провадяться дослідження в лабораторних умовах щодо впливу на ефективність біохімічного очищення розташування завантаження для іммобілізації біомаси в різних зонах аеротенку та використання в очищенні мікроорганізмів активного мулу, що попередньо піддаються деструкції нагріванням, з метою визначення ступеня доцільності впровадження на очисних станціях.

Окрім вигаду в енергетичному та екологічному планах, всі вищезгадані методи дають і економічний ефект, що полягає в зниженні капітальних витрат на будівництво очисних споруд на 35...50% та зменшенні площ, які займають споруди на 30...40%, підвищенні окислювальної потужності існуючих реакторів без значних витрат на їх реконструкцію, зменшенні часу на очищення, істотному підвищенні його надійності при залпових надходженнях забруднень, відсутності потреби в додатковому очищенні.

Таблиця 1

Значення ефективності видалення БСК, ХСК, амонійного азоту та витрат електроенергії під час традиційного процесу біохімічного очищення стоків та під час його інтенсифікації

	Підвищення ефективності видалення забруднень, %			Зменшення витрат електричної енергії, %
	БСК	ХСК	Амонійний азот	
<b>Традиційне біохімічне очищення</b>				
до 50	до 60	35 ... 50	0	
<b>Інтенсифіковане біохімічне очищення:</b>				
з попередньою підготовкою стічних вод	до 50	до 50	до 85	до 20
за умов конструкційних змін у біореакторах	до 65	87 ... 92	65 ... 80	35... 75
з використанням мембранних технологій	98,7... 99,7	80... 90	98,5... 99,8	до 13
з додаванням коагулянтів, флокулянтів	20... 60	20... 60	20... 60	до 45
з ультразвуковою обробкою	до 90	20... 25	40... 45	10 ... 20
з озонуванням стоків	80 ... 95	до 93	80 ... 95	—
з автоматизацією біохімічного очищення	до 85	до 80	до 90	—

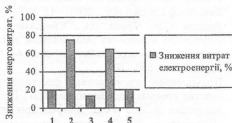
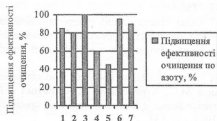
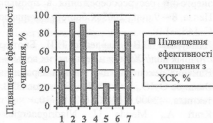
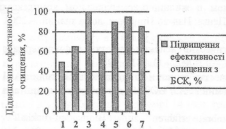


Рис. 1. Максимальне підвищення ефективності біохімічного очищення внаслідок його інтенсифікації та зниження витрат енергії:

- 1 – попередня підготовка стоків;
- 2 – конструкційні зміни у біореакторах;
- 3 – використання мембран;
- 4 – додавання коагулянтів і флокулянтів;
- 5 – ультразвукова обробка;
- 6 – озонування;
- 7 – автоматизація біохімічного очищення

**Висновки**

1. Очищення стоків не є виключенням із більшості галузей промисловості, які споживають велику кількість енергії. Тому в умовах швидкого виснаження енергоресурсів під час інтенсифікації процесу очищення слід приділяти увагу збереженню якнайбільшої кількості енергії.
2. Проведений аналіз способів інтенсифікації біохімічного очищення стоків показав, що найбільш енергетично вигідними та екологічно доцільними з них є впровадження конструкційних змін у біореакторах (серед яких досить перспективним є застосування мембран) та додавання коагулянтів і флокулянтів.
3. Під час інтенсифікації процесу очищення відбувається зниження витрат електроенергії на 13...75% та вмісту органічних речовин до 60...99,8%. Окрім того, спостерігається зменшення приросту надлишкової біомаси на 30...80%, габаритів очисних споруд та часу очищення і скорочення на 35...50% експлуатаційних та капітальних витрат.

**Література**

1. Интенсификация работы аэротенков путем повышения эффективности первичного отстаивания сточных вод/ Гришин Б.М., Андреев С.Ю., Ишева Н.П., Чупраков Е.Г.// 4 Международная научно-практическая конференция «Проблемы энерго- и ресурсосбережения в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах», Пенза, 8 – 9 апр., 2003: Сборник материалов. – Пенза: Изд-во Приволж. дома знаний. – 2003. – С. 150 – 151.
2. Швецов В.Н., Морозова К.М., Нечаев И.А. Теоретические и технологические аспекты применения биомембранных технологий глубокой очистки сточных вод// Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – №12. – С. 25 – 30.
3. Сокращение затрат на эксплуатацию аэротенков-вытеснителей за счет оперативного управления параметрами системы аэрации/ Гришин Б.М., Андреев С.Ю., Савицкий Е.А., Хазов С.Н., Гаврина Е.В.// 4 Международная научно-практическая конференция «Проблемы энерго- и ресурсосбережения в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах», Пенза, 8 – 9 апр., 2003: Сборник материалов. – Пенза: Изд-во Приволж. дома знаний. – 2003. – С. 148 – 149.
4. Изжеурова В.В., Павленко Н.И. Биотехнологические аспекты очистки нефтесодержащих сточных вод// Химия и технология воды. – 1995. – 17, №2. – С. 181 – 197.
5. Влияние реконструкции систем аэрации на качество очистки сточных вод/ Щетинин А. И., Вавилов О. Ю., Есин А. М., Булгаков В. В., Блюмин Г. А.// ВОТ: Водоснабжение и санитарная техника. – 2000. – № 12. – С. 9 – 10.
6. Kraft A., Mende U. Niedrigenergie. Membranverfahren zum Biomassen-ruckhalt in Abwasserreinigungsanlagen// F and S: Filtr. und Separ. – 1995. – 9, № 6. – С. 244, 245 – 246, 248 – 250, 252 – 254.
7. Treating both wastewater and excess sludge with an innovative process / He Sheng-bing, Wong Bao-zhen, Wang Lin ets.// Sci. – 2003. – 15, № 6. – С. 749 – 756.
8. Яковлев С.В., Троян О.С., Свердлов А.А. Опыт эксплуатации гидродинамических излучателей в условиях модернизации действующих очистных сооружений биологической очистки сточных вод// ЭКВАТЭК-2000: 4-й Межд. Конгр. «Вода: экол. и технол.». Тез. докл. – М., 2000. – С. 600 – 601.
9. Использование отечественных флокулянтов для интенсификации процесса биологической очистки сточных вод/ Барабанов В.П., Габутдинов М.С., Курмаева А. И., Фатыхова Ф.В., Асадуллин А.З.// 3 Респ. Конференция по интенсификации нефтехимических процессов «Нефтехимия – 94»: Тез. докл. – Нижнекамск. – 1994. – С. 133.
10. Доскина Э.П., Ксенофонтов В.А., Мягкая Т.М. Интенсификация работы сооружений по уплотнению и обезвоживанию осадков городских сточных вод// Экол. и безопас. жизнедеятельности: Матер. Междунар. науч. Симпозиум в рамках Междунар. Конгр. «Экология, жизнь, здоровье», Волгоград, 1996. Ч. 2. – Волгоград. – 1996. – С. 108 – 110.