

\bar{X}_i – середній вміст i -го компоненту у пробах, %.

В експериментах визначили вміст у пробах води хлору, при цьому мали на увазі, що коагулянт, який вводиться у воду через аналогічний коректор, розташований поруч із колектором для вводу хлору, диспергує у воді аналогічно хлору.

Для наглядності побудовані графіки, на яких представлені залежності рівня диспергування хлору у воді від кількості відбиваючих пластин, кута нахилу жолоба, швидкості руху води.

Висновки. Установлено залежність рівня диспергування коагулянту і хлору у Дніпровській воді при транспортуванні її по жолобу з відбиваючими пластинами: на кожний потік вода змінює напрям руху на 90° . При цьому змінювали кількість відбиваючих пластин, швидкість руху води у жолобі і умови внесення у воду хлору і коагулянту. Прийнято середнє квадратичне відхилення змісту компоненту у пробах води. Виведено рівняння для визначення рівня диспергування як окремих компонентів у воді, так і їх взаємного розподілу.

Запропоновані заходи щодо покращення диспергування хлору і коагулянту у воді при її очищенні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Альжанова Б.С. Математическое моделирование получения полимерных флокулянтов для очистки сточных вод / Б.С.Альжанова, Л.М.Сатаева, Б.С.Шакиров // Вода. Технология и экология. – 2008. – №4. – С.169-175.
2. Изменение общей токсичности растворов катионов ПАВ при озонировании, УФ – облучении и ОЗ/УФ-обработке / В.В.Гончарук, В.Ф.Вакуленко, Ю.О.Швадчина [и др.] // Химия и технология воды. – 2007. – №6. – С.515-526.
3. Естественная биорегенерация активных углей в фильтрах доочистки питьевой воды при их длительной эксплуатации / В.В.Гончарук, И.П.Козятник, Н.А.Клименко, Л.А.Савчина // Химия и технология воды. – 2007. – № 6. – С.546-558.
4. Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Рябчиков Б.Е. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328с.
5. Косолапов А.Е. Моделирование водохозяйственных балансов /Косолапов А.Е., Никоноров В.В., Лагута М.И. // Новочеркасск: ПроИздат, 2008 – 328с.

УДК 628.3:519.6

ІВАНЧЕНКО А.В., к.т.н., старший викладач
ВОЛОШИН М. Д., д. т. н., професор
МАКАРЧЕНКО Н.П.*, к.т.н., доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет
*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»,
м. Дніпропетровськ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЕОМ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИДАЛЕННЯ ФОСФАТІВ З МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД БІОЛОГІЧНИМИ МЕТОДАМИ

Вступ. В останні роки однією з головних проблем в області очищення міських стічних вод є розробка ефективної технології видалення неорганічних фосфатів, що викликають евтрофікацію водних об'єктів, яка призводить до заростання водойм та вимирання риби.

Особливо це стосується лівобережних очисних споруд м. Дніпродзержинська, на які стічні води потрапляють з підвищеним вмістом фосфатів (вище 20 мг/дм^3), в той час як ступінь видалення цих сполук при застосуванні діючої технології біологічної очистки в середньому становить 15 мг/дм^3 і перевищує допустиму норму України ($3,5 \text{ мг/дм}^3$) в 4 рази [1].

Метод біологічної очистки набув широкого поширення для видалення забруднень із промислових та комунально-побутових стоків [2-4]. Цей метод заснований на здатності мікроорганізмів використовувати в якості живильного субстрату багато органічних і деяких неорганічних сполук, що містяться у стічних водах.

Принцип біологічного очищення стічних вод від фосфору (біологічної дефосфатації) базується на створенні умов для розвитку в складі активного мулу "фосфорних" бактерій (Р-бактерій або РАОs – polyphosphate accumulating organisms). Для цього в системі біологічного очищення виділяють анаеробні й аеробні зони, які по черзі проходять активний мул [5].

Для нормального процесу синтезу клітинної речовини, а отже, і для ефективної очистки стічної води, в середовищі повинна бути достатня концентрація всіх основних елементів живлення активного мулу: органічного вуглецю (БСК), азоту та фосфору [6].

Достатність елементів харчування для бактерій у стічних водах визначається співвідношенням БСК : N : P (азот амонійних солей і фосфор у вигляді розчинених фосфатів). Відповідно до рекомендацій СНіП П-32-74 при обробці міських стічних вод співвідношення БСК_{повн} : N : P повинне бути не менше 100 : 5 : 1. Можна підрахувати, що в міських стічних водах лівобережних очисних споруд м. Дніпродзержинська, що надходять на біологічну очистку, це співвідношення відхиляється від норми. І саме тому ефективність очистки стічної води від фосфатів на цих спорудах на стадії біологічного видалення є низькою. Використовуючи біологічні методи, можливо знизити вміст фосфатів лише на 2-3 мг від вихідного.

Постановка задачі. Нами була поставлена задача створити рівняння, яке описує процес біологічного видалення сполук фосфору в аеротенку, використовуючи основні параметри його роботи на лівобережних очисних спорудах м. Дніпродзержинська протягом року, та показати, які саме параметри впливають на цей процес. Для математичного описання роботи аеротенку було застосовано програму STATISTICA [7].

Результати роботи. Для розробки математичної моделі процесу біологічної очистки стічної води від фосфатів отримані дані основних параметрів роботи аеротенку лівобережних очисних споруд м. Дніпродзержинська протягом року (табл.1), на базі яких знайшли ступінь залежності між параметрами роботи або кореляцію. Діапазон параметрів та прийняті позначення при створенні математичної моделі впливу параметрів роботи аеротенку на ефективність видалення фосфатів зі стічної води надано у табл.2.

За наведеними даними, використовуючи метод найменших квадратів, отримані нелінійні рівняння. Математичне рівняння для концентрації фосфатів на виході з аеротенку, отримане нами, має вигляд:

$$y_{\text{Ф}} = 12,702279 + 0,011189(x_{\text{ХСК}}) - 0,005585(x_{\text{ОдхВд}}) + 0,01056(x_{\text{ВдхБСК}}), \quad (1)$$

де $y_{\text{Ф}}$ – концентрація фосфатів на виході з аеротенку, мг/дм^3 ;

$x_{\text{ХСК}}$ – хімічне споживання кисню на вході в аеротенк, $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$;

$x_{\text{Од}}$ – об'ємна доза мулу, мл/дм^3 ;

$x_{\text{Вд}}$ – вагова доза мулу, г/дм^3 ;

$x_{\text{БСК}}$ – біологічне споживання кисню на вході в аеротенк, $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$.

Таблиця 2 – Діапазон параметрів та прийняті позначення при створенні математичної моделі впливу параметрів роботи аеротенку на ефективність видалення фосфатів зі стічної води

Параметри	Характеристика	Назва параметра	Позначення	Діапазон			
				min	M	max	
Вхідні, x	Стоків в аеротенку	Температура, С°	xT	9	16,50	24	
		pH, на вході в аеротенк	x pH	6,8	7,00	7,35	
		Нітрати, мг/дм ³	xНа	21,2	62,37	92,9	
		Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³	xPO	1,16	4,25	8,81	
		Фосфати, мг/дм ³	xФ	10,05	15,44	20,77	
		Об'ємна доза мулу, мл/дм ³	xОд	50	194,31	470	
		Вагова доза мулу, г	xВд	0,41	1,34	3,21	
		Муловий індекс, мл/дм ³	xМи	84	193,64	836	
		ХСК, мгО ₂ /дм ³	xХСК	144,9	249,9	356,4	
		БСКповн, мгО ₂ /дм ³	xБСК	83	133,7	211	
Вихідні, у	Стоків після аеротенку	Температура, С°	yT	2	13,53	24	
		pH, після очистки в аеротенку	ypH	6,89	7,24	7,81	
		Нітрати, мг/дм ³	yНа	20,7	53,09	90,3	
		Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³	yPO	3,04	6,18	11,08	
			Фосфати, мг/дм ³	yФ	11,1	15,71	19,1
	Показники роботи аеротенку		ХСК, мгО ₂ /дм ³	yХСК	46	56,13	66
		БСКповн, мгО ₂ /см ³	yБСК	5,8	7,19	10,07	

Видно, що процес видалення фосфатів зі стічної води залежить від таких параметрів як об'ємна та вагова дози мулу, а також ХСК та БСК.

При цьому хімічне споживання кисню на виході з аеротенку (уХСК) визначаємо з рівняння:

$$\begin{aligned}
 y_{\text{ХСК}} = & 72,607838 + 0,680328(x_{\text{Од}}) - 88,010918(x_{\text{Вд}}) - 0,505667(x_{\text{Ми}}) + \\
 & + 0,472582(x_{\text{ХСК}}) - 0,911573(x_{\text{БСК}}) - 0,003163(x_{\text{Од}}x_{\text{ХСК}}) + 0,171430(x_{\text{Вд}}x_{\text{Ми}}) + \\
 & + 0,263762(x_{\text{Вд}}x_{\text{ХСК}}) + 0,002605(x_{\text{Ми}}x_{\text{ХСК}}) - 0,001493(x_{\text{Ми}}x_{\text{БСК}}) + \\
 & + 0,004596(x_{\text{ХСК}}x_{\text{БСК}}) + 5,521303(x_{\text{Вд}})^4 - 0,002409(x_{\text{ХСК}})^2, \quad (2)
 \end{aligned}$$

де уХСК – хімічне споживання кисню на виході з аеротенку, мгО₂/дм³;
xМи – муловий індекс, мл/дм³.

Рівняння для знаходження біологічного споживання кисню на виході з аеротенку (уБСК), що отримане нами, має вигляд:

$$\begin{aligned}
 y_{\text{БСК}} = & - 10,669663 - 0,458178(x_{\text{Од}}) + 29,599182(x_{\text{Вд}}) + 0,164188(x_{\text{Ми}}) + \\
 & + 0,061556(x_{\text{БСК}}) + 0,059057(x_{\text{Од}}x_{\text{Вд}}) + 0,000575(x_{\text{Од}}x_{\text{Ми}}) + 0,000165(x_{\text{Од}}*x_{\text{ХСК}}) + \\
 & + 0,000569(x_{\text{Од}}x_{\text{БСК}}) + 0,143317(x_{\text{Вд}}x_{\text{Ми}}) - 0,017353(x_{\text{Вд}}x_{\text{ХСК}}) - \\
 & - 0,071129(x_{\text{Вд}}x_{\text{БСК}}) - 0,000442(x_{\text{Ми}}x_{\text{БСК}}) - 0,00019(x_{\text{Од}})^4 - 4,311111(x_{\text{Вд}})^4 - \\
 & - 0,000274(x_{\text{Ми}})^4, \quad (3)
 \end{aligned}$$

де уБСК – біологічне споживання кисню на виході з аеротенку, мгО₂/дм³.

Оцінити якість апроксимації по всій множині даних, за якою визначались рівняння (1-3), можна по середній відносній похибці апроксимації окремого вимірювання, яка визначається у відсотках за формулою [7]:

$$\Delta y\% = \frac{\sum_{i=1}^N |\varepsilon_i|}{N}, \quad (4)$$

де ε_i – відносна похибка апроксимації;

N – кількість експериментів.

Рівняння, які отримані нами за допомогою програми STATISTICA, дозволяють визначити вихідні значення уХСК (хімічного споживання кисню на виході з аеротенку) та уБСК (біологічного споживання кисню на виході з аеротенку) з середньою відносною похибкою меншою 4%, а уФ (концентрації фосфатів на виході з аеротенку) – меншою 7%.

Висновки. На основі аналізу літературних даних зроблено висновок, що співвідношення БСК : N : P в аеротенку повинно бути не менше 100 : 5 : 1. На лівобережних очисних спорудах м. Дніпродзержинська воно не виконується й тому, використовуючи біологічні методи, можливо знизити вміст фосфатів лише на 2-3 мг від вихідного. За допомогою ЕОМ зроблено математичну обробку даних основних параметрів роботи аеротенку лівобережних очисних споруд м. Дніпродзержинська протягом року, одержано рівняння для знаходження концентрації фосфатів на виході з аеротенку. Виявлено основні чинники, які впливають на процес біологічного видалення фосфатів зі стічної води, а саме хімічне споживання кисню (ХСК) і біологічне споживання кисню (БСК) на вході в аеротенк, об'ємна та вагова доза мулу на вході в аеротенк. На основі математичної обробки встановили, що підтримання на належному рівні вмісту органічних речовин в аеротенку, а також необхідної дози мулу призведе до стабілізації процесу біологічного видалення фосфатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Волошин М.Д. Обстеження очисних споруд з рекомендаціями по удосконаленню їх роботи / М.Д.Волошин, А.В.Іванченко, І.М.Корнієнко // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: IV Міжнар. наук.-практ. конф., 8-12 вересня 2008 р.: зб. наук. статей. – Х.: Райдер, 2008. – С.309-314.
2. Басова Т.А. Интенсификация биологической очистки сточных вод / Т.А.Басова. – К.: Наук. думка, 1988. – 63с.
3. Ковалева Н.Г. Биохимическая очистка сточных вод предприятий химической промышленности / Н.Г.Ковалева, В.Г.Ковалев. – М.: Химия, 1987. – 160с.
4. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води / Запольський А.К. – К.: Вища школа, 2005. – 671с.
5. Мешенгиссер Ю.М. Удаление азота и фосфора при ступенчатой денитрификации и пневматическом перемешивании / Ю.М.Мешенгиссер, А.И.Щетинин, Р.А.Галич, В.К.Михайлов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – № 7. – С.42-46.
6. Яковлев С.В. Коммунальное водоотведение и очистка сточных вод / С.В.Яковлев, Ю.М.Ласков, Я.П.Карелин. – М.: Стройиздат, 1996. – 591с.
7. Бобровиков В.П. Популярное введение в программу STATISTICA / В.П.Бобровиков. – М.: КомпьютерПресс. – 1998. – 267с.