

УДК 628.315.23

Т.П. Василюк

В.М. Дема

Г.І. Васенков

к.с.-г.н.

В.М. Пазич

аспірант

Житомирський національний агроекологічний університет

### **БІОФІЛЬТР ДЛЯ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ВИЩОЇ ВОДЯНОЇ РОСЛИННОСТІ ВИДУ EICHORNIA CRASSIPES**

*Представлені результати вивчення особливостей водяної рослини виду *Eichornia crassipes* та її здатності понижувати вміст хімічних сполук та інгредієнтів у водних розчинах за різних температурних режимів водного середовища з метою інтенсифікації процесу очищення побутових стоків. Розглянуто результати дослідження оптимальної температури ведення процесу очищення побутових стічних вод у трьох режимах – мезофільному та двох термофільних та визначено найбільш ефективний.*

#### **Постановка проблеми**

Збір, транспортування та очищення поверхневих стічних вод на території населених пунктів є великою проблемою.

Реконструкція цих споруд – глобальна і надто дорога. Вихід з даної ситуації один – підвищити ефективність очищення на основі застосування нових технологій, фільтруючих матеріалів тощо. Одними з найновіших у даній сфері є екологічні методи, що базуються на застосуванні на ставках-відстійниках біологічного способу очищення стічних вод з використанням вищої водної рослинності.

Роль вищої водяної рослинності полягає у вилученні із стічних вод мікро- та макроелементів, детоксикації та знезараженні очищеної води від патогенної мікрофлори. Вища водяна рослинність відіграє також значну роль у вилученні із стічних вод сполук азоту (рослини ефективно засвоюють амонійний азот, що міститься у стічних водах, чим сприяють нітрифікації) та фосфору, які у великій кількості містяться у стічних водах.

#### **Аналіз останніх досліджень та постановка завдання**

Відомо багато рослин, які очищують воду в болотах, ставках і озерах. Це – ряска, очерет тощо. У різних країнах більш ніж протягом століття названі рослини культивуються з метою очищення води від ряду забруднюючих речовин, що є досить ефективним [1; 2; 3; 4; 5]. Здатність вищих рослин до нагромадження, утилізації, трансформації багатьох речовин робить їх незамінними в загальному процесі самоочищення водойм, тому доцільним можна вважати використання для

інтенсифікації процесу очищення побутових стоків культури вищої водної рослинності, яка здатна до швидкого росту й інтенсивного поглинання з водного середовища практично всіх біогенних елементів і їхніх сполук. Даним вимогам цілком відповідає тропічна квіткова рослина *E. crassipes* родини *Pontederia* – Ейхорнія (водяний гіацинт). Водяна плаваюча рослина, надводна її частина складається з укороченого стебла з розеткою овальних листів, квітка нагадує гіацинт. У воду звисає сильно розвинута розетка підводних коренів, опущених війками. Інтенсивність фотосинтезу у Ейхорнії вища, ніж у інших водних рослин. Рівень гетеротрофної асиміляції даної рослини відносно високий ( $K=1,5-2,7$ ).

### Об'єкти та методика досліджень

Основну масу досліджуваного ценозу склали інтродуковані рослини *E. crassipes*.

Під час проведення досліджень у роботі використовували модельні розчини, близькі за складом до СВ, які поступають на Житомирські очисні споруди, що об'єднує стоки з головної насосної станції м. Житомир, з насосної станції паперової фабрики, заводу силікатних виробів, льонокомбінату та промвузла.

Очищення стічних вод здійснювали на лабораторній установці – моделі ставків-відстійників, виготовлених із органічного скла (рис.1). Установка дозволяє проводити процес очищення в періодичному режимі культивування організмів.

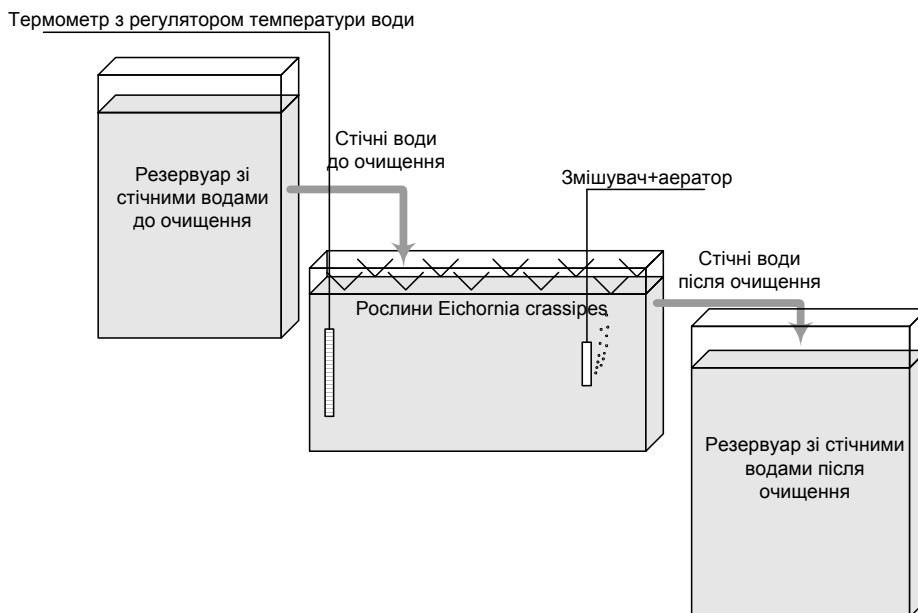


Рис. 1. Схема штучної моделі аерованого ставка-відстійника

Стічна вода зі збірника – резервуара зі стічними водами до очищення подається в резервуар для відстоювання. Постійну температуру забезпечує нагрівач води з вмонтованим терморегулятором; прилад для подачі повітря забезпечує не лише аерацію, але й активне перемішування стічної води. З відстійників очищена вода надходить у збірник очищених стічних вод, а досліджувані рослини видаляються.

З метою визначення оптимального режиму очищення, а саме: оптимальної температури ведення процесу та оптимальної швидкості потоку рідини у вторинних відстійниках, були проведені дослідження періодичного процесу очищення стічних вод (СВ) у мезофільних ( $35\pm 2^\circ\text{C}$ ) та термофільних ( $40\pm 2^\circ\text{C}$  та  $45\pm 2^\circ\text{C}$ ) умовах.

### Результати досліджень

Мезофільний режим застосовують для очищення стоків від виробництва маляси та тростинного цукру ( $37^\circ\text{C}$ ) [6] цукрових заводів ( $27^\circ\text{C}$ ) [1], молокозаводів ( $15\text{--}40^\circ\text{C}$ ) [2], м'ясокомбінатів ( $20\text{--}37^\circ\text{C}$ ) [3], спиртзаводів ( $25\text{--}28^\circ\text{C}$ ) [4], свиноферм ( $35^\circ\text{C}$ ), станцій обробки осаду ( $35^\circ\text{C}$ ), побутових стоків ( $20\text{--}40^\circ\text{C}$ ) [6]. Термофільний режим широко використовують для очищення стічних вод дріжджових виробництв ( $45^\circ\text{C}$ ), спиртзаводів ( $43\text{--}54^\circ\text{C}$ ), м'ясокомбінатів ( $50\text{--}52^\circ\text{C}$ ), целюлозно-паперової промисловості ( $55^\circ\text{C}$ ) [6].

При очищенні СВ за температур  $35\pm 2^\circ\text{C}$  значення ХСК зменшується майже вдвічі – з 11700 до 5820  $\text{mgO}_2/\text{л}$ . За наступні 48 год. кількість органічних забруднень у рідині зменшується ще на 23 % (ХСК становить 4462  $\text{mgO}_2/\text{л}$ ). Починаючи з 72-ої год. очищення СВ величина ХСК зменшується повільніше, ніж у перші три доби. Так, якщо на початку процесу значення ХСК зменшується на 23–50 % за добу, то вже починаючи з третьої доби ступінь зменшення органічних забруднень у досліджуваній рідині становить 1,4–16,7 % за добу. Максимальне зменшення значення ХСК – до 1080  $\text{mgO}_2/\text{л}$  – спостерігається на сьому добу від початку очищення і далі величина ХСК залишається майже незмінною.

Вже після 24 годин проходження процесу очищення спостерігається зниження БСК<sub>5</sub> на 16,7 %, максимум зниження даного показника припадає на 5-у, 6-у та 7-у добу, – 28, 33 та 26,2 % відповідно, після цього спостерігається зниження інтенсивності зменшення БСК<sub>5</sub> і наступні 5 діб показник знижується дуже повільно – лише на 4–2 %. Концентрація фосфатів знижується найбільш інтенсивно, починаючи з другої доби (0,038  $\text{mg}/\text{год.}$ ) і сягає максимуму на 3,4 та 5-у добу (відповідно 0,47, 0,41 та 0,42), починаючи з 6 доби інтенсивність поглинання фосфору знижується – 0,034  $\text{mg}/\text{год.}$ , а на 7 добу різко падає – 0,003  $\text{mg}/\text{год.}$  Максимальна інтенсивність поглинання заліза загального з розчину спостерігається вже з перших годин проведення експерименту. Так, на першу добу інтенсивність поглинання складає 0,029  $\text{mg}/\text{год.}$ , на другу – 0,033  $\text{mg}/\text{добу}$ , на третю – 0,025  $\text{mg}/\text{год.}$ , інтенсивність поглинання заліза загального з водного

розчину спадає на 4, 5 та 6 добу і становить 0,013, 0,008 та 0,004 мг/добу відповідно. Коливання інтенсивності вилучення сульфатів з досліджуваного розчину незначне і знаходиться в межах 0,75–2,9 мг/год, максимум спостерігається на 4, 5 добу, мінімум – на 8 та 9. Інтенсивність вилучення завислих часток висока вже з перших годин експерименту – 1,91 мг/год, максимуму сягає на 2 та 3 добу – 2,4 мг/год, на 4 та 5 добу інтенсивність знижується – 1,6 мг/год, та вже починаючи з 6 доби інтенсивність падає – 0,125–0,47 мг/год., мінімуму сягає на останню добу – 0,125 мг/добу.

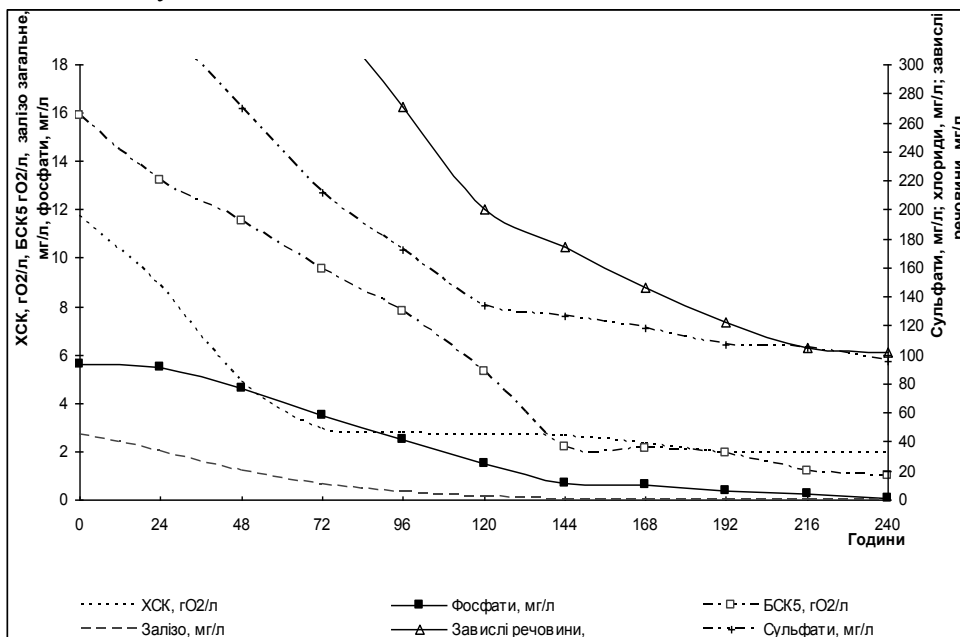


Рис.2. Періодичне очищення СВ за температурою  $35\pm 2^{\circ}\text{C}$

Проведені дослідження процесу очищення показали, що перші три доби очищення СВ становлять стадію ферментації, під час якої відбувається розкладання складних органічних сполук на більш прості, про що свідчить значне зниження величин більшості досліджуваних інгредієнтів. Починаючи з 72-ої год. проходження процесу більшість показників сягає максимуму і триває до сьомої доби включно. Після сьомої доби процес починає повільно затухати; значення ХСК, БСК<sub>5</sub>, завислих речовин, заліза залишається майже незмінним, повільно зменшується вміст фосфатів та сульфатів.

За температури  $40\pm 2^{\circ}\text{C}$  (рис. 3) значення ХСК зменшується впродовж періоду очищення досить рівномірно, мінімальна інтенсивність поглинання спостерігається через 216–240 годин проходження експерименту 0,26–0,27 гО<sub>2</sub>\*год. /л, а максимальна – на третю добу, через 72 години – 0,103 гО<sub>2</sub>\*год. /л.

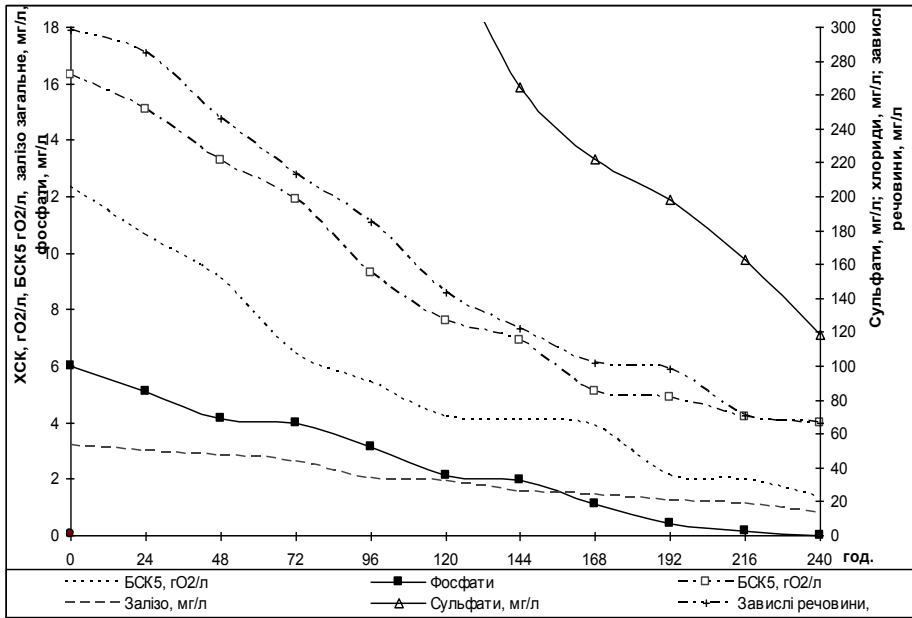


Рис. 3. Періодичне очищення СВ за температури  $40 \pm 2^\circ\text{C}$

Інтенсивність зниження показника БСК<sub>5</sub> спостерігається рівномірно, максимуму сягає на першу, другу та третю добу –  $0,050\text{--}0,075 \text{ гО}_2\text{*год. /л}$ , а далі спостерігається зниження інтенсивності та сягає мінімуму через 216 годин –  $0,029\text{--}0,008 \text{ гО}_2\text{*год./л}$ . Інтенсивність поглинання фосфатів у перші шість діб, тобто до 120 годин, знаходиться на максимумі –  $0,020\text{--}0,037 \text{ мг/год}$ , починаючи з сьомої доби інтенсивність повільно спадає, мінімуму сягає через 216 годин –  $0,005 \text{ мг/год}$ . Інтенсивність вилучення заліза знаходиться в межах  $0,005\text{--}0,025 \text{ мг/год}$ . протягом всього періоду проходження дослідів, максимум спостерігається на четверту добу, починаючи з п'ятої доби вилучення заліза досить нерівномірне, та на 9 добу сягає мінімуму –  $0,005 \text{ мг/год}$ . Вилучення сульфатів відбувається досить інтенсивно протягом всього періоду –  $1,092 \dots 1,960 \text{ мг/год}$ , максимум спостерігається через 144 години –  $1,900 \dots 1,960 \text{ мг/год}$  на 6 та 7 добу. Вилучення завислих речовин знаходиться в межах  $0,208\text{--}1,750 \text{ мг/год}$ , максимум спостерігається через 24 години –  $1,625 \text{ мг/год}$ , висока інтенсивність вилучення триває до п'ятої доби  $1,167\text{--}1,750 \text{ мг/добу}$ , а далі спостерігається зниження інтенсивності і сягає мінімуму через 240 годин –  $0,208 \text{ мг/год}$ .

Дані досліджень очищення СВ за температури  $40 \pm 2^\circ\text{C}$  свідчать про те, що за цих умов процес очищення відбувається більш повільно, однак спостерігається рівномірне вилучення сполук та інгредієнтів, чітких перепадів інтенсивності вилучення сполук не спостерігається

\*  $\text{гО}_2\text{*год. /л}$

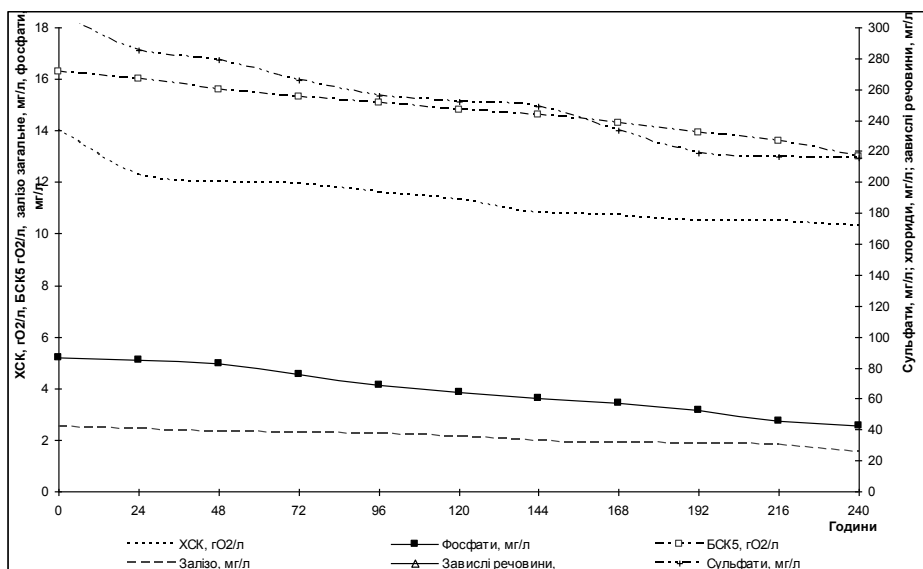


Рис. 4. Періодичне очищення СВ за температури  $45\pm 2^{\circ}\text{C}$

За  $45\pm 2^{\circ}\text{C}$  (рис. 4) різке зменшення кількості органічних забруднень у рідині – з 14 до 12,3 (0,071 гО<sub>2</sub> год/л) спостерігається вже через 24 год від початку очищення СВ. Подальше зменшення значення ХСК відбувається повільно – на 0,004–0,021 гО<sub>2</sub> год/л. Величина ХСК недостатня для подальшого біохімічного очищення стоків – 10300 мгО<sub>2</sub>/л. Зменшення значення БСК відбувається дуже повільно і становить лише 0,008–0,017 гО<sub>2</sub> год./л.

Вилучення фосфатів спостерігається також досить повільно та чіткого спаду та підйому вилучення фосфатів з водного розчину не спостерігається, так максимум вилучення припадає через 72 години – 0,016–0,018 мг/год., мінімум – у першу добу 0,004 мг/год. Вилучення заліза відбувається досить повільно і становить 0,001...0,008 мг/год. Зменшення кількості сульфатів у стічних водах знаходиться на високому рівні до 144 годин проведення експерименту – 0,404–0,837 мг/год., далі інтенсивність поглинання різко падає (до 0,121–0,046 мг/год.) Поглинання завислих часток сягає максимуму в перші 24 години – 1,0 мг/год., а далі інтенсивність дещо спадає.

Під час термофільного очищення СВ значне зменшення кількості речовин у культуральній рідині спостерігається впродовж перших 24-х годин ведення процесу, на відміну від наступних трьох діб, коли значення їх зменшується повільніше, а після 96 годин культивування – процес розкладання забруднень висить.

### Висновки та перспективи подальших досліджень

Температура стічних вод дозволяє ефективно очищати їх на біофільтрі з рослинами *E. crassipes* за температур, вищих за  $35^{\circ}\text{C}$ . Враховуючи факт, що температура стічних вод завжди позитивна, а у теплі місяці року знаходиться в межах  $25\text{--}50^{\circ}\text{C}$  (в залежності від характеру стічних вод),

умови для культивування рослин *E. crassipes* є цілком сприятливими. Можливо, що у зимовий період у біофільтрі доцільно буде збільшувати масову частку рослин, оскільки за пониження температури води нижче 8°C обмінні процеси у рослин *E. crassipes* значно уповільнюються або повністю зупиняються.

Стоки, очищені при температурі 35 °С, мають найкращі показники з очищення таких інгредієнтів, як ХСК – 1940 мгО<sub>2</sub>/л (для подальшого аеробного очищення стічних вод значення ХСК не повинно перевищувати 2000 мгО<sub>2</sub>/л), БСК<sub>5</sub> – 1008 мгО<sub>2</sub>/л (не більше 4000 мгО<sub>2</sub>/л), фосфатів – 0,07 мг/л (при нормі допустимих забруднень – 0,2 мг/л); заліза – 0,00 мг/л (при нормі допустимих забруднень – 0,3 мг/л); сульфатів – 102,24 (при нормі допустимих забруднень – 250 мг/л). За даними показниками очищені стічні води не потребують повторної обробки. Тобто, можна зробити висновок, що даний температурний режим цілком підходить для очищення стічних вод за допомогою *E. crassipes*.

Стоки, очищені при температурі 40 °С за деякими показниками мають кращі результати, ніж при очищенні стічних вод за температури 35 °С, насамперед, показник ХСК після очищення становить 190 мгО<sub>2</sub>/л; дещо кращий показник очищення зважених часток – 61,48 мг/л, однак такий показник, як залізо, загально виявлено в кількості 0,8 мг/л за допустимих норм забруднення 0,3 мг/л, показники БСК<sub>5</sub> – 2680 мгО<sub>2</sub>/л, сульфати – 142,40 мг/л та фосфати – 0,07 мг/л дещо нижчі, ніж при очищенні за 35 °С, однак цілком відповідають допустимим нормам забруднення.

У термофільному режимі (за 45±2°C) відбувається мінімальне видалення органічних речовин з води за максимальний час – значення ХСК знижується до 10300 мг О<sub>2</sub>/л, БСК<sub>5</sub> до 13000 мг О<sub>2</sub>/л. При цьому ступінь зменшення кількості органічних речовин за величиною ХСК найменший, ніж в інших температурних режимах. Тому СВ, очищені за 45±2°C, потребують подальшої обробки, а стоки, що оброблялися за температури 35±2°C і 45±2°C, можуть бути направлені на подальше доочищення.

**Подальші дослідження** слід зосередити на розробці оптимальних умов для функціонування рослин у зимовий період.

### Література

1. Kyosai S. Development of new wastewater treatment systems applied biotechnology/ S. Kyosai, M. Takashi, K. Moriyama // Inst. Eng., Australia: Australian Water and Wastewater Ass. 13<sup>th</sup> Conv., Canberra, 1989. – P. 289.
2. Schwer C.V. Vegetative filter treatment of dairy milkhouse wastewater / C.V. Schwer, J.C. Clausen // J. Environ. Qual. – 1989. – 18, № 4. – P. 446–451. – Англ.
3. Dawson G.F. Grop production and sewage treatment using gravel bed hydroponic erridation/ G.F. Dawson, R.F. Loveridge, D.A. Bone // Ibid. – 1989. – 21, N 2. – P. 57–64.

4. А. с. 53985 А, Україна, МПК 7 С02F3/34. Горизонтальний біофільтр для очищення стічних вод / *М.М. Гіроль, Л.А. Саблій, С.В. Кононцев* – № 2002043024; заявл. 15.04.2002; опубл. 17.02.2003, Бюл. № 2.
  5. *Бублієнко В.В.* Розробка технології біотрансформації висококонцентрованих стоків деяких підприємств АПК: дис. канд. техн. наук: 05.18.19 / *В.В. Бублієнко* – К., 1998.– 144 с.
  6. *Кононцев С.В.* Технологія біологічного очищення стічних вод молокозаводів: дис. канд. техн. наук: 05.17.21 / *С.В. Кононцев*. – К., 2006.– 158 с.
- 
-