

**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ
ЖИТОМИРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

**ВАСИЛЮК
Тетяна Павлівна**

УДК 628.315.23

**БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД
РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ**

Спеціальність 03.00.16 – екологія

**АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук**

Житомир 2009

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Житомирському національному агроекологічному університеті Міністерства аграрної політики України

Науковий керівник: кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник, доцент
Васенков Григорій Іванович,
Житомирський Національний агроекологічний
університет Міністерства аграрної політики
України, завідувач кафедри екології лісу та
меліорації.

Офіційні опоненти: доктор хімічних наук, професор
Максін Віктор Іванович,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України, кафедра
аналітичної і біонеорганічної хімії та якості
води;

кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Статник Ігор Іванович
Національний університет водного господарства
та природокористування.

Захист відбудеться «__» _____ 2009 р. о _____ годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради К. 14.083.01 в Житомирському
національному агроекологічному університеті, за адресою: 10008,
м. Житомир, бульвар Старий, 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Житомирського
Національного агроекологічного університету за адресою: 10008,
м. Житомир, бульвар Старий, 7.

Автореферат розісланий «__» _____ 2009 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат сільськогосподарських наук

Л.Д. Романчук

Актуальність теми дослідження. Підвищення ефективності очищення стічних вод на основі застосування нових технологій, наразі їх екологічне обґрунтування набуває актуальності. Споруди, через які проходить приблизно половина об'єму відведених стічних вод, відрізняються за принципом роботи, пропускнуою здатністю і ефективністю очищення, однак їх об'єднує недосконалість закладених в них технічних рішень і, як наслідок, – недостатній за нормативними вимогами ступінь очищення стічних вод від забруднюючих речовин. Закладені проектні рішення переважаючої більшості очисних споруд забезпечують вилучення зі стічних вод лише окремих сполук та не відповідають завданням забезпечення очищення за такими інгредієнтами, як група азоту, хлориди, сульфати і ряд важких металів тощо.

Одними з найновіших у сфері очищення стічних вод є екологічні методи, що полягають у застосуванні на ставках-відстійниках біологічного способу очищення стічних вод з використанням вищої водної рослинності (ВВР). Відомо багато рослин, які очищують воду в болотах, ставках і озерах. Це – ряска, очерет тощо. Ці рослини справді можуть існувати в якості «біофільтру» і застосовуватися для очистки стічних вод різних господарських об'єктів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано у відповідності до плану наукових та інноваційних робіт Житомирського національного агроекологічного університету «Біологічне очищення стічних вод різного походження» (№ державної реєстрації 01074U00721, 2007–2009 рр.).

Мета та завдання дослідження. Мета роботи полягає у науковому обґрунтуванні та розробці технологічної схеми біологічного очищення стічних вод, яка дозволила б утримувати біоценоз із домінуючим видом – вищою водною рослиною *Eichornia crassipes*, а також дослідженні цієї біотехнології для визначення оптимальних показників її роботи. Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання: аналіз існуючих технологій очищення; вивчення технології очищення стоків із використанням ВВР; аналіз процесу очищення стічних вод з використанням ВВР.

Предметом дослідження є параметри процесу біологічного очищення стічних вод із використанням ВВР та динаміка вмісту основних інгредієнтів у водному розчині при використанні *E. crassipes*.

Об'єктом дослідження є процес очищення стічних вод різного походження у біофільтрі із рослинами *E. crassipes*.

Основними напрямками спостережень і досліджень щодо вивчення властивостей і можливостей *E. crassipes* були: зниження вмісту різних інгредієнтів; визначення оптимальних параметрів культивування рослин в реальних режимах і умовах об'єктів; підтримання життєздатності рослин в умовах цих об'єктів.

Наукова новизна роботи. Вперше в умовах Полісся отримані експериментальні дані, що характеризують екологію біоценозу вищих

водних рослин *E. crassipes*; обґрунтована доцільність використання водної рослини *E. crassipes* у процесах очищення стічних вод; встановлена залежність ефективності очищення стічних вод на моделі біофільтру за основними хімічними показниками від суми активних температур, термічного режиму водного розчину, гідравлічного навантаження, біомаси рослин; визначений зв'язок між вмістом основних хімічних сполук та сумою активних температур, температурним режимом води, гідравлічним навантаженням, біомасою рослин *E. crassipes*.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено спосіб біологічного очищення стічних вод та комплексну схему їх очищення, що включає в себе аеробну обробку із застосуванням представника ВВР *E. crassipes*, а також удосконалено параметри технології.

Особистий внесок здобувача. Завдання досліджень визначалося за безпосередньою участю автора. Аналіз джерел літератури, розробка і обґрунтування методичних рішень, проведення експериментів, аналітичний контроль, теоретичне обґрунтування розробленої біотехнології, статистична обробка та аналіз зібраного матеріалу, формулювання висновків та рекомендацій виконані автором самостійно.

Достовірність результатів і висновків роботи зумовлена достатнім обсягом і тривалістю експериментальних досліджень з застосуванням стандартизованих методів вимірювань та аналізу. Усі дані верифіковані математико-статистичними методами.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, викладені в дисертаційній роботі, доповідались і обговорювались на VI-й Всеукраїнській науково-методичній конференції з міжнародною участю «Екологія та інженерія. Стан, наслідки, шляхи створення екологічно чистих технологій» (Дніпродзержинськ, 28-29 листопада 2006 р.), на II-й науково-практичній конференції «Вода: проблеми і шляхи вирішення» (Житомир, 20 листопада 2007 року); науково-практичній конференції «Сучасні концепції ведення сільськогосподарського виробництва в Україні» (Житомир, 14 грудня 2006 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених «Роль меліорації в забезпеченні сталого розвитку землеробства» (Київ, 4–5 грудня 2007 р.), IV-й Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і студентів «Наука. Молодь. Екологія – 2008» (Житомир, 22–23 травня 2008 року), V-й Міжнародній науковій конференції студентів, магістрів та аспірантів «Сучасні проблеми екології та геотехнологій» (Житомир, 19–22 березня 2008 року), Міжнародній науково-практичній конференції студентів, магістрів та аспірантів «Інновації для сільського господарства», (Житомир, 26 березня 2009 р.), V-й Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених і студентів «Наука. Молодь. Екологія» (Житомир, 27–29 травня 2009 року), VI-й Міжнародній науковій конференції студентів, магістрів та аспірантів «Сучасні проблеми екології та геотехнологій» (Житомир, 19–22 березня 2009 року).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 14 робіт, з них 5 статей у наукових фахових виданнях, затверджених ВАК України), матеріалів тез конференцій – 8 та 1 навчальний посібник.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, додатків та списку використаної літератури, який налічує 270 джерел (з яких – 18 латиницею). Повний обсяг дисертації складає 150 сторінок, із них основного тексту – 115 сторінок. Робота містить 17 таблиць, 25 рисунків та 10 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У першому розділі «Стан використання водних ресурсів (огляд науково-технічної інформації)» узагальнені літературні дані та висвітлені питання щодо складу та походження стічних вод (СВ), розглянуті методи очистки СВ різного походження, висвітлені перспективи розвитку наукових досліджень у напрямку використання вищої водної рослинності для очищення СВ та обґрунтований вибір теми дисертаційної роботи.

У другому розділі «Програма, методика та об'єкти досліджень» зазначено, що відповідно до мети і задач досліджень передбачалося вирішення наступних питань:

1. Огляд і аналіз науково-технічної інформації та обґрунтування доцільності використання вищої водної рослинності в якості біофільтрів для очистки забруднених СВ різного походження;
2. Дослідження росту і розвитку Ейхорнії прекрасної;
3. Вивчення впливу біоочистки на основні параметри стоку;
4. Практичне застосування рослини *E.crassipes* для очистки СВ.
 - 4.1. Дослідження технології утримання рослин в умовах штучного клімату, інтенсивного розмноження, накопичення біомаси рослин, розміщення і підтримання їх чисельності протягом вегетації.
 - 4.2. Технологія організації біоставків, розміщення рослин і підтримання їх чисельності протягом вегетації.
 - 4.3. Визначення технології ефективною очистки побутових стоків в системі біоставків в літній період.

Загальна кількість параметрів і ознак, що характеризують об'єкти досліджень в лабораторному експерименті, становить близько 10 позицій: гідравлічне навантаження на біофільтр (q), $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{доб.})$; тривалість фільтрування ($t_{\text{ф}}$), год; ефект очищення за БПК₅ ($E_{\text{БСК}}$), %, ЗР ($E_{\text{ЗР}}$), %, ХСК ($E_{\text{ХСК}}$), %, СПАР ($E_{\text{спар}}$), %, хлоридами (E_{Cl}), %, сульфатами (E_{S}), %; фосфатами (E_{P}), %; питома фітомаса *E.crassipes* (m), $\text{кг}/\text{м}^2$.

У програму досліджень входило створення штучного біоценозу у лабораторних умовах та проведення досліджень з визначення ефективності очищення розчинів, що імітують стічні води після їх попереднього очищення.

Різноманітність методичних підходів до експериментальних і аналітичних робіт зумовлена різноманітністю завдань дисертаційного дослідження.

Прийоми дослідження: польовий, експериментальний, лабораторний. При виконанні дослідження на меті було: проведення досліджень зі створення фітоценозу лабораторної установки; спостереження за змінами фізіології рослин, включених до складу біоценозу лабораторної установки; максимальне наближення лабораторних умов до реальних умов проходження процесу очистки.

Вивчення можливостей застосування біофільтру та можливостей культивування *E.crassipes* в умовах Поліського регіону проведено згідно з розробленою нами методикою й технікою проведення експерименту.

Під час проведення гідрохімічних досліджень визначались такі показники якості води: БСК₅, ХСК, вміст розчиненого кисню, азоту амонійного, нітритів, нітратів, фосфатів, сульфатів, заліза, хлоридів, завислих речовин, поверхнево-активних речовин за арбітражними методиками визначення якісних показників води. Якісний склад води визначався Житомирською міською лабораторією санітарно-епідемічної станції.

Для перевірки можливості культивування водних рослин у штучних умовах була проведена серія досліджень. Очищення СВ здійснювали на лабораторних установках – моделях ставків-відстійників. Установки дозволяли проводити процес очищення у періодичному та проточному режимах.

Під час проведення досліджень у роботі використовувався загальний стік, що поступає на Житомирські очисні споруди та стічні води, що надходять з тваринницької ферми СФК «Едельвейс» Любарського району Житомирської області (с. Стрижівка).

У третьому розділі «Екологія, ріст і розвиток *Ecrassipes*» визначено, що Ейхорнія прекрасна (*Eichornia crassipes*), більше відома як водяний гіацинт – рослина родини Понтедерієвих (*Pontederiaceae*). *E. crassipes* типовий гідрофіт. Щільне блискуче листя сидить на черешках з округлим або довгастим здуттям біля основи. Листя відіграє важливу роль в розселенні *E.crassipes*. На дорослій рослині може бути до 10 листків. Листя утворює плаваючу на поверхні води розетку, а повітроносні камери листка додають рослині стійкості.

E.crassipes – це вища рослина, розмноження якої відбувається виключно вегетативно. Однак там, де температура води піднімається до 32 – 35 °С, відмічено і насіннєве розмноження. В екологічних умовах Полісся період вегетації *E.crassipes* може продовжуватися від 4 до 7 місяців.

Рослини виду *E.crassipes* успішно адаптувалися до умов Поліського регіону, оскільки їхня фітомаса збільшувалася досить швидкими темпами, утворювалася до 8–15 дочірніх рослин за місяць. Найбільш активна вегетація рослин відбувалася у проточному режимі, де у водойму постійно надходила вода з підвищеною концентрацією інгредієнтів, серед яких було багато речовин органічного походження, що *E.crassipes* засвоює найкраще. У лабораторних установках періодичного очищення цих речовин дещо менше, однак більше солей калію, кальцію, магнію та інших елементів.

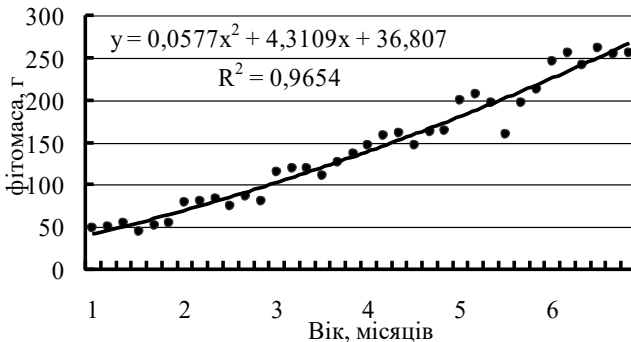
Рослини *E. crassipes* в цих умовах були яскраво-зеленого кольору, діаметр рослин сягав 35 см. Приріст рослин на одиницю розсади – 8–10 (табл.1).

Таблиця 1

Розвиток екземплярів *E. crassipes* за різних умов зростання

Показник	Умови зростання рослин	
	проточний режим	періодичний режим
Колір рослин	темно-зелений	яскраво-зелений
Висота надводної частини, см	34±5	27±7
Діаметр надводної частини, см	45±5	37±8
Довжина підводної частини, см	43±3	35±5
Площа листкової пластинки, см ²	43±7	27±3
Швидкість розмноження, шт/міс	13±3	9±3
Вага рослини, г	230±30	190±30
Продуктивність біомаси, т/га	1250±400	900±300

Середньомісячний приріст фітомаси рослин *E. crassipes* (рис. 1) становить 39,2 г. Загальний приріст одної рослини за 6 місяців складає 186–206 г. Максимальне значення місячного приросту становило 58 г у 6-місячних екземплярах рослин та мінімальне – 27 г у 1-місячних рослин.

Рис. 1. Приріст фітомаси (P, г) рослин *E. crassipes* залежно від віку (t, місяців)

Склад зеленої маси *E. crassipes*, що використовувалася для очистки стоків свиноферми СФК «Едельвейс» та міських очисних споруд м. Житомир, характеризується досить високим вмістом вологи (94–88,9%) (табл. 2). Вміст протеїнів – 27,89–10,60 % і в перерахунку складає до 10–30 кг/т зеленої маси, азоту – до 20–35 кг/т, фосфору – до 17 кг/т. Зелена маса *E. crassipes* характеризується високим вмістом каротину – до 40 кг/т. Хімічний склад *E. crassipes*, що використовувалася у процесах очистки СВ (за умови, що у стоках

не було важких металів, радіонуклідів) відповідає ДСТУ 4685:2006 «Корми трав'яні штучно висушені. Технічні умови».

Таблиця 2

Склад рослинної маси *E.crassipes* залежно від середовища існування та віку рослин, % від загальної маси

Показник	Середовище існування рослин <i>E.crassipes</i>			
	очисні споруди м. Житомир		стічні води свиноферми СФК «Едельвейс»	
	молоді рослини	дорослі рослини	молоді рослини	дорослі рослини
Волога	94,1±1,2	91,6±1,3	92,0±1,2	88,9±1,2
Жир	2,89±0,2	3,11±0,1	3,56±0,2	3,49±0,2
Зольні елементи	18,9±2,2	13,98±2,1	14,86±2,4	17,65±2,3
Азот загальний	1,77±0,3	2,65±0,6	4,14±0,8	4,46±0,7
Протеїни	10,60±1,1	16,85±1,5	26,85±1,2	27,89±1,5
Вміст азотистих сполук	35,9±1,2	20,2±1,1	21,5±1,5	23,3±1,4
Клітковина	20,01±2,1	21,9±2,2	23,59±2,3	28,32±2,1
Кальцій	0,12±0,05	0,49±0,04	0,53±0,05	0,20±0,03
Фосфор	0,78±0,1	0,51±0,2	0,69±0,2	0,72±0,2
Каротин, мг/кг	12,85±1,0	14,0±1,1	33,47±2,3	36,52±2,5

У четвертому розділі «Експериментальні дослідження біологічного очищення стічних вод» наведені результати досліджень очищення стічних вод у двох режимах: періодичному і проточному.

Періодичне очищення. У період вегетації, нарощуючи зелену масу, *E.crassipes* видаляє з розчину численні інгредієнти, тому одночасно контролюється якість стічної води. Одним з основних показників у даній технології є динаміка очищення СВ, тобто здатність рослин у визначених умовах (температура стоків і повітря, тривалість дня, концентрація інгредієнтів) з визначеною швидкістю сорбувати інгредієнти з різних стоків за одиницю часу.

З підвищенням середньодобової температури повітря, а отже і суми активних температур, інтенсивність вилучення інгредієнтів з водного розчину зростає та сягає максимуму у літні місяці – липень-серпень, мінімуму – в квітні. Сума активних температур визначалася за 7-денний період.

Найбільший показник вилучення хімічних сполук характерний для аміачного азоту – 61,9±4,2%, фосфатів – 52,2±4,2%, заліза – 48,7±3,1%, синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) – 47,8±3,8%, сульфатів – 43,0±1,8%, завислих речовин (ЗР) – 40,4±4,1, покращувалися показники хімічного споживання кисню (ХСК) – 39,5±4,1 %, біохімічного споживання кисню (БСК) – 45,9±4,9 % (рис. 2–4).

Аналіз даних показав, що між сумою активних температур та відсотком вилучення хімічних сполук за допомогою *E.crassipes* за усіма показниками існують зв'язки при коефіцієнтах кореляції $r = 0,77...0,92$, які можна

охарактеризувати як тісні та дуже тісні. Лише щодо вилучення хлоридів зв'язок при коефіцієнті кореляції $r = 0,69$ можна охарактеризувати як середній.

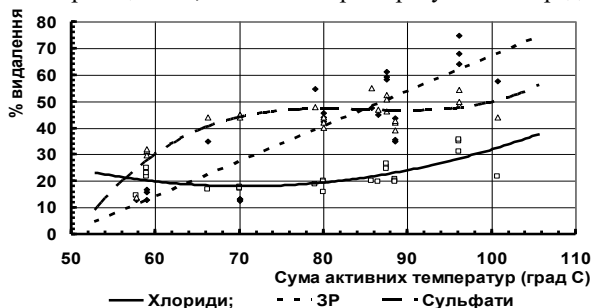


Рис. 2. Зв'язок інтенсивності поглинання хлоридів, зважених речовин та сульфатів із сумою активних температур (t)

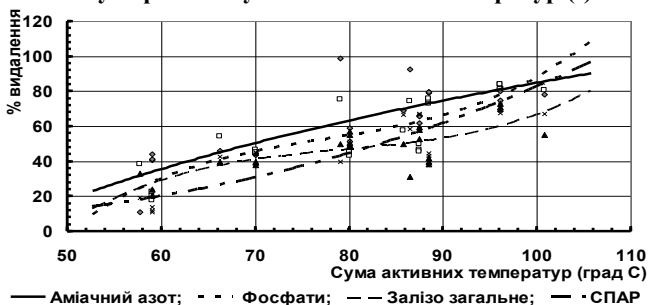


Рис. 3. Зв'язок інтенсивності поглинання аміачного азоту, фосфатів, заліза загального та СПАР із сумою активних температур (t)

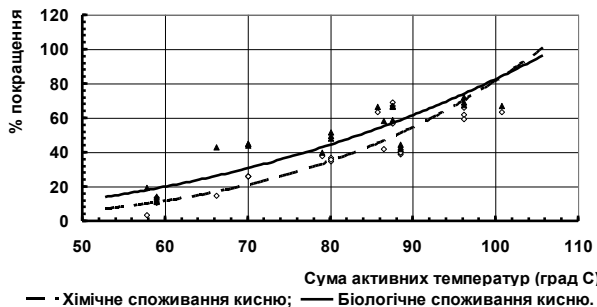


Рис. 4. Зв'язок інтенсивності зниження ХСК і БСК₅ із сумою активних температур (t)

З метою визначення оптимальної температури ведення процесу очищення СВ були проведені дослідження у мезофільних ($35 \pm 2^\circ\text{C}$) та термофільних

($40 \pm 2^\circ\text{C}$ та $45 \pm 2^\circ\text{C}$) умовах. Як показали результати дослідів, у перші дві доби значення ХСК зменшується на 23–50% за добу, Максимальне зменшення ХСК – до $1080 \text{ мгО}_2/\text{л}$ – спостерігається на сьому добу від початку очищення (рис. 5).

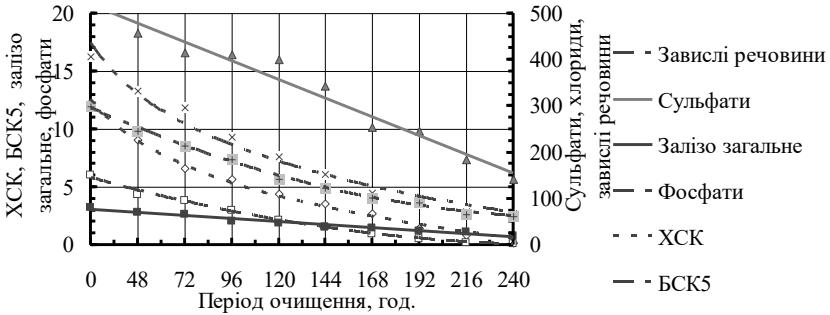


Рис. 5. Періодичне очищення СВ за температури $35 \pm 2^\circ\text{C}$

Вже після 24 годин проходження процесу очищення спостерігається зниження БСК₅ на 16,7 %, максимум зниження припадає на 5-у, 6-у та 7-у добу (28, 33 та 26,2 % відповідно). Інтенсивність поглинання фосфору зростає починаючи з другої доби (0,038 мг/год.) і сягає максимуму на 3-у, 4-у та 5-у добу (0,47, 0,41 та 0,42 відповідно), починаючи з 6 доби падає – 0,034 мг/год. Інтенсивність поглинання заліза загального з розчину на перші дві доби складає 0,029 – 0,033 мг/добу, після третьої – починає спадати. Колювання інтенсивності вилучення сульфатів з розчину незначне і знаходиться в межах 0,75–2,9 мг/год., максимум спостерігається на 4-у, 5-у добу. Інтенсивність вилучення ЗР знаходиться на високому рівні вже з перших годин експерименту – 1,91 мг/год. і на 4–5-у добу знижується.

Між температурою водного середовища $35 \pm 2^\circ\text{C}$ та відсотком вилучення хімічних сполук за допомогою *E. crassipes* по усіх показниках існують зв'язки при коефіцієнтах детермінації $r = 0,92 \dots 0,98$, які можна охарактеризувати як дуже тісні (табл.4.).

Таблиця 4

Математико-статистична оцінка залежностей інтенсивності вилучення хімічних сполук за температури СВ $35 \pm 2^\circ\text{C}$ за період часу (x, год).

Функція	Область визначення функції	Щільність зв'язку (коефіцієнт детермінації)	Рівняння залежності	Погрішність рівняння ($\pm m$)
ЗР, мг/л	$90 < \text{ЗР} < 330$	0,92	$\text{ЗР} = -130,89 \ln(t) + 374,98$	12,8
Сульфати, мг/л	$90 < S < 400$	0,96	$S = 607,05 e^{-0,17/18t}$	19,7
Фосфати, мг/л	$0 < P < 6$	0,96	$P = 0,05t^2 - 1,28t + 7,48$	0,34
Залізо заг., мг/л	$0 < \text{Fe} < 3$	0,92	$\text{Fe} = -1,22 \ln(t) + 2,57$	0,34
ХСК, мгО ₂ /л	$2 < \text{ХСК} < 12$	0,94	$\text{ХСК} = 11,87t^{0,81}$	1,07
БСК ₅ , мгО ₂ /л	$1 < \text{БСК} < 16$	0,98	$\text{БСК} = 0,13t^2 - 3,15t + 19,32$	0,61

За температури $40 \pm 2^\circ\text{C}$ (рис. 6) значення ХСК зменшується впродовж всього періоду очищення досить рівномірно: мінімальна інтенсивність поглинання спостерігається через 216-240 год. проходження експерименту – $0,26-0,27 \text{ гO}_2 \cdot \text{год./л.}$, а максимальна – через 72 години – $0,103 \text{ гO}_2 \cdot \text{год./л.}$

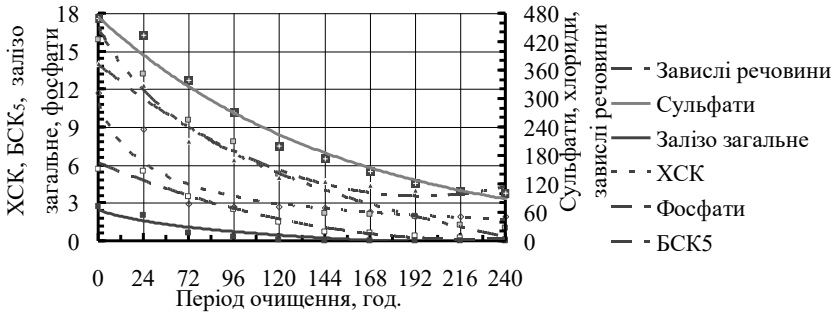


Рис. 6. Періодичне очищення СВ за температури $40 \pm 2^\circ\text{C}$

Інтенсивність зниження БСК_5 рівномірна, максимуму сягає у перші три доби – $0,050-0,075 \text{ гO}_2 \cdot \text{год./л.}$ Інтенсивність поглинання фосфатів у перші шість діб – $0,020-0,037 \text{ мг/год.}$, починаючи з сьомої доби інтенсивність повільно спадає, мінімуму сягає через 216 годин – $0,005 \text{ мг/год.}$ Інтенсивність вилучення заліза знаходиться в межах $0,005-0,025 \text{ мг/год}$ протягом всього періоду проведення дослід. Вилучення сульфатів знаходиться на високому рівні протягом всього періоду – $1,09...1,96 \text{ мг/год.}$, максимум спостерігається через 144 год. – $1,9-1,96 \text{ мг/год.}$ Вилучення ЗР знаходиться в межах $0,21-1,75 \text{ мг/год.}$ Дані досліджень з очищення СВ за температури $40 \pm 2^\circ\text{C}$ свідчать про те, що вилучення сполук відбувається нормально, чітких підйомів та спадів інтенсивності вилучення сполук не спостерігається.

Аналіз даних показав, що між температурою стічних вод $40 \pm 2^\circ\text{C}$ та відсотком вилучення хімічних сполук за допомогою *E. crassipes* за усіма показниками існують зв'язки при коефіцієнтах детермінації $r=0,96...0,98$, які можна охарактеризувати як дуже тісні (табл. 5).

Таблиця 5.

Математико-статистична оцінка залежностей інтенсивності вилучення хімічних сполук за температури СВ $40 \pm 2^\circ\text{C}$ за період часу (x, год.).

Функція	Область визначення функції	Щільність зв'язку (коефіцієнт детермінації)	Рівняння залежності	Погрішність рівняння ($\pm m$)
ЗР, мг/л	$60 < \text{ЗР} < 300$	0,98	$\text{ЗР} = 360,03e^{-0,18t}$	9,04
Сульфати, мг/л	$140 < \text{S} < 515$	0,98	$\text{S} = -40,33t + 542,61$	17,85
Фосфати, мг/л	$0 < \text{P} < 6$	0,98	$\text{P} = 0,05t^2 - 1,25t + 6,96$	0,1
Залізо заг., мг/л	$0 < \text{Fe} < 4$	0,96	$\text{Fe} = 3,27 - 0,26t$	0,19
ХСК, $\text{мгO}_2/\text{л}$	$0 < \text{ХСК} < 13$	0,98	$\text{ХСК} = -5,23 \text{Ln}(t) + 12,58$	0,47
БСК_5 , $\text{мгO}_2/\text{л}$	$2 < \text{БСК}_5 < 16$	0,98	$\text{БСК}_5 = 21,17e^{-0,21t}$	0,7

За $45\pm 2^\circ\text{C}$ (рис. 7) різке зменшення кількості органічних забруднень – з 14 до 12,3 ($0,071 \text{ гO}_2\cdot\text{год./л}$) – спостерігається вже через 24 год. Подальше зменшення значення ХСК відбувається повільно – на $0,004\text{-}0,021 \text{ гO}_2\cdot\text{год./л}$.

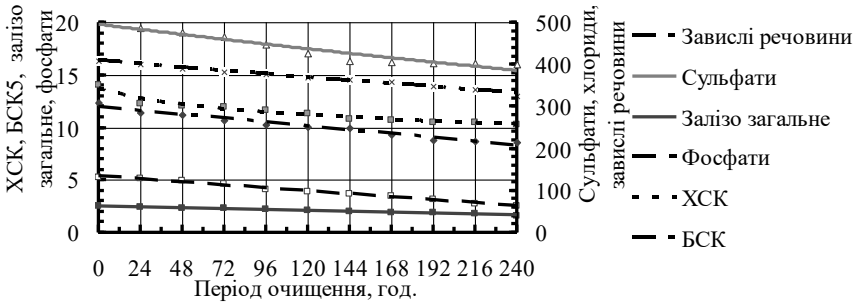


Рис.7. Періодичне очищення СВ за температури $45\pm 2^\circ\text{C}$

Зменшення БСК₅ та фосфатів відбувається повільно і становить $0,008\text{-}0,017 \text{ гO}_2\cdot\text{год./л}$ за БСК, максимум вилучення фосфатів припадає на 72 годину – $0,016\text{-}0,018 \text{ мг/год}$, мінімум – у 1-у добу – $0,004 \text{ мг/год}$. Вилучення заліза відбувається також досить повільно і становить $0,001\text{-}0,008 \text{ мг/год}$. Зменшення сульфатів знаходиться на високому рівні до 144 годин проведення експерименту – $0,404\text{-}0,837 \text{ мг/год}$, далі інтенсивність поглинання падає до $0,121\text{-}0,046 \text{ мг/год}$. Поглинання ЗР сягає максимуму в перші 24 години – $1,0 \text{ мг/год.}$, а далі інтенсивність спадає.

Між температурою водного середовища $45\pm 2^\circ\text{C}$ та відсотком вилучення хімічних сполук за допомогою *E.crassipes* за усіма показниками існують зв'язки при коефіцієнтах детермінації $r = 0,90\text{...}0,98$, які можна охарактеризувати як дуже тісні (табл. 6).

Таблиця 6.

Математико-статистична оцінка залежностей інтенсивності вилучення хімічних сполук за температури СВ $45\pm 2^\circ\text{C}$ за період часу (x, год.).

Функція	Область визначення функції	Щільність зв'язку (коефіцієнт детермінації)	Рівняння залежності	Погрішність рівняння ($\pm m$)
ЗР, мг/л	$60 < \text{ЗР} < 300$	0,94	$\text{ЗР} = 306,91 - 9,02t$	4,12
Сульфати, мг/л	$140 < \text{S} < 515$	0,90	$\text{S} = 507,79e^{-0,02t}$	10,4
Фосфати, мг/л	$0 < \text{P} < 6$	0,98	$\text{P} = 5,62 - 0,28t$	0,91
Залізо заг., мг/л	$0 < \text{Fe} < 4$	0,96	$\text{Fe} = 2,60 - 0,09t$	0,06
ХСК, $\text{мгO}_2\cdot\text{л}$	$0 < \text{X} < 13$	0,94	$\text{ХСК} = -1,44\text{Ln}(t) + 13,73$	2,23
БСК ₅ , $\text{мгO}_2\cdot\text{л}$	$2 < \text{B} < 16$	0,96	$\text{БСК} = 16,71e^{-0,02t}$	0,1

При порівнянні кінцевих значень основних показників забруднень стоків після очищення СВ у періодичному режимі за різних температурних умов

було виявлено, що стоки очищені за температури 35 ± 2 °С, мають найвищі показники щодо зниження вмісту ХСК – 1940 мгО₂/л (для подальшого очищення СВ значення ХСК не повинно перевищувати 2000 мг О₂/л), БСК₅ – 1008 мг О₂/л (не більше 4000 мгО₂/л), фосфатів – 0,07 мг/л (за норми допустимих забруднень – 0,2 мг/л); заліза – 0,00 мг/л (при нормі допустимих забруднень – 0,3 мг/л); сульфатів – 102,24 (за норми допустимих забруднень – 250 мг/л). Згідно з даними показниками стоки не потребують повторної обробки.

Стоки, очищені за температури 40 ± 2 °С, за деякими показниками мають кращі результати, ніж за 35 ± 2 °С, насамперед показник ХСК після очищення становить 190 мгО₂/л; дещо кращий показник очищення ЗР – 61,48 мг/л, однак такий показник, як вміст заліза, залишився в кількості 0,8 мг/л, за допустимої норми забруднення 0,3 мг/л, показники БСК₅ – 2680 мгО₂/л, сульфати – 142,40 мг/л та фосфати – 0,07 мг/л дещо нижчі, ніж при очищенні за 35 ± 2 °С, однак цілком відповідають допустимим нормам забруднення. У термофільному режимі (за 45 ± 2 °С) відбувається мінімальне видалення органічних речовин з води за максимальний час – значення ХСК знижується до 10300 мг О₂/л, БСК до 13000 мг О₂/л. Тому СВ очищені за 45 ± 2 °С, потребують повторної обробки.

Вплив гідравлічного навантаження на ефект вилучення хімічних сполук зі стічних вод рослинами *E.crassipes* досліджено в лабораторних умовах. Проточне очищення СВ проводили за 35 ± 2 °С та концентрацією рослин *E.crassipes* – 19 г/л за сухими речовинами. Швидкість потоку рідини у біореакторі змінювали від 0,004 до 0,020 м³/м²·год. (рис. 8).

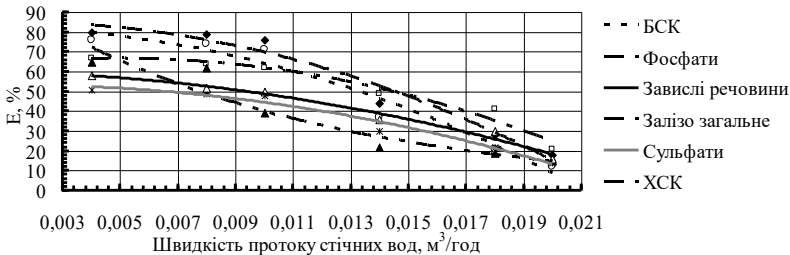


Рис.8. Вплив гідравлічного навантаження на ефект очищення розчинів

За швидкості потоку рідини у біофільтрі 0,004 м³/год·м² величина навантаження на рослини становить 0,936 кг ХСК/м³ за добу, а значення ХСК на виході з біофільтра становить 1872 мгО₂/л, при ХСК на вході – 11700 мгО₂/л. Ступінь очищення становить 80%. При підвищенні швидкості потоку стоків удвічі збільшується і кінцевий вміст органічних забруднень (3931 мгО₂/л), а глибина очищення СВ становить 79%. Збільшення швидкості потоку до 0,10 м³/год·м² призводить до меншої глибини очищення стоків – 76%, а при швидкості потоку 0,014, 0,018 та 0,020 м³/год·м² – до 44, 28 та 18 % відповідно.

За швидкості потоку рідини у біофільтрі 0,004 м³/год·м² величина навантаження становить 1,27 кг БСК₅/м³ за добу, а значення БСК₅ стічних вод на виході з біофільтра становить 3052 мгО₂/л, при БСК₅ на вході –

15900 мгО₂/л. Ступінь очищення – 76%. При підвищенні швидкості потоку стоків удвічі та збільшенні навантаження на рослини до 2,544 кг БСК₅/м³ за добу збільшується і кінцевий вміст органічних забруднень – до 6614 мгО₂/л, а глибина очищення СВ – 74%. Збільшення швидкості потоку до 0,10 м³/год·м² призводить до меншої глибини очищення стоків – 71%.

Результати досліджень проточного процесу очистки показали, що за показником фосфатів швидкість потоку СВ повинна бути у межах 0,004-0,008, ефект очистки при цьому становить 65-62% відповідно. За підвищення швидкості потоку до 0,01-0,02 м³/год·м² ефект очистки падає до 39-15%.

Зниження кількості сульфатів відбувається досить повільно. Так, при D = 0,004 м³/год·м² навантаження по сульфатам становить 37,52 кг/м³, при цьому ефект очистки становить 51 %, при підвищенні швидкості потоку рідини до 0,008-0,01 м³/год·м² ефект очистки знижується незначно – лише на 2–3 %. За подальшого підвищення швидкості потоку розчину до 0,018-0,020 м³/год·м² ефект очистки знижується (22 та 14 %).

За швидкості потоку рідини у біофільтрі 0,004 м³/год·м² величина навантаження на біофільтр за залізом загальним становить 0,216 кг/м³ за добу, а значення на виході з біофільтру становить 0,07 мг/л при значенні на вході 0,27 мг/л. Ступінь очистки становить 67%. За підвищення швидкості потоку вдвічі глибина очищення СВ становить 64%. Збільшення швидкості потоку до 0,10 м³/год·м² призводить до меншої глибини очищення стоків – 62%.

За швидкості потоку рідини в біофільтрі 0,004 м³/год·м² величина навантаження на рослини Ейхорнії становить 29,92 кг ЗР/м³ за добу, а значення ЗР стічних вод на виході з біофільтру становить 12,56 мг/л за ЗР на вході 37,4 мгО₂/л. Ступінь очищення становить 58%. При підвищенні швидкості потоку стоків удвічі глибина очищення СВ спадає до 52%. Збільшення швидкості потоку до 0,10 м³/год·м² призводить до меншої глибини очищення стоків – 50%.

Між швидкістю потоку рідини та відсотком вилучення хімічних сполук за допомогою *E.crassipes* за усіма показниками існують зв'язки при коефіцієнтах детермінації R = 0,94...0,96 (дуже тісні) (див. табл.7).

Таблиця 7

Математико-статистична оцінка даних зв'язку швидкості потоку рідини у біофільтрі та інтенсивності вилучення хімічних сполук із стічних вод

Функція	Область визначення функції	Щільність зв'язку (коефіцієнт детермінації)	Рівняння залежності	Погрішність рівняння (±m)
ЗР, мг/л	10<ЗР>60	0,96	ЗР = -9,50s ⁻² - 196,51s + 60,18	2,5
Сульфати, мг/л	10<S>60	0,96	S = -11,30s ² + 272,80s + 53,03	2,7
Фосфати, мг/л	10<P>70	0,92	P = 107,48e ^{-0,99,39s}	6,4
Залізо заг., мг/л	10<Fe>60	0,96	Fe = -18,43s ² + 1814,5s + 62,0	3,3
ХСК, мгО ₂ /л	10<X>80	0,96	ХСК = -0,03s ² + 547,30s + 84,1	4,8
БСК ₅ , мгО ₂ /л	10<Б>80	0,94	БСК = -18,47s ² + 1,69s + 82,36	5,9

Таким чином, для отримання максимальної глибини очищення стоку, швидкість протoku рідини в біофільтрі не повинна перевищувати $0,004 \text{ м}^3/\text{год} \cdot \text{м}^2$. Однак для виробництва така швидкість є замалою. За незначного збільшення швидкості потоку води до $0,008 - 0,01 \text{ м}^3/\text{год} \cdot \text{м}^2$ якість очищення відрізняється лише на 1–5 %. Тому, вона є оптимальною за даних умов.

Визначення впливу кількості біомаси *E.crassipes* на ефект очищення модельних розчинів. Для виявлення можливості застосування очищення СВ процес проводили у періодичному режимі впродовж 120 год при різній концентрації рослин Ейхорнії (від 6 до 12 г/л за сухою речовиною).

Як показали результати досліджень, за концентрації рослин 12 г/л, порівняно з початковою 6 г/л та 8 г/л було досягнуто більшого ступеня очищення стоків від ЗР – на 25,7 та 7,4%, амонійного азоту на – 47,5 та 13,7%, фосфатів – на 46,1 та 15,4%, сульфатів – на 16,2 та 9%, хлоридів – на 5,6 та 1,8%, заліза – на 2,8 та 0,5% відповідно. Вміст органічних забруднень в очищеній воді за концентрації рослин 12 г/л зменшився ще на 17,7% за ХСК і на 18,3% за БСК (рис.9).

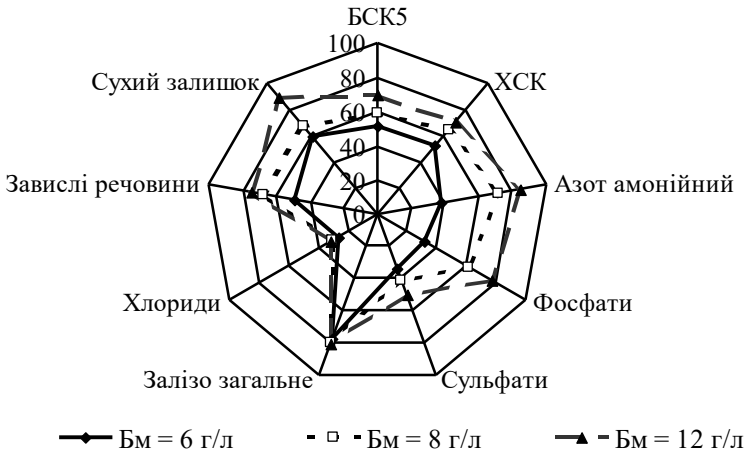


Рис. 9. Залежність ефекту очистки (E, %) від концентрації біомаси рослин *Eichornia crassipes* (Бм, г сухої речовини/л)

У розділі 5 «Технологічна схема та споруди біологічного очищення стічних вод» відзначено, що пріоритетами при розробці біологічної складової нової технології очищення СВ є екологічна чистота та безпека, надійність роботи споруд, реалізація трофічного ланцюга – очисних агентів.

Для забезпечення рівномірної подачі стоків на споруди біологічної очистки через високу нерівномірність надходження та значні коливання концентрацій забруднень СВ у технологічну схему очищення доцільно включити усереднювач, що пояснюється не тільки високим коефіцієнтом нерівномірності надходження, коливаннями концентрацій та температури СВ, а й можливістю зменшити концентрації БСК₅, ХСК, амонійного азоту у процесі усереднення за рахунок хімічного окиснення.

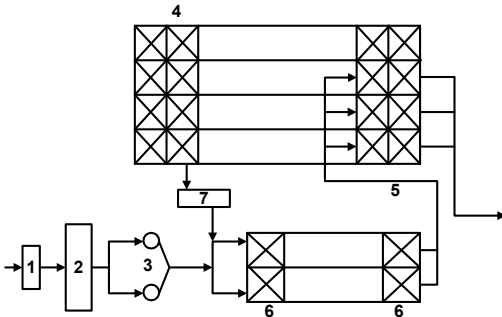


Рис.10. Технологічна схема очищення стічних вод

- 1 – приймальна камера;
- 2 – решітки;
- 3 – пісковловлювач;
- 4 – регулююча ємність;
- 5 – біореактор з ВВР;
- 6 – аеротенк-освітлювач;
- 7 – насосна станція.

Для ефективного використання *E.crassipes* у процесах мінералізації нерозчинених органічних речовин необхідно створити умови для їх інтенсивного розвитку. У конструктивній схемі біофільтру реалізується дане положення (рис. 11).

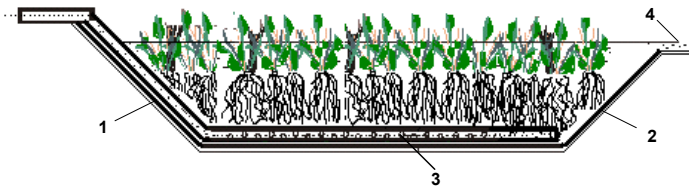


Рис. 11. Принципова схема біофільтру

- 1 – резервуар з ВВР; 2 – гідралічна ізоляція;
- 3 – розподільна система; 4 – відвідний трубопровід.

Для можливості проведення промивки споруди біофільтру доцільно спорудити із декількох окремих секцій. Розподільна система біофільтру являє собою систему дірчастих трубопроводів, прокладених вздовж дна споруди. Для запобігання засмічення отвори робляться у нижній частині труби. Виходячи із умови, що довжина підводної частини рослин не занурюються у воду нижче, ніж на 30–40 см, глибина повинна бути рівною 0,5 м.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі обґрунтовано та розроблено технологічну схему біологічного очищення стічних вод із домінуючим видом *Eichornia crassipes*, досліджено дану біотехнологію та визначені оптимальні показники її роботи.

1. Очистка стічних вод за відомими наразі технологіями недостатньо ефективна. Одними з найновіших в даній сфері є екологічні методи, що базуються на застосуванні на ставках-відстійниках біологічного способу очищення стічних вод з використанням вищої водної рослинності.
2. Застосування на ставках-відстійниках біологічного способу очищення стічних вод є ефективним щодо більшості розчинених сполук у широкому діапазоні концентрацій.
3. Досліджувана рослина *E. crassipes* успішно акліматизована. У зоні Полісся період вегетації ейхорнії може продовжуватися від 4 до 7 місяців. Найбільш активна вегетація рослин відбувалася у відстійниках, де у водойму постійно надходить вода з підвищеною концентрацією більшості інгредієнтів.
4. Середньомісячний приріст надводної частини склав 4,8 см, найвищий приріст спостерігався на другому місяці життя і сягав 11–13 см, мінімальний 1 см – на 5-му та 6-му місяцях життя. Середньомісячний приріст підводної частини – 7,3 см, максимальний приріст становив – 15 см на 2-му та 3-му місяцях життя, мінімальний – 1-2 см – на 5-му та 6-му місяцях життя. Середньомісячний приріст фітомаси рослин *E. crassipes* становить – 39,2 г. При різних умовах глибини водойми, у якій зростає рослина ейхорнії, спостерігалися різні рівні розвитку рослин за такими показниками як: щільність рослин, висота рослин та їх вага. Найкращими показниками були у рослин, що зростали на глибині 1,5–2 м та більше.
5. 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 в квітні відповідно. Оцінка гідробіотанічної очистки стоку за показником частки вилучення з водного розчину інгредієнтів свідчить про високу ефективність використання *E. crassipes*, про що свідчать варіаційно-статистичні показники вилучення елементів і сполук з водного розчину.
6. Стоки, очищені за температури водного середовища 35 ± 2 °C, мають найвищі показники щодо зниженню вмісту таких інгредієнтів, як ХСК – 1940 мгО₂/л, БСК₅ – 1008 мг О₂/л, фосфатів – 0,07 мг/л; заліза – 0,00 мг/л; сульфатів – 102,24. За даними показниками стічні води не потребують повторної обробки. Стоки, очищені за температури 40 ± 2 °C, за деякими показниками мають кращі результати, ніж очищені за 35 ± 2 °C, насамперед показник ХСК – 190 мгО₂/л; завислі частки – 61,48 мг/л і також цілком відповідають допустимим нормам забруднення. У термофільному режимі (за 45 ± 2 °C) відбувається мінімальне видалення органічних речовин з води за максимальний час, СВ, що очищувались за 45 ± 2 °C, потребують повторної обробки, а стоки, що оброблялися за температури 35 ± 2 °C і 40 ± 2 °C, можуть бути направлені на подальше доочищення.

7. Швидкість потоку рідини в біореакторі не повинна перевищувати $0,008 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$. Якщо швидкість потоку рідини в апараті – $0,004 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$., то глибина очистки найбільша і становить 58%. Зі зростанням швидкості потоку якість очищення стоків зменшується, а значення речовин, що підлягають очистці на виході з біореактору, відповідно підвищується. При незначному збільшенні швидкості потоку води до $0,008\text{--}0,01 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$. якість очищення зменшується лише на 6–8%.
8. При концентрації рослин 12 г/л відбувається зменшення вмісту органічних забруднень за ХСК на $70,3 \pm 6,5$, за БСК₅ на $69,7 \pm 6,1$, покращуються показники кислотності, мінералізації ($89,1 \pm 7,2$) та вміст розчиненого кисню в очищеній воді.
9. Очищення стічних вод з використанням рослин виду *E. crassipes* показує, що якість очищених стоків, де ступінь очищення сягає 80–90 %, відповідає вимогам якості

РЕКОМЕНДАЦІ ВИРОБНИЦТВУ

1. Для очищення стічних вод використовувати біофільтр з рослинами *E. crassipes* після попередньої очистки від механічних домішок;
2. При очищенні стічних вод у біофільтрі використовувати такі параметри: температура води у біофільтрі не повинна перевищувати 40°C, швидкість потоку води – $0,008\text{--}0,01 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$., концентрація рослин *E. crassipes* за сухою речовиною – 8–12 г/л.

На основі результатів експериментальних досліджень розроблені рекомендації з проектування споруд технологічної схеми біологічного очищення стічних вод. Біотехнологію впроваджено в проектних розробках біологічного очищення очисних споруд селянсько-фермерського господарства «Едельвейс» с. Стрижівка Любарського району Житомирської області.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Василюк Т.П. Біологічний метод очистки побутових міських стоків / Т.П. Василюк // Науковий вісник ДАУ: зб. наук.-техн. праць. – Житомир, 2007. – Вип. 2. – С. 216–223.
2. Василюк Т.П. Використання гідробіонтів роду *Eichornia crassipes* для очистки стічних вод. / Т.П. Василюк // Екологія та безпека життєдіяльності. – Київ, 2008. – Вип. 4. – С. 63–69.
3. Василюк Т.П. Ефект очищення стічних вод біологічним методом з використанням рослин виду *Eichornia crassipes* за різного гідравлічного навантаження / Т.П. Василюк // Біотехнологія: науковий журнал. – Київ, 2009. – Вип.1. – С.89-96.
4. Василюк Т.П. Дослідження процесів очищення стічних вод на біофільтрах з водними рослинами роду *Ейхорнія* / Т.П. Василюк // Меліорація і водне господарство: Міжвідомчий тематичний наук.збірник. – К.:Аграрна наука, 2008. – С. 234-244.

5. Біофільтр для очистки стічних вод різного походження з використанням вищої водної рослинності виду *Eichornia crassipes* / Василюк Т.П., Дема В.М., Васенков Г.І., Пазич В.М.// Науковий вісник ЖНАЕУ: зб.наук.-техн.праць.– Житомир, 2009. – Вип. 1.– С. 283–289. *(проведення експериментальних досліджень, аналіз одержаних результатів)*.
6. Василюк Т.П. Використання *Eichornia crassipes* для очищення водних середовищ від поллютантів техногенного походження за результатами фізичного моделювання / Т.П. Василюк // Екологія та інженерія. Стан, наслідки, шляхи створення екологічно чистих технологій: збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-методичної конференції з міжнародною участю. – Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2006. – С. 64–66.
7. Василюк Т.П. Біологічне очищення стічних вод в різних температурних режимах водного середовища / Т.П. Василюк // Роль меліорації в забезпеченні сталого розвитку землеробства: мат. всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених (4–5 грудня 2007 р.). – К.: Інститут гідротехніки і меліорації УААН, 2007. – С. 58–60.
8. Василюк Т.П. Використання *Eichornia crassipes* для очистки стічних вод різного походження / Т.П. Василюк // Вода: проблеми і шляхи вирішення: мат. другої науково-практичної конференції (20 листопада 2007 р.). – Житомир. – С. 104–109.
9. Василюк Т.П. Біологічне очищення стічних вод різного походження / Т.П. Василюк, І.П. Буднік, Г.І. Васенков // Сучасні проблеми екології та геотехнологій: мат. V Міжнародної наукової конференції студентів, магістрів та аспірантів (19–22 березня 2008 р.). – Житомир. – С. 91–92.
10. Василюк Т.П. Очищення побутових стоків на рослинному біофільтрі з використанням рослин виду *Eichornia crassipes* / Т.П. Василюк, Г.І. Васенков, І.П. Буднік // Наука. Молодь. Екологія: мат. IV науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (22–23 травня, 2008 р.). – Житомир, 2008. – С. 194–198.
11. Василюк Т.П. Біологічне очищення стічних вод з використанням гідробіонтів / Т.П. Василюк, В.М. Пазич / Сучасні проблеми екології та геотехнологій: тези VI Міжнародної наукової конференції студентів, магістрів та аспірантів (19–22 березня 2009 р.). – Житомир, 2009. – С. 14–16.
12. Васенков Г.І. Агрогідрологічні властивості меліорованих ґрунтів: навчальний посібник для лабораторних та практичних занять / Г.І.Васенков, О.Є.Поліщук, Т.П.Василюк [та ін.] // Житомир, 2008. – 107 с. *(підготовка матеріалів та написання розділів: аналіз і вивчення гідрологічних величин у часі, водорежимні розрахунки)*
13. Василюк Т.П. Використання вищої водної рослинності виду *Eichornia crassipes* для очистки сільськогосподарських стоків / Т.П. Василюк, В.М. Климчук // Інновації для сільського господарства: мат. міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрів та аспірантів. – Житомир, 2008 р. – С. 81–83.

14. Василюк Т.П. Очистка стоків сільськогосподарського походження на біофільтрі з вищою водяною рослинністю виду *Eichornia crassipes* / Василюк Т.П., Пазич В.М, Васенков Г.І. // Наука. Молодь. Екологія – 2009: мат. V науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (27–29 травня, 2009 р.). – Житомир, 2009. – С. 91-92.

АНОТАЦІЯ

Василюк Т.П. Біологічне очищення стічних вод різного походження. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю *03.00.16 – екологія*. – Житомирський національний агроекологічний університет, Житомир, 2009.

Дисертація присвячена вивченню біологічного очищення з використанням гідробіонтів виду *Eichornia crassipes*, дослідженню цієї технології для визначення оптимальних показників роботи та удосконаленню способу очищення.

У дисертації наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової проблеми, що полягає у відсутності ефективної та екологічно виправданої технології очищення стічних вод. Наукове завдання полягало в обґрунтуванні ефективної технології очищення стічних вод, яке вирішене шляхом експериментальних досліджень процесів трансформації забруднень у стоках.

У дисертаційній роботі наведені результати спостережень за екологічними особливостями рослин виду *E.crassipes*, оцінена можливість культивування їх для очистки стічних вод, визначені оптимальні умови утримання та розмноження рослин в умовах штучного клімату та в умовах реальних очисних споруд. Визначені особливості росту рослин виду *E.crassipes* у різних за забрудненням водних середовищах за такими показниками: приріст надводної та підводної частин, приріст фітомаси. Визначена залежність розмірів та ваги рослин від щільності їх зростання. Отримані дані щодо впливу температур водного та повітряного середовища на ефект очистки стічних вод, досліджено залежності інтенсивності очистки від гідравлічного навантаження на біофільтр та кількості біомаси рослин у біофільтрі.

Основні результати досліджень знайшли відображення в рекомендаціях виробництву щодо оптимізації умов культивування рослин, запропоновано спосіб у вигляді технологічної схеми очистки стічних вод.

Ключові слова: біофільтр, стічні води, вища водна рослинність, *Eichornia crassipes*, біологічне очищення.

АННОТАЦИЯ

Василюк Т.П. Биологическая очистка сточных вод различного происхождения. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности *03.00.16 – экология*. –

Житомирский национальный агроэкологический университет, Житомир, 2009.

Диссертация посвящена изучению биологической очистки с использованием гидробионтов вида *Eichornia crassipes*, а также исследованию этой технологии для определения оптимальных показателей ее работы.

В диссертационной работе представлены результаты наблюдений за экологическими особенностями растений вида *E. crassipes* и оценена возможность практического их культивирования для очистки сточных вод, определены оптимальные условия содержания, интенсивного размножения и размещения растений, поддержания их численности в течение вегетации в условиях искусственного климата и реальных очистных сооружений.

Установлено, что растения вида *E. crassipes* успешно адаптировалось к местным экологическим условиям. Период вегетации эйхорнии в условиях Полесья может продолжаться 4...7 месяцев. Наиболее активная вегетация наблюдается у растений, находящихся в отстойниках, куда постоянно поступают сточные воды с повышенной концентрацией исследуемых ингредиентов стока. Среднемесячный прирост фитомассы *E. crassipes* составляет 39,2 г.

С повышением среднесуточной температуры воздуха и продолжительности светового дня интенсивность извлечения ингредиентов из водного раствора возрастает и достигает максимума в теплые летние месяцы – июль и август, минимума – в апреле. Оценка гидробиотической очистки стока по показателям извлечения из водного раствора ингредиентов свидетельствует о высокой эффективности использования *E. crassipes*.

Оптимальным режимом проведения процесса очистки сточных вод является очистка при температуре водной среды 35 ± 2 °С. Сточные воды, очищенные при такой температуре, имели наилучшие показатели извлечения содержания таких ингредиентов как ХПК – 1940 мгО₂/л, БПК₅ – 1008 мгО₂/л, фосфатов – 0,07 мг/л; железа – 0,00 мг/л; сульфатов – 102,24 мг/л. Стоки, очищенные при температуре 40 ± 2 °С, по некоторым показателям имели лучшие результаты, чем при очистке сточных вод с температурным режимом 35 ± 2 °С (ХПК – 190 мгО₂/л; взвешенные вещества – 61,48 мг/л). При термофильном режиме (при 45 ± 2 °С) происходит минимальное извлечение веществ из воды за максимальное время.

Определено оптимальную скорость протока воды в биофильтре. При скорости протока воды в биофильтре 004 м³/м²·час – глубина очистки наивысшая и составляет 58%. С повышением скорости течения воды – качество очистки стока падает, однако при незначительном повышении скорости протока воды до 0,008 – 0,01 м³/м²·час качество очистки уменьшается всего на 6–8 %.

Доочистка сточных вод, обработанных при разных концентрациях растений *E. crassipes* показала, что при концентрации растений 12 г/л по сравнению с 6 г/л и 8 г/л была достигнута наивысшая степень очистки стоков от взвешенных частиц, аммонийного азота, фосфатов, сульфатов,

хлоридов, железа. Значения рН, жесткости воды и растворенного кислорода по всем вариантам улучшились.

Технология очистки сточных вод с использованием растений вида *E. crassipes* показывает, что качество очищенных стоков (степень очистки 80–90 %), отвечают требованиям к качеству стоков.

На основании результатов экспериментальных исследований разработаны рекомендации по проектированию сооружений биологической очистки сточных вод.

Ключевые слова: биофильтр, сточные воды, высшая водная растительность, *Eichornia crassipes*, биологическая очистка.

ANNOTATION

Vasylyuk T.P. The Biological purification of sewage of various origin. – Manuscript.

Thesis for a Candidate degree in Agricultural in Speciality 03.00.16 - *Ecology*. –Zhitomir National Agroecological University, Zhitomir, 2009.

The thesis covers the research related to the biological purification with the use of *Eichornia crassipes* genus hydrobionts, as well as to studying this technology for determining the optimal indices of work and improving the purification technique.

The thesis presents the theoretical generalization and a new way of solving the scientific problem which lies in the absence of the efficient and ecologically justified technology of the sewage purification. The research was aimed at substantiating an efficient technology of the sewage purification. The above problem was solved through carrying out the experimental investigation into the processes of transforming the sewage pollution/

The thesis also highlights the results of the observation about the ecological peculiarities of *E. crassipes* genus plants. The author presents the evaluation of the possibility of cultivating the plant for the sewage purification, Determines the optimal condition for keeping and reproducing the plant under the condition of the artificial climate and real purification structures.

The author also determines the peculiarities of *E. crassipes* genus plant growth in various (as to the level of pollution) water environments according to the following indices: the gain in the surface parts and the gain of fitomass. The dependence of the plant size and weight on their growth density is determined. The data related to the effects of the temperature of the aquatic and aerial environment on the sewage purification efficiency are obtained, the dependence of the purification intensity on the hydraulic load on the biofilter and on the plant biomass quantity in the biofilter is investigated.

The basic results obtained are reflected in the recommendation for the production as to the optimization of the plant cultivation conditions. A technological scheme of the sewage purification is suggested.

Keywords: biofilter, sewage, highest aquatic plant, *Eichornia crassipes*, biological purification.

Підписано до друку 09.07.2009 р.

Умов.друк.арк. 0,9. Формат 60×90_{/16}
Тираж 100 примірників. Зам. № 126.

Свідоцтво суб'єкта про державну реєстрацію
ДК №3402 від 23.02.2009 р.

Житомирський національний агроекологічний університет
10008, м. Житомир, бульвар Старий, 7