

## Сторінка молодого вченого

УДК 504.03:711.43

**Т.П. Василюк**

аспірант

Державний агроекологічний університет

### **БІОЛОГІЧНИЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ПОБУТОВИХ МІСЬКИХ СТОКІВ**

*Представлені результати вивчення особливостей водної рослини роду *Eichornia* та її здатності знижувати вміст хімічних сполук і інгредієнтів у водних розчинах з метою інтенсифікації процесу очищення побутових стоків. Стаття містить коротку характеристику очисних споруд м. Житомир, схему очищення стічних вод, якісний склад стоку, який поступає на очисні споруди. Проведена оцінка гідроботанічного очищення стоку за показником відсотка вилучення з водного розчину інгредієнтів і сполук рослинами роду *Eichornia*.*

#### **Актуальність теми**

Проблема очищення стічних вод з міських територій визначає ступінь добробуту усіх водних об'єктів. Існуюча система відведення і очищення поверхневих стічних вод (на прикладі м. Житомира) включає в себе водостічну мережу довжиною 400 км, магістральні та річкові колектори великого діаметру, відкриті ділянки русел малих річок та струмків, руслові водойми та ставки-регулятори зі складними гідротехнічними елементами, а також 21 станцію перекачки і дві ділянки очисних споруд на кінцевих водостоках перед їх скидом у відкриті водні об'єкти (р. Тетерів). Ці споруди, через які проходить приблизно половина об'єму відведених стічних вод відрізняються за принципом роботи, пропускною здатністю і ефективністю очищення. Однак їх об'єднує одне: недосконалість закладених в них технічних рішень і, як наслідок, – недостатній за нормативними вимогами сьогодення ступінь очищення стічних вод від забруднюючих речовин. Але слід зазначити, що основну масу міських очисних споруд почали будувати в якості перших експериментальних, починаючи з 60 років минулого століття; працюють вони і сьогодні, а закладені в них проектні рішення забезпечують вилучення лише зважених часток і нафтопродуктів але не відповідають завданням забезпечення очищення за такими інгредієнтам, як група азоту, хлориди, сульфати і ряд важких металів, вихідний вміст яких в поверхневих водах перевищує нормативний.

Схема очищення полягає у наступному: стоки поступають на очисні споруди, потім у каскад відстійників, де відбувається процес осідання зважених часток на дно відстійника і біологічне розкладання інгредієнтів, що знаходяться в стоках (рис.1). Однак цей процес не дає можливості

очистити стоки до рівня гранично-допустимої концентрації (ГДК), оскільки відстійники не мають гідравлічного замка.

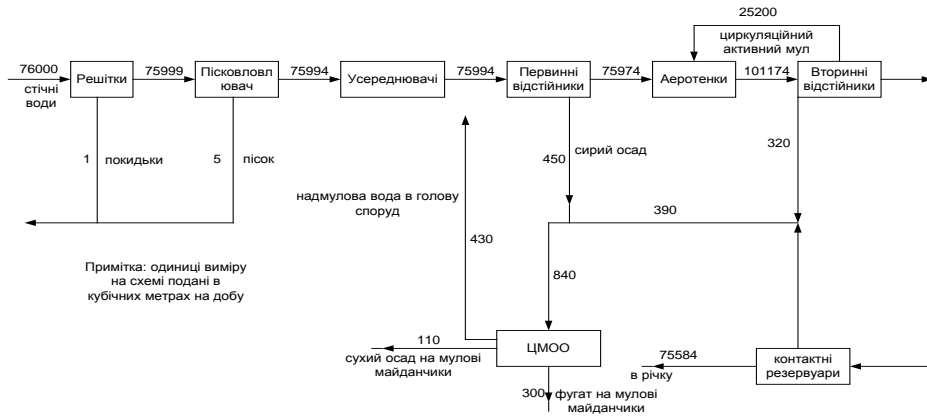


Рис. 1. Схема очистки стічних вод

Отже, очистка стоку залишається актуальною проблемою. Підвищення ефективності очищення необхідно проводити, застосовуючи нові технології.

#### Аналіз останніх досліджень

Одними з найбільш нових у даній сфері методів є такі, що базуються на застосуванні на ставках-відстійниках гідроботанічного способу доочистки стічних вод з використанням вищої форми водної рослинності. Відомо, що в природних умовах існує багато рослин, які очищують воду в болотах, ставках і озерах. Багато досліджень було проведено вченими Англії, які для очищення стічних вод використовували осоку, очерет, тростину, іриси та інші рослини. У 1989 році в Англії Швер та Клаузен спробували очистити стічні води пропусканням їх через шар глинистого ґрунту, засадженого травами (мятлик та ін) [1]. Сен Асіт провів дослідження щодо поглинання міді з водних розчинів за допомогою широко розповсюдженої у водоймах Індії вільноплаваючої рослини *Salvinia natans*, а у 1990 році неподалік від Діснейленду (шт. Флорида, США) проводяться дослідження способів очистки міських стічних вод з використанням вищих водних рослин, зокрема водного гіацинту [2; 3]. Досвід застосування біотехнологій при очистці стічних вод у країнах Заходу, США, Росії та Японії стали першопричиною для проведення подібних досліджень в Україні [4; 5; 6; 7].

#### Методика досліджень, матеріали і об'єкти

Дослідження щодо застосування рослин роду Ейхорнії для доочистки и очистки стічних вод проводилися в умовах Ботанічного саду Державного

агроекологічного університету та міських очисних споруд м. Житомира протягом 2005–2006 років.

Для проведення досліджень були використані очисні споруди: відстійник площею 120 м<sup>2</sup> та глибиною 7 м, які не мають гідравлічного замка з концентрацією стоків, що дозволяє активно вегетувати Ейхорнії. Паралельно дослідження проводилися шляхом фізичного моделювання аерованих ставків-відстійників зі скляними стінами, площею 0,25 м<sup>2</sup> з гідравлічним замком, що не дозволяє дренувати стокам у ґрунт (рис.2.).

Під час проведення досліджень у роботі використовувався загальний стік, що поступає на Житомирські очисні споруди, об'єднує стоки трьох потоків з головної насосної станції, з каналізаційної насосної станції паперової фабрики, заводу силікатних виробів, каналізаційної насосної станції «Селецька», льонокомбінату та промислового вузла. Якісний склад стоку наведений у табл. 1.

Таблиця 1. Характеристика стоку

Показник	Характеристика, вміст	Показник	Характеристика, вміст
Температура, °С	45±2	Нітрити, мг/л	2,8–3,5
pH	2–6	Нітрати, мг/л	1,6–2,4
Розчинений кисень, мгО <sub>2</sub> /л	Немає	Фосфати, мг/л	5,0–8,5
Твердість, ммоль.екв./л	7,5	Сульфати, мг/л	700,0–500,0
БСК, мгО <sub>2</sub> /л	78–130	Залізо, мг/л	0,1–3,0
ХСК, мгО <sub>2</sub> /л	350–700	Хлориди, мг/л	260,0–400,0
Азот амонійний, мг/л	18,8–42,0	Завислі речовини мг/л	400–100

Ейхорнію висаджували на трьох штучних водоймах 20 травня 2005 року, на відстійнику міських очисних споруд – 20 квітня 2006 року. При цьому у штучні водойми висаджено по 10 рослин середнього розміру у кожен, що зайняло близько 80 % поверхні. Через кожні п'ять днів воду у водоймі міняли, а рослини, що вирости протягом тижня, вилучалися. У відстійник міських очисних споруд було висаджено 80 рослин різного віку, що зайняло 5 % поверхні. Протягом періоду вегетації (травень–жовтень) брали проби води, очищеної з допомогою Ейхорнії. Щоденно фіксували температуру води та повітря. Якісний стан води визначали в лабораторії Житомирської міської санітарно-епідемічної станції, акредитованої Держстандартом України.

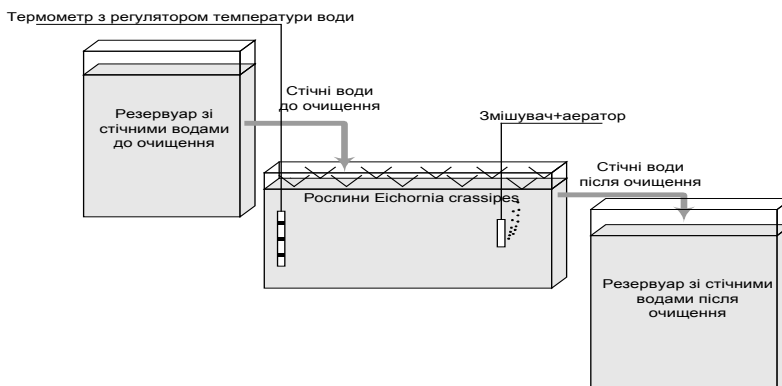


Рис. 2. Схема штучної моделі аерованого ставка-відстійника

### Результати досліджень

Найбільш активна вегетація рослин була у відстійнику міських очисних споруд. У цій водоймі постійно відбувається надходження води з підвищеною концентрацією більшості інгредієнтів. У даному відстійнику розміри рослин за діаметром надводної частини сягали 50 см (2006 рік). Спостерігалася також відмінність забарвленості листя – воно було темно-зеленого насиченого кольору. Рослини дуже швидко та у великій кількості утворювали бічні пагони з дочірніми рослинами, максимальний приріст становив до 15 штук на одиницю розсади на місяць. Різницю в показниках розмірів, швидкості приросту, забарвлення, кращого зовнішнього вигляду можна пояснити тим, що у відстійниках є багато речовин органічного походження. У відстійниках штучного походження органічних речовин менше, однак більше речовин мінерального походження (солей калію, кальцію, магнію, натрію). Рослини Ейхорнії в штучних водоймах були яскраво зеленого кольору, діаметр рослин рідко сягав 35 см. Приріст рослин на одиницю розсади – 8–10 штук.

Проведена оцінка гідроботанічної очистки стоку за показником проценту вилучення з водного розчину інгредієнтів свідчить про високу ефективність використання Ейхорнії (табл. 2).

Найбільший показник вилучення хімічних сполук характерний для аміачного азоту –  $61,9 \pm 4,2\%$ , фосфатів –  $52,2 \pm 4,2\%$ , заліза –  $48,7 \pm 3,1\%$ , ефективно вилучалися синтетичні поверхнево-активні речовини –  $47,8 \pm 3,8\%$ , сульфати –  $43,0 \pm 1,8\%$ , зважені речовини –  $40,4 \pm 4,1\%$ . З усіх вивчених хімічних сполук найменше вилучалися хлориди –  $22,0 \pm 1,1\%$ . Ефективно покращувалися показники стічних вод: хімічне споживання кисню (ХСК) –  $39,5 \pm 4,1\%$  та біологічне споживання кисню (БСК) –  $45,9 \pm 4,9\%$ .

Всі показники мали велику мінливість вилучення. Коефіцієнти варіації сягали 21–50 %, а показники варіювання ХСК та БСК були відповідно – 51,2 і 52,3 %.

Таблиця 2. Варіаційно-статистична оцінка вилучення хімічних елементів та сполук з водного розчину Ейхорнією (% від початкового вмісту)

Показник оцінки	Зважені речовини, мг/л	ХСК, мгО <sub>2</sub> /л	БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	NH <sub>4</sub> , мг/л	Хлориди, мг/л	Фосфати, мг/л	Залізо загальне, мг/л	СПАР, мг/л	Сульфати, мг/л
Середнє	40,4	39,5	45,9	61,9	22,0	55,2	48,7	47,8	43,0
Стандартна похибка	4,1	4,1	4,9	4,2	1,1	4,2	3,1	3,8	1,8
Стандартне відхилення	20,0	20,2	24,0	20,6	5,5	20,5	15,3	18,6	9,0
Дисперсія вибірки	400,9	408,6	575,1	425,3	30,7	419,1	235,4	344,8	81,2
Мінімум	12,8	3,8	6,6	11,0	14,5	17,7	20,6	11,1	14,0
Максимум	74,8	69,2	73,8	99,0	35,6	83,9	80,0	72,3	55,1
Коефіцієнт варіації	49,6	51,2	52,3	33,3	25,1	37,1	31,5	38,8	21,0

Таблиця 3. Математико-статистична оцінка даних вилучення хімічних елементів та сполук з водного розчину Ейхорнією (% від початкового вмісту)

Функція	Область визначення функції	Тіснота зв'язку (r±m)	Рівняння залежності	Похибка рівняння (±m)
Зважені речовини, мг/л	12,8<3P>74,8	r = 0,87	3P = 1,3199t - 65,151	9,7
Хлориди, мг/л	14,5<Cl>35,6	r = 0,69	Cl = 0,016t <sup>2</sup> - 2,264t + 97,98	4,0
Сульфати, мг/л	14,0<S>55,1	r = 0,84	S = 0,0012t <sup>3</sup> - 0,312t <sup>2</sup> + 26,392t - 694,91	16,2
Фосфати, мг/л	17,7<F>83,9	r = 0,85	F = 0,0014t <sup>3</sup> - 0,3297t <sup>2</sup> + 26,41t - 674,26	15,6
NH <sub>4</sub> , мг/л	11,0<NH <sub>4</sub> >99,0	r = 0,81	NH <sub>4</sub> = 96,625Ln(t) - 360,18	12,1
Залізо загальне, мг/л	20,6<Fe>80,0	r = 0,77	Fe = 0,0011t <sup>3</sup> - 0,262t <sup>2</sup> + 21,269t - 541,74	8,9
СПАР, мг/л	11,1<SP>72,3	r = 0,89	SP = 0,0002t <sup>2,7811</sup>	11,8
ХСК, мгО <sub>2</sub> /л	3,8<X>69,2	r = 0,92	X = 2E-06t <sup>3,8438</sup>	14,4
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	6,6<B>73,8	r = 0,92	B = -0,0016t <sup>3</sup> + 0,3728t <sup>2</sup> - 26,124t + 589,8	24,1

Кореляційно-регресійний аналіз даних вилучення дозволив виявити головний фактор, що визначає ефективність вилучення інгредієнтів стічних вод – суму активних температур повітря. Аналіз даних показує, що між сумою активних температур та відсотком вилучення хімічних сполук за допомогою Ейхорнії за усіма показниками існують зв'язки при коефіцієнтах кореляції  $r = 0,77...0,92$ , які можна охарактеризувати як

високі та дуже високі (див. табл.3). Лише за вилученням хлоридів зв'язок при коефіцієнті кореляції  $r = 69$  можна охарактеризувати як значний.

З підвищенням середньої добової температури повітря та тривалості світлового дня інтенсивність вилучення інгредієнтів з водного розчину зростає та досягає максимуму у теплі літні місяці – липень та серпень, мінімуму – у квітні (рис. 3,4,5).

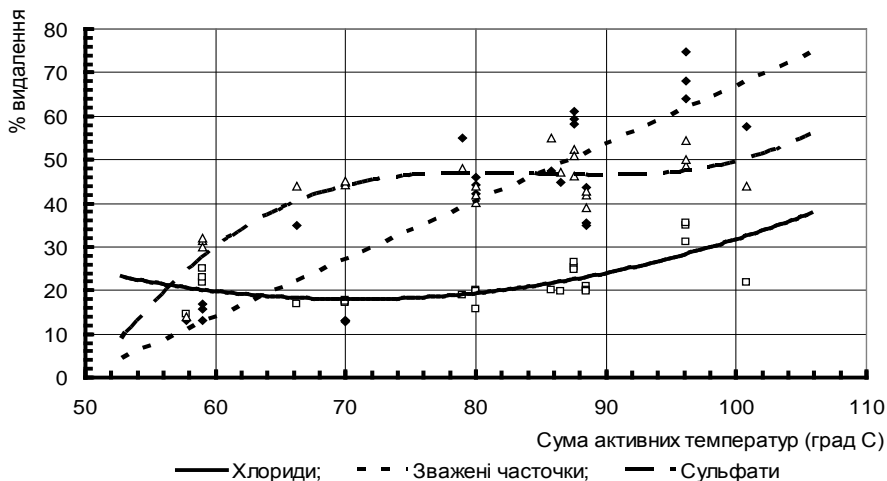


Рис. 3. Залежність поглинання різних інгредієнтів і сполук Ейхорнією від суми активних температур

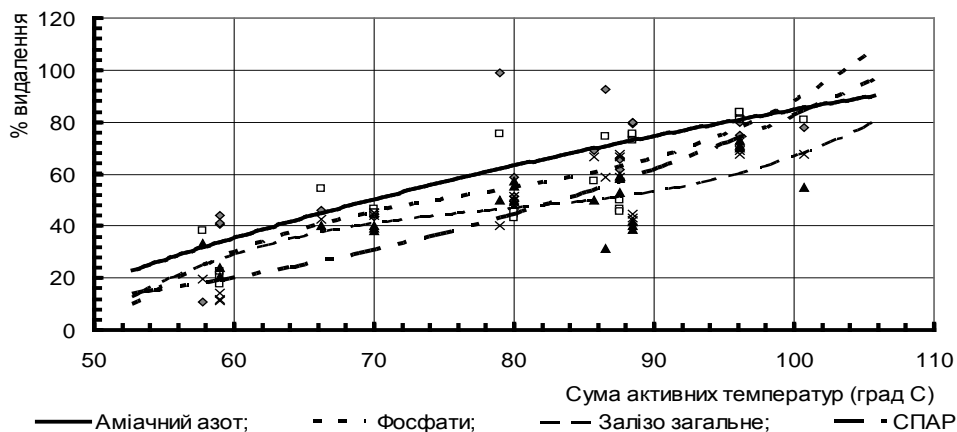


Рис. 4. Залежність поглинання хімічних сполук Ейхорнією від суми активних температур

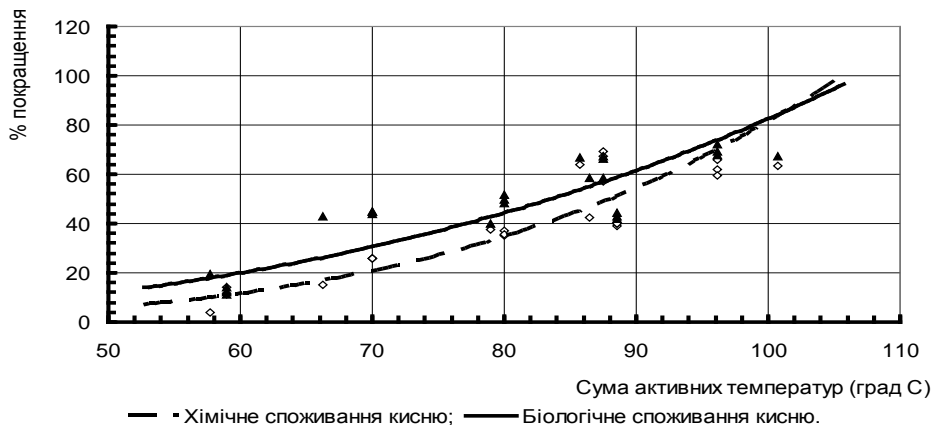


Рис. 5. Зв'язок показників якості стоку з сумою активних температур

### Висновки

Застосування рослин роду Ейхорнії для доочистки чи очистки стічних вод як показали досліди проведені протягом 2005–2006 років ефективно і доцільно.

З підвищенням середньої добової температури повітря та тривалості світлового дня інтенсивність вилучення інгредієнтів з водного розчину зростає та досягає максимуму у теплі літні місяці – липень та серпень, а мінімуму, відповідно, – у квітні.

Оцінка гідробіотанічної очистки стоку за показником проценту вилучення з водного розчину інгредієнтів свідчить про високу ефективність використання Ейхорнії, для вилучення багатьох елементів і сполук з водного розчину (див. табл. 2).

Головним фактором, що визначає ефективність вилучення інгредієнтів стічних вод є сума активних температур повітря.

### Перспективи подальших досліджень

На наш погляд, увагу слід зосередити на створенні умов, за яких процес очищення може протікати цілий рік, тому що кореневище, стебла і листи рослин за певних умов можуть функціонувати й у осінньо-зимовий період.

### Література

1. *Schwer C., Clausen J.* Vegetative filter treatment of dairy milkhouse wastewater // *J. Environ. Qual.* – 1989. – № 4. – P. 446–451. – Англ.
2. *Sen Asit K., Mondal Nitya G.* Removal and uptake of copper (II) by salvinia natans from wastewater // *Water, Air and Soil Pollut.* – 1990. – № 1–2. – P. 1–6. – Англ.
3. *Luesk G.W.* A growing interest in wastewater plants // *Waste Age.* – 1990. – № 6. – С. 87–88, 92.

4. *Heidmann Torsten, Henke Gustav A.* Reinigung industrieller Abwässer durch chemisch-biologische Verfahren // WLB: Wasser Luft und Boden. – 1990. – № 1–2. – С. 26–27. – Нім.
  5. *Эйнон Л.О., Дмитриева Н.Г.* Поглощение фосфора из природных вод полупогруженными макрофитами (на примере манника) // Водные ресурсы. – 1988. – № 4. – С. 130–136.
  6. *Рыженко Б.Ф.* Эйхорния – кому мы обязаны нефтью и газом // Кавказская здравница. – 1991.
  7. *Токарева Н.* Известия науки: Эйхорния – укротительница гептила // Экология и жизнь. – 1999. – № 4. – С. 5–7.
- 
-