

УДК 504.064.3:574 (477.42)

РОМАНЧУК Л.Д., д-р с.-г. наук

ВАСИЛЮК Т.П., ПАЗИЧ В.М., кандидати с.-г. наук

*Житомирський національний агроекологічний університет***ГІДРОФІТНЕ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД В БІОЛОГІЧНИХ СТАВКАХ ЖИТОМИРСЬКОГО РЕГІОНУ**

Доведено взаємозв'язок між кількістю індикаторних видів в основних річках Житомирщини і гідрохімічними показниками. Найкращого розвитку на стічних водах КП «Житомирводоканал» отримали рослини ейхорнії прекрасної. На усіх варіантах за вирощування ейхорнії на стічних водах КП «Житомирводоканал» за гідрохімічними показниками: рН, лужність, залізо загальне, фосфати, завислі речовини, ХСК та БСК₅ спостерігалось покращення якісних характеристик води. Тому, використання ейхорнії у біоставках попередньої очистки стічних вод є досить ефективним. Біохімічний склад фітомаси суттєво різниться у різних частинах рослин. Зокрема більше полютантів зафіксовано у кореневій системі рослин, що безпосередньо контактує зі стічними водами.

Ключові слова: гідробіонти, стічні води, біоставки, очищення, забруднення.

Постановка проблеми. Як показують численні дослідження, на сучасному етапі значні зміни екологічного стану переважної більшості річок України, під тиском антропогенного навантаження, призвели до деградації і розпаду водних та басейнових екосистем.

Біологічному очищенню піддаються стоки, в основному забруднені речовинами органічної природи і біогенними елементами, а також характеризуються високим вмістом завислих речовин. Біологічні методи добре себе зарекомендували в системі очищення комунально-побутових стоків, як найбільш екологічно та економічно вигідні. Біоочищення слугує завершальним етапом після механічної та фізико-хімічної очистки, тому нами розпочато дослідження систем гідрофітного очищення в біологічних ставках Житомирського регіону, як найбільш оптимального варіанта вирішення водоохоронних проблем. Стічні води очищуються незадовільно і використання біологічних ставків або мулових майданчиків дещо покращують становище. Тому інтенсифікація процесів очищення саме у цій частині важлива та необхідна.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасні наукові погляди та результати досліджень різних науково-дослідних інститутів, аналіз фітофільтраційного способу очищення і доочищення промислових, сільськогосподарських вод, що надходять у водойми за допомогою вищої водної рослинності, аналіз складу біоценозів очисних споруд, ценозів природних водойм, що зазнали сильного антропогенного навантаження [1, 2, 5, 6] та результати власних досліджень [3] дозволили зробити висновок про доцільність культивування вищих водних рослин в очисних установках для очистки стічних вод. Однак, слід зазначити, що такі питання в умовах Поліського регіону вивчені недостатньо, а питання еколого-біологічних особливостей водяного гіацинту не вивчалися взагалі.

Мета, завдання та методика досліджень. Метою роботи було визначення флористично-екологічних особливостей видового складу індикаторних макрофітів та їх здатності трансформувати полютанти природного і антропогенного походження з метою фітомеліорації водних об'єктів Житомирщини.

Збір основного рослинного матеріалу було здійснено маршрутним і напівстаціонарним методами [5, 13] впродовж вегетаційного періоду 2013-2014 рр.

Для проведення досліджень було побудовано модельні установки для лабораторних досліджень очищення стічних вод (рис. 1). Установка дозволяє проводити процес очищення в періодичному режимі культивування організмів. В модельні установки заливали воду, яка надходить на станцію першого підйому КП «Житомирводоканал» та стічну воду, що поступає на очисні споруди КП «Житомирводоканал».

Дослідження щодо можливості використання індикаторної флори для доочищення стічних вод було також поведено в 2 етапи: відбір рослин, які найкраще зростають в умовах сильного антропогенного забруднення; дослідження впливу життєдіяльності рослин на фізико-хімічні показники води.

Всі аналізи з визначення показників якості води (прозорість, рН, електропровідність, жорсткість, вміст завислих речовин, вміст Cl^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) виконували згідно з чинними керівними

нормативними документами [7-12] та методичними розробками [4, 13] у відділі інструментально-лабораторного контролю Державної екологічної інспекції у Житомирській області. Хімічний склад вегетативної маси рослин *E. crassipes* визначали в лабораторії Житомирської філії Державного науково-технологічного центру охорони родючості ґрунтів "Центрдержродючість" згідно з чинними керівними нормативними документами за показниками: азот загальний, фосфор загальний, калій загальний, зола, кальцій, клітковина, жир, мідь, цинк, марганець, кобальт, залізо, свинець, кадмій.

У експериментальні ставки було висаджено 10 видів рослин, а саме: рогіз широколистий, р. лаксмана, р. вузьколистий, очерет, камиш, сусак, їжача голівка, лепеха, частуха та осока. У другому ставку була проведена посадка комишу, очерету і рогози. На 1 м² площі ставка висаджували 15-20 рослин, і тільки комишу озерного на 1 м² було висаджено 35-50 рослин. У третьому ставку був висаджений перспективний інтродукований вид вищих водних рослин ейхорнія прекрасна.

Результати досліджень та їх обговорення. В таблиці 1 наведені дані щодо адаптації ВВР до стічних вод, розкрита роль взаємодії різних видів ВВР між собою.

На дослідних біостваках після підрахунку рослин виявлено, що розростання очерету складає 80-90 рослин на 1 м², рогози – 30-50 рослин на 1 м², комишу в другому ставку: на початку – 30-50 рослин на 1 м², всередині – 20-30 рослин на 1 м², в кінці – 80-120 рослин, півників – 50 рослин на 1 м².

Стічна вода на вході в ставки мала різкий гнильний запах, БПК₅ коливались від 300 до 400 мг О₂/л, завислі частки – 3500-4000 мг/дм³. У пробах на виході з усіх ставок БСК₅, ХСК і завислі частки зменшувались до 400-500; 150-200; 90-100 мг/дм³ відповідно, в пробах усіх варіантів через тиждень був відсутній гнильний запах, вміст завислих речовин знижувався до 100 мг/дм³, БСК₅ – до 20 мг/дм³, з'являлися сліди розчиненого кисню.

За результатами досліджень встановлено, що найкращого розвитку на стічних водах КП «Житомирводоканал» отримали рослини у третьому біоствавку, у якому зростали виключно рослини ейхорнії прекрасної, тому для подальшого проведення досліджень з фітомеліоративної функції вищих водних рослин нами було досліджено динаміку біохімічних показників якості води за зростання на них рослин даного виду.

Таблиця 1 – Адаптація та частка загиблих ВВР, висаджених в дослідних ставках за наявності сирих стічних вод

№ п/п	Вид рослин	% загиблих рослин	Кількість рослин на 1 м ²	Примітка
I біоствавок	1. Їжача голівка	10	35	Нові пагони
	2. Сусак	84	16	Пагонів немає
	3. Цицинія	60	20	Розростання немає
	4. Півники	18	84	Нових пагонів немає
	5. Осока	100	0	Загинули
	6. Рогіз	33	31	Нові пагони
	7. Частуха	100	0	Загинули
	8. Лепеха	0	42	Нові пагони
	9. Комиш	36	29	Нові пагони
	10. Очерет	85	18	Пригнічений, пагонів немає
II біоствавок	Комиш	22	55	Пригнічений
	Рогіз широколистий	16	26	Пагонів немає
III біоствавок	Ейхорнія прекрасна	0	80	Нові пагони

У першу чергу слід відмітити, що особливу увагу ми звертали на явища, незвичні для стічних вод. Отже, після завантаження в біореактори гідробіонтів, в першу чергу спостерігали за реакцією рослин, на виділення пухирців газу з донних відкладень, появу підвищеної каламутності, стороннього кольору, запаху, цвітіння води.

При завантаженні стічних вод у контрольовані умови їх слід охарактеризувати як гнильний (D3) із балом **запаху V**. Через один тиждень у біореакторах запах зменшився на два бали. Під кінець місяця запах води характеризувався як слабкий із балом II.

На момент завантаження стічних вод у біореактор їх можна було охарактеризувати як дуже каламутні, наприкінці досліджу – малокаламутні (рис. 1).



Рис. 1. Каламутність води до початку (сильнокаламутна) (А) та після (малокаламутна) (Б) експерименту.

Протягом періоду проведення експерименту спостерігалася тенденція до покращення рівня рН, зокрема, на початку експерименту рН виходив за межі допустимого 6,14-6,20 (рис. 2). Вже через тиждень вирощування гідробіонтів на стічних водах показник рН почав зміщуватися вправо і на момент завершення експерименту відповідав вимогам, які існують до складу і властивостей води водопунктів питного водокористування (6,69-6,74).

За результатами досліджень, концентрація нітратів протягом усього періоду досліджень мала тенденцію до значних коливань, загальної тенденції зменшення мінерального азоту загалом не спостерігалось, що цілком характерно для споруд біологічної очистки (рис. 3). Очевидно, це пов'язано із високим вмістом аміачного азоту (55,8-60,8 мг/л) на початку експерименту та його перетворенням з аміачної форми в нітритну, а згодом і нітратну. Поява окислених форм свідчить про глибоке проходження процесу, адже на фоні загального зниження БСК вуглецевмісні сполуки інтенсивно окислюються.

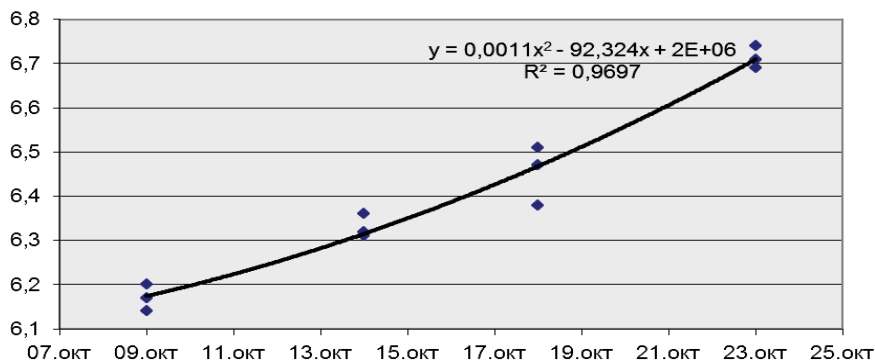


Рис. 2. Динаміка рН стічних вод за вирощування на них гідробіонтів.

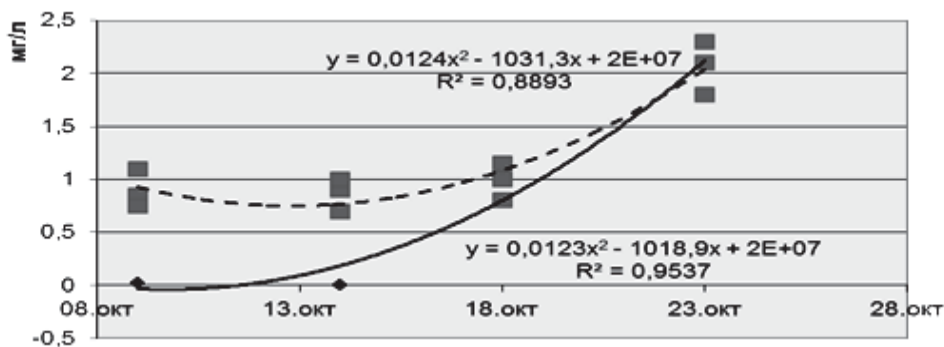


Рис. 3. Динаміка концентрації нітратів (-----) та нітритів (- - - -), мг/л у стічних водах за вирощування на них гідробіонтів.

Вміст у стічних водах хлоридів і сульфатів не змінюється в результаті їх обробки механічними і біологічними методами. Ця сталість може бути своєрідним контролером за ступенем точності виконаних аналізів (рис.4).

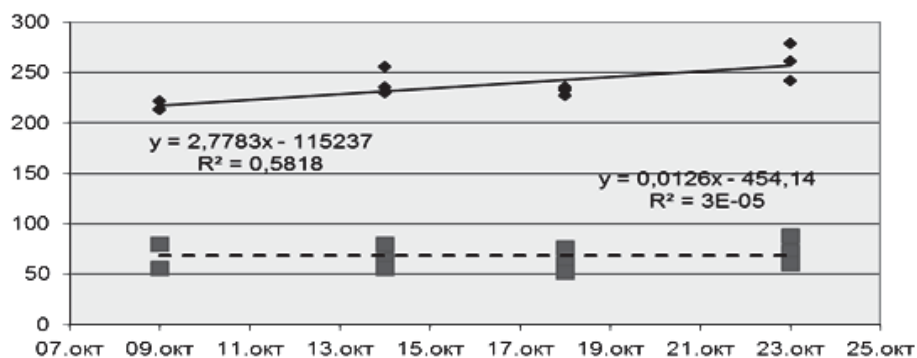


Рис. 4. Концентрація сульфатів (---) та хлоридів (-----), мг/л, у стічних водах біореакторів з гідробіонтами.

Протягом усього періоду досліджень коливання концентрації сульфатів було в межах 10 %, що свідчить про достовірність проведених досліджень, вміст хлоридів мав тенденцію до незначних коливань синусоїдного типу протягом періоду досліджень, однак, значних відхилень від початкового вмісту не спостерігалось (рис. 6).

На усіх досліджених варіантах спостерігалось зниження концентрації заліза загального в середньому на 44,36 %, максимальне поглинання рослинами заліза загального спостерігалось у варіанті № 3 – 62,77 % (рис. 5).

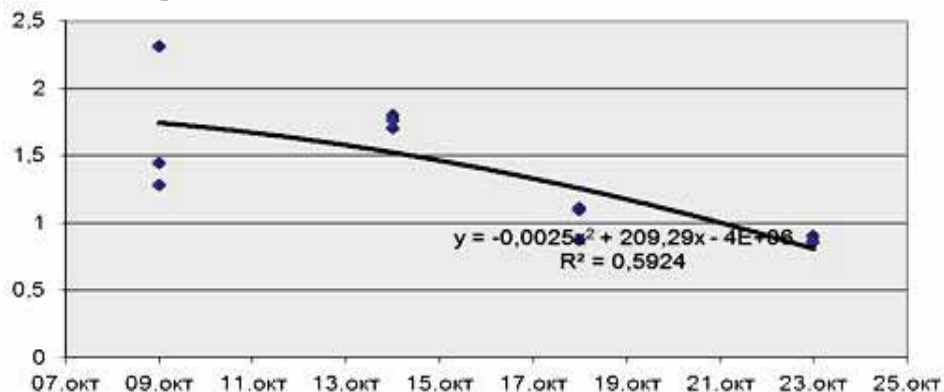


Рис. 5. Концентрація заліза загального у стічних водах біореактора з гідробіонтами.

Як показують результати досліджень, динаміка вмісту завислих часток у біореакторі з гідробіонтами мала свою специфіку. Зокрема, вже у перший тиждень проведення експерименту концентрація завислих часток зменшилася у стічній воді більше ніж у 5 разів (з $36,8 \pm 0,33$ до $9,7 \pm 0,21$ мг/кг). У наступні тижні концентрація завислих часток продовжувала зменшуватися, але значно повільніше (рис. 6). Загалом, концентрація завислих речовин протягом експерименту зменшилася у 6,3 рази.

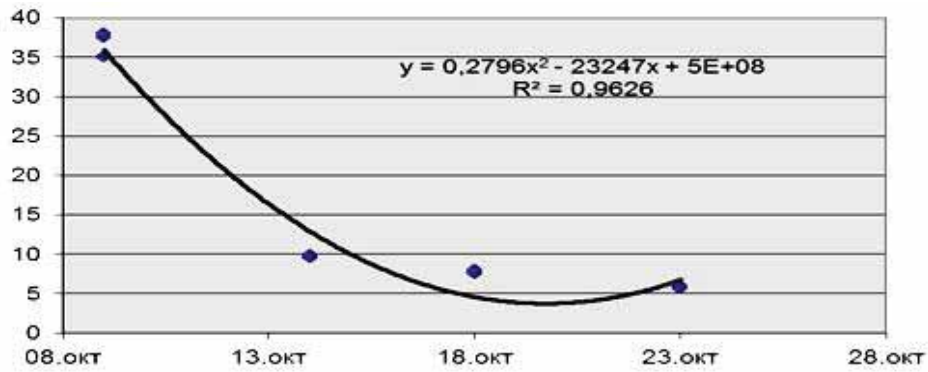


Рис. 6. Динаміка вмісту завислих часток у стічних водах біореактора з гідробіонтами.

Як показали результати наших досліджень, до початку експерименту стічні води характеризувались як дуже забруднені, однак вже за перший тиждень експерименту показник БСК₅ знизився у 5 разів, у наступні тижні інтенсивність очищення знизилася і до закінчення експерименту БСК₅ склало лише 1,3 рази (рис. 7).

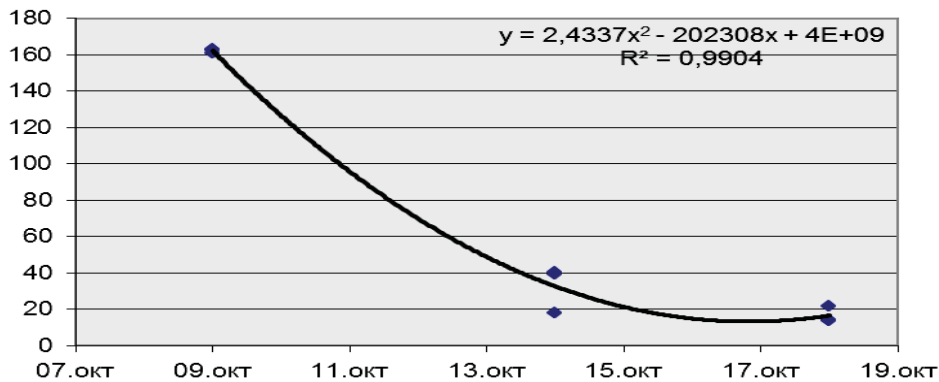


Рис. 7. Динаміка вмісту БСК₅ (мг O₂/л) у стічних водах біореактора з гідробіонтами.

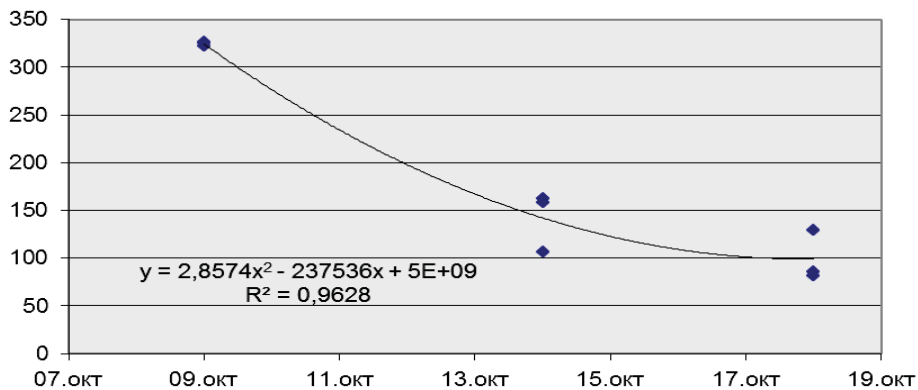


Рис. 8. Динаміка вмісту ХСК (мг O₂/л) у стічних водах біореактора з гідробіонтами.

Як видно з початкових та кінцевих значень БСК₅ та ХСК, у досліджуваних стічних водах наявні переважно важкоокисні речовини, в такому випадку можна рекомендувати в технологію очищення стічних вод включити попереднє очищення за допомогою гідробіонтів.

Отже, на усіх трьох варіантах за біохімічними показниками спостерігалось значне покращення якісних характеристик води. Тому, використання ейхорнії у біоставках попередньої очистки стічних вод є досить ефективним.

Окрім цього було проаналізовано біохімічний склад рослинної маси гідробіонтів, які використовувалися у процесах очищення стічних вод. Біохімічний склад фітомаси суттєво

різниться у різних частинах рослин, тому проконтрольовано склад надводної та підводної частин рослин.

Фітомаса ейхорнії характеризується досить високим вмістом азоту – у зеленій масі його вміст був вищий – $2,69 \pm 0,019$ %, а у корінні – $2,48 \pm 0,112$ % (табл.2).

Таблиця 2 – Біохімічний склад рослин *Ейхорнії прекрасної*, яка використовувалася в процесах очистки води

Показник	Зелена маса	Коріння
N, %	$2,69 \pm 0,019$	$2,48 \pm 0,112$
P, %	$0,74 \pm 0,002$	$0,87 \pm 0,011$
K, %	$1,93 \pm 0,004$	$0,46 \pm 0,044$
Зола, %	$17,68 \pm 0,832$	$15,41 \pm 0,871$
Ca, %	$1,86 \pm 0,023$	$1,87 \pm 0,089$
Клітковина, %	$18,19 \pm 1,020$	$21,82 \pm 1,440$
Cu, мг/кг сухої реч.	$12,26 \pm 0,854$	$44,98 \pm 1,651$
Zn, мг/кг сухої реч.	$29,45 \pm 0,144$	$28,34 \pm 1,520$
Mn, мг/кг сухої реч.	$354,93 \pm 3,337$	$945,43 \pm 7,568$
Co, мг/кг сухої реч.	$1,67 \pm 0,041$	$3,67 \pm 1,102$
Fe, мг/кг сухої реч.	$146,63 \pm 4,536$	$1215,60 \pm 10,356$
Pb, мг/кг сухої реч.	$8,28 \pm 0,114$	$16,67 \pm 1,110$
Cd, мг/кг сухої реч.	$0,83 \pm 0,011$	$1,47 \pm 0,024$

Вміст фосфору у зеленій масі та кореневій системі також мав незначну різницю – $0,74 \pm 0,002$ % та $0,87 \pm 0,011$ % відповідно.

Вміст калію у досліджуваних рослинах не відхилявся від загальноприйнятих показників, загалом більшість рослин характеризуються високим вмістом калію ($0,9$ - $1,2$ % від сухої маси рослинних тканин) і у фітомасі водяного гіацинту протягом періоду досліджень його вміст також не перевищував 2 %. При цьому мінімальні показники вмісту загального калію характерні для підводної частини – $0,46 \pm 0,044$ %, а максимальні – для зеленої маси – $1,93 \pm 0,004$ %.

Для фітомаси ейхорнії властивий і досить високий вміст зольних елементів, вищий їх вміст у наземній частині – $17,68 \pm 0,832$ % від сухої маси, що на $2,3$ % більше ніж у корінні.

Вміст кальцію в органах *ейхорнії* у різних варіантах є менш мінливим – так у листі і коренях його вміст знаходиться на рівні $1,86$ - $1,87$ % від сухої маси. Проте, слід відмітити, що порівняно з іншими видами рослин, де вміст кальцію зазвичай знаходиться на рівні $0,2$ %, у ейхорнії його майже у 9 разів більше.

Стосовно розподілу клітковини по фітомасі рослин, слід відмітити дещо високі концентрації її як у листі – $18,19 \pm 1,020$ %, так і корінні – $21,82 \pm 1,440$ %.

Як показали результати досліджень, ейхорнія, як і більшість вищих водних рослин, здатна в значних кількостях накопичувати в собі важкі метали (свинець, ртуть, мідь, кадмій, нікель, кобальт, олово, марганець, залізо, цинк, хром), а також радіонукліди і таким чином вилучати дані метали з води.

Слід відмітити, що рослини знаходилися на субстраті, в якому вміст більшості важких металів в 25 , 16 , 76 і 110 разів перевищував встановлені ГДК води даних металів. Встановлено, що коренева система рослин ейхорнії, безпосередньо контактуючи зі стічними водами, накопичує у 2 - 10 разів більше важких металів, ніж наземна фітомаса. Це свідчить про інтенсивний перебіг процесу очищення води саме завдяки потужно розвинутій кореневій системі даного виду рослин. Зокрема вміст міді у кореневій системі у $3,7$ рази перевищував вміст цього елемента у зеленій масі, марганцю – у $2,7$ рази, кобальту – $2,2$; заліза – $8,2$; свинцю – 2 ; кадмію – у $1,8$ рази. Лише концентрація цинку у зеленій масі практично відповідала концентрації у кореневій системі ($29,45 \pm 0,144$ мг/кг сух. реч. проти $28,34 \pm 1,520$ мг/кг сух. реч.).

Висновки та перспективи подальших досліджень. Доведено взаємозв'язок між кількістю індикаторних видів в основних річках Житомирщини і гідрохімічними показниками. Найкращого розвитку на стічних водах КП «Житомирводоканал» отримали рослини ейхорнії прекрасної. На усіх варіантах за вирощування ейхорнії на стічних водах КП «Житомирводоканал» за біохімічними показниками: рН, лужність, залізо загальне, фосфати, завислі речовини, ХСК та БСК₅ спостерігалось покращення якісних характеристик води. Тому, використання ейхорнії у біоставках попередньої очистки стічних вод є досить ефективним.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
2. Бессонова В.П. Методи фітоіндикації в оцінці екологічного стану довкілля: навч. посіб. / В.П. Бессонова. – Запоріжжя: ЗДУ, 2001. – 196 с.
3. 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.
4. Глушков В.Г. Вопросы теории и методы гидрологических исследований / В.Г. Глушков. – М.: АНСССР, 1961. – 415 с.
5. Дубина Д.В. Класифікація вільноплаваючої рослинності водойм України / Дубина Д.В. // Український ботанічний журнал. – 1986. – Т.43, №5. – С. 1-15.
6. Дубняк С.С. Засади еколого-гідрологічного моніторингу рівнинних водосховищ / С.С. Дубняк // Тези доп. Другої Всеукраїнської наук. конф. „Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія”. – Київ, 2003. – С. 78-80.
7. КНД 211. 1.0. 009-94 Гідросфера. Відбір проб для визначення складу та властивостей стічних та технологічних вод. Основні положення. – Введ. 28. 12. 94. – К.: Технічний комітет з стандартизації ТК-82. – 1994. – 7 с.
8. КНД 211. 1.4. 023-95 Методика фотометричного визначення нітрит-іонів з реактивом Грісса в поверхневих та очищених стічних водах. – Введ. 25. 04. 95. – К.: Технічний комітет з стандартизації ТК-82. – 1995. – 7 с.
9. КНД 211. 1.4. 026-95 Методика турбидиметричного визначення сульфат-іонів в очищених стічних водах – Введ. 25. 04. 95. – К.: Технічний комітет з стандартизації ТК-82. – 1995. – 7 с.
10. КНД 211. 1.4. 027-95 Методика фотометричного визначення нітратів з саліциловою кислотою у поверхневих та біологічно очищених водах. – Введ. 25. 04. 95. – К.: Технічний комітет з стандартизації ТК-82. – 1995. – 7 с.
11. КНД 211. 1.4. 030-95 Методика фотометричного визначення амоній-іонів з реактивом Неслера в стічних водах. – Введ. 25. 04. 95. – К.: Технічний комітет з стандартизації ТК-82. – 1995. – 7 с.
12. КНД 211. 1.4. 039-95 Методика гравіметричного визначення завислих (суспендованих) речовин в природних стічних водах. – Введ. 25. 04. 95. – К.: Технічний комітет з стандартизації ТК-82. – 1995. – 7 с.
13. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.

REFERENCES

1. Alekin O.A. Osnovy gidrohimii / O.A. Alekin. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 444 s.
2. Bessonova V.P. Metody fitoindykacii' v ocinci ekologichnogo stanu dovkillja: navch. posib. / V.P. Bessonova. – Zaporizhzhja: ZDU, 2001. – 196 s.
3. Biofil'tr dlja ochystky stichnyh vod riznogo pohodzhennja z vykorystannjam vyshhoi' vodnoi' roslynnosti vydu *Eichornia crassipes* / Vasyljuk T.P., Dema V.M., Vasenkov G.I., Pazych V.M.// Naukovyj visnyk ZhNAEU: zb.nauk.-tehn.prac'.– Zhytomyr, 2009. – Vyp. 1. – S. 283–289.
4. Glushkov V.G. Voprosy teorii i metody gidrologicheskijh issledovanij / V.G. Glushkov. – M.: ANSSSR, 1961. – 415 s.
5. Dubyna D.V. Klasyfikacija vil'noplavajuchoi' roslynnosti vodojm Ukrai'ny / Dubyna D.V. // Ukrai'ns'kyj botanichnyj zhurnal. – 1986. – T.43, №5. – S. 1-15.
6. Dubnjak S.S. Zasady ekologo-gidrologichnogo monitoryngu rivnynnyh vodoshovyshh / S.S. Dubnjak // Tezy dop. Drugoi' vseukrai'ns'koi' nauk. konf. „Gidrologija, gidrohimija, gidroekologija”. – Kyi'v, 2003. – S. 78-80.
7. KND 211. 1.0. 009-94 Gidrosfera. Vidbir prob dlja vyznachennja skladu ta vlastyvoستей stichnyh ta tehnologichnyh vod. Osnovni polozhennja. – Vved. 28. 12. 94. – K.: Tehnichnyj komitet z standartyzacii' TK-82. – 1994. – 7 s.
8. KND 211. 1.4. 023-95 Metodyka fotometrychnogo vyznachennja nitryt-ioniv z reaktivom Grissa v poverhnevnyh ta ochyshhenykh stichnykh vodah. – Vved. 25. 04. 95. – K.: Tehnichnyj komitet z standartyzacii' TK-82. – 1995. – 7 s.
9. KND 211. 1.4. 026-95 Metodyka turbidymetrychnogo vyznachennja sul'fat-ioniv v ochyshhenykh stichnykh vodah – Vved. 25. 04. 95. – K.: Tehnichnyj komitet z standartyzacii' TK-82. – 1995. – 7 s.
10. KND 211. 1.4. 027-95 Metodyka fotometrychnogo vyznachennja nitrativ z salicylovoju kyslotoju u poverhnevnyh ta biologichno ochyshhenykh vodah. – Vved. 25. 04. 95. – K.: Tehnichnyj komitet z standartyzacii' TK-82. – 1995. – 7 s.
11. KND 211. 1.4. 030-95 Metodyka fotometrychnogo vyznachennja amonij-ioniv z reaktivom Neslera v stichnykh vodah. – Vved. 25. 04. 95. – K.: Tehnichnyj komitet z standartyzacii' TK-82. – 1995. – 7 s.
12. KND 211. 1.4. 039-95 Metodyka gravimetrychnogo vyznachennja zavyslyh (suspendovanyh) rehovyn v pryrodnykh stichnykh vodah. – Vved. 25. 04. 95. – K.: Tehnichnyj komitet z standartyzacii' TK-82. – 1995. – 7 s.
13. Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnyh vod i donnyh otlozhenij / Pod red. V.A. Abakumova. – L.: Gidrometeoizdat, 1983. – 240 s.

Гидрофитная очистка сточных вод в биологических прудах Житомирского региона

Л.Д. Романчук, Т.П. Василюк, В.М. Пазич

Доказана взаємозв'язок между количеством индикаторных видов в основных реках Житомирщины и гидрохимическими показателями. Наилучшего развития на сточных водах КП «Житомирводоканал» получили растения эйхорнии прекрасной. На всех вариантах при выращивании эйхорнии на сточных водах КП «Житомирводоканал» по гидрохимическим показателям: рН, щелочность, железо общее, фосфаты, взвешенные вещества, ХПК и БПК₅ – наблюдалось улучшение качественных характеристик воды. Поэтому, использование эйхорнии в биопрудах предварительной очистки сточных вод является эффективным. Биохимический состав фитомассы существенно различается в разных частях растений. В том числе больше поллютантов зафиксировано в корневой системе растений, которая непосредственно контактирует со сточными водами.

Ключевые слова: гидробионты, сточные воды, биопруды, очистка, загрязнение.

Надійшла 21.10.2014 р.