

ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

УДК 502.52: 504.4.054

DOI 10.31649/2311-1429-2023-1-172-176

Р.В. Петрук
Ю.О. Біліченко

ЗНИЖЕННЯ ЕВТРОФІКАЦІЇ ТА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ ЗА ДОПОМОГОЮ ВОДЯНОГО ГІАЦИНТУ

Вінницький національний технічний університет

*В даній роботі проаналізовано проблему очищення евтрофікованих водойм басейну Південного Бугу за допомогою вищої водної рослинності на прикладі водного гіацинту. Встановлено можливість ефективного використання для очищення вод рослин сорту *Eichhornia* у водоймах Поділля. Також встановлено можливість додаткового використання рослин сорту *Eichhornia* у якості складової біокормів, для одержання кормових дріжджів та муки, для отримання різних видів біопалива.*

Ключові слова: цвітіння водойм, фітопланктон, басейн річки Південний Буг, евтрофікація, водний гіацинт, *Eichhornia*.

Вступ

Проблема евтрофікації водних об'єктів нашої держави набуває все більшої актуальності в останні роки. Рівень і концентрація фотосинтезуючих організмів у водних об'єктах зростає, що підтверджується щорічним зацвітанням річок, ставків та озер, особливо в літні місяці. У Вінницькій області найбільша кількість ставків у Україні – це понад 5 тисяч, що зумовлює значну зарегульованість та повільний стік води. Як наслідок цього спостерігається посилення процесів евтрофікації водойм, при яких вода стає як «кисіль» непридатна для розвитку водної флори і фауни.

Способів вирішення цієї екологічної проблеми є низка, зокрема, покращення водотоку за рахунок покращення аерації та зменшення кількості гребель, пошук способів зменшення надходження поживних на одноклітинних водоростей речовин та ін [1]. Проте всі вони мають певні недоліки і є досить складними в реалізації.

Одним із способів зниження кількості біогенних елементів у воді є розвиток і ріст вищої водної рослинності, якими є водорості. Яскравим представником таких рослин є Ейхорнія, або як іноді ще цей вид називають водний гіацинт. Даний вид поширений у теплих субтропічних країнах та не пристосований для умов лісостепу України. Проте сприятливі умови для цього виду можна створити та використати його властивості для очищення води [2-8].

Метою даної статті є дослідження можливості використання водного гіацинту для зниження евтрофікації водних об'єктів басейну річки Південний Буг для подальшої розробки дієвих механізмів протидії явищам евтрофікації чи зменшення його впливу.

Аналіз параметрів досліджуваних об'єктів

Для експериментального дослідження властивостей ейхорнії по зниженню евтрофікації водойм було використано два ставки земель рекреаційного призначення в межах Літинської ОТГ Вінницької області. Ставки відносяться до басейну річки Згар. Ставок А – з значним вмістом вищих водних рослин та прозорою водою, ставок Б – великий рибогосподарський ставок зі значною концентрацією завислих частинок, зокрема, частинок фітопланктону.

Дослідження біохімічних параметрів оцінювалось окремо для обох ставків в лабораторіях хімії на кафедрах хімії Вінницького державного педагогічного університету та кафедрі екології, хімії та технології захисту довкілля Вінницького національного технічного університету у відповідності до вимог чинних нормативно-правових документів.

Для досліджень використовували такі методики:

- Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіук, та ін 1998.
- КНД 211.1.4.010-94 Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України.

За критеріями мінералізації, іонного та сольового складу проби води у обох ставках відносяться до I класу (прісні, олігогалінні води).

Аналіз за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями проводився за такими групами показників:

1) гідрофізичні – завислі речовини, прозорість (ставок А – I клас, 1 категорія; ставок Б – III клас, 4 категорія);

2) гідрохімічні – концентрація іонів водню, азоту амонійного, азоту нітритного, азоту нітратного, фосфору фосфатів, розчиненого кисню; перманганатна та біхроматна окислюваність, біохімічне споживання кисню (ставок А – V клас, 7 категорія; ставок Б – V клас, 7 категорія), причому при нормі для V класу 7 категорії азоту нітратного $2,50 \text{ мгN/дм}^3$ виміряні значення складають $28,6..28,8 \text{ мгN/дм}^3$, фосфор фосфатів при нормі $0,3 \text{ мгP/дм}^3$ виміряні значення складають $0,66.. 0,95 \text{ мгP/дм}^3$.

3) гідробіологічні – біомаса фітопланктону, індекс самоочищення – само забруднення (ставок А – II клас, 2 категорія; ставок Б – IV клас, 6 категорія);

4) біоіндикація сапробності – індекси сапробності за системами Пантле-Вукка і Гуднайта-Уйтлея (ставок А – II клас, 2 категорія; ставок Б – II клас, 3 категорія).

Аналіз за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії, а також за рівнем токсичності перевищень гранично допустимих рівнів не виявив.

Таким чином, основною проблемою для досліджуваних водних об'єктів є перевищення гранично допустимих рівнів вмісту біогенних речовин.

Аналіз особливостей росту водного гіацинту

Для вирішення цієї проблеми було запропоновано використати природоохоронні заходи у вигляді біофільтрації води з використанням макрофітів (вищих водних рослин), а саме ейхорнії прекрасної (водного гіацинту).

У Вінницькій області період вегетації водного гіацинту може продовжуватися до 7 місяців. Важливим аспектом культивування водного гіацинту є його адаптація до кліматичних умов даної території. Коли водний гіацинт успішно адаптувалася до умов зростання, його фітомаса може збільшувалася досить швидкими темпами та утворюється до 8-15 дочірніх рослин за місяць. Час подвоєння біомаси у весняний та літній період 7-8 діб, у осінній період 34 доби. Якщо ми розглядаємо темп середнього приросту $0,551 \text{ т/га}\cdot\text{добу}$, протягом сезону (з квітня до листопада, 244 дні) приросту, то можна вважати, що може вироблятися приблизно $134,4 \text{ т/га/рік}$.

Існує низка видів ейхорнії. Проте для зниження евтрофікації найкраще підходять лиш деякі:

– *Eichhornia azurea* / ейхорнія лазурова – виростає в акваріумністиці. Кріпиться коренями по берегах водойм або в паводкових місцевостях. Пагони висаджують в ґрунт, де вони швидко пускають корені. Надводні зразки мають овально-закруглене блискуче листя, розташоване на злегка потовщеному стеблі. До складу води рослина невибаглива.

– *Eichhornia crassipes* / ейхорнія наукарасивіша – найбільш поширений вид ейхорнії. Розводять здебільшого у ставках або навіть акваріумах з декоративними рибками. За сприятливих умов, коли вода має низький вміст лугу, ейхорнія розмножується настільки швидко, що може повністю застелити поверхню водойми. Вибаглива до температури водойми.

Крім названих видів поширеними також є *Eichhornia diversifolia*, *Eichhornia heterosperma*, *Eichhornia natans*, *Eichhornia paniculata*, *Eichhornia paradoxa*. Всі вони мають певні особливості, але можуть бути використані для очищення води водойми.

Аналіз особливостей використання біомаси водного гіацинту

Ейхорнія – якісний корм для тварин, птахів і риб. Розвинені листя і коренева система містять всі необхідні для повноцінного біокорму елементи. Надводна частина рослини, що в результаті фотосинтезу набрала корисні речовини, є багатим джерелом калію, азоту, фосфору. Розвинена коренева система із сформованим селективним біоценозом, є природним джерелом протеїну з високим вмістом незамінних амінокислот, вітамінів А, В, С і Е. Рослина надзвичайно багата білком, вітамінами, незамінними амінокислотами, каротином, клітковиною, відповідає за своїм складом кормам I-го класу (ГОСТ 18691-88).

З 2016 р продаж водного гіацинту в ЄС заборонений. В багатьох країнах світу водний гіацинт є паразитичною рослиною, яка дуже швидко набирає біомасу і тим самим заважає розвитку інших видів заповнюючи весь простір водного об'єкту. Проте в умовах лісостепу України та холодної зими гіацинт не може розвиватися експоненційно впродовж всього року, тому не становить загрози для місцевих видів. Взимку при низьких температурах гіацинт гине. Тому процес вирощування ейхорнії є контрольований людиною процес.

Перспективним варіантом переробки ейхорнії є отримання з неї біогазу, а з біогазу електроенергії та тепла. Енергія, що виділяється при спалюванні 28 куб.м біогазу, еквівалентна енергії $16,8 \text{ куб.м}$ природного газу.

Орієнтовний техніко-економічний розрахунок показав, що виробництво біогазу з ейхорнії дозволяє отримати біля 50 000 куб.м біогазу на рік з 1 га.

Окрім вироблення електричної та теплової енергії, невідворотним побічним, але важливим для сільськогосподарського виробництва результатом утилізації відходів, є отримання високоцінних органічних біодобрив. Крім того, ейхорнія в суміші з річковим мулом є улюбленим кормом для каліфорнійських черв'яків.

Отже, в разі ефективної логістики та використання запропонованих природоохоронних технологій біофільтрації ставкової води, з використанням ейхорнії прекрасної (водного гіацинту), можна:

- очистити ставкову воду від надмірного вмісту біогенних речовин;
- отримати якісний корм для тварин, птахів і риб;
- отримувати біогаз та супутні продукти (електричну та теплову енергію);
- покращити естетичний вигляд ставків для їх більш повного використання, зокрема, з рекреаційною метою.

Після відпрацювання технології і отримання значних об'ємів ейхорнії можна буде впроваджувати її на евтрофікованих водних об'єктах, зокрема, р. Південний Буг.

Культивація та догляд за водним гіацинтом

Ейхорнія теплолюбива і сонцелюбива рослина, тому культивувати її в умовах українського клімату можливо лише у весняно-літні місяці при найнижчих значеннях температури води вночі 10 градусів Цельсія. При значному зниженні температури можливе пригнічення і загибель рослини. У вересні ейхорнію варто переводити до зимового періоду спокою. Коли температура у водоймі падає нижче 10 градусів, ейхорнію варто перемістити у місця зберігання, якими можуть бути будь які резервуари з водою. Вода в ємностях має бути з тої ж водойми, в якій росте квітка. Ємності варто перенести у теплі освітлювані приміщення. Ейхорнія постійно повинна перебувати у воді.

Важливим аспектом збереження рослини в зимовий період є наявність достатнього освітлення. Рослині необхідний 12 годинний світловий день, який можна забезпечити за допомогою природного чи штучного люмінесцентного освітлення. Такі умови необхідні для збереження листя у ейхорнії. Якщо позбавити рослину достатнього освітлення, то вона може втрачати листя.

Водний гіацинт варто повернути у водойми навесні при достатній температурі води вночі.

Підсумовуючи умови зберігання і культивування водного гіацинту можна констатувати, що за гіацинтом слідкувати і зберігати досить важко, що унеможливує використання його, як масовий вид для відновлення водойм. Проте для певних водойм і їх власників, які мають можливість слідкувати за водним гіацинтом, такий метод є доцільним і може бути використаний.

Виявлення факторів забруднення вод в дослідних ставках

В ставку А культивувалася ейхорнія звичайна (*crassipes*), а у ставку Б культивовані рослини були відсутні. В наступній таблиці наведені дані якості вод з різними показниками у двох ставках. Дослідження якості вод здійснювалось після тримісячної культивування рослин впродовж травня-липня.

Як видно з таблиці в ставку А значно вища якість вод за такими показниками: завислі речовини, прозорість, БСК5, Біомаса фітопланктону, Індекс самоочищення- самозабруднення.

Також спостерігаються позитивні незначні відмінності за показниками: рН, азот нітритний, розчинений кисень.

Майже відсутні відмінності за такими показниками: азот амонійний, азот нітратний, фосфор фосфатів, індекс сапробності за Пантле-Букком.

Таблиця 1

Екологічна класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями

Клас якості вод	Категорія якості вод	Ставок А	Ставок Б
Показники			
Гідрофізичні			
Завислі речовини мг/дм ³		<5 (I, 1)	20 (III, 4)

Прозорість, м	>1,50 (I, 1)	0,50 (III, 4)
Гідрохімічні		
pH	7,1 (I, 1)	7,6 (II, 2)
Азот амонійний, мг N/дм ³	0,088 (I, 1)	0,091 (I, 1)
Азот нітритний, мг N/дм ³	0,05 (III, 5)	0,15 (V, 7)
Азот нітратний, мг N/дм ³	28,6 (V, 7)	28,8 (V, 7)
фосфор фосфатів, мг P/дм ³	0,66 (V, 7)	0,95 (V, 7)
Розчинений кисень, мг O ₂ /дм ³	8 (II, 2)	6,7 (III, 4)
% насичення	-	-
Перманганатна окислюваність, мг O ₂ /л	-	-
Біхроматна окислюваність, мг O ₂ /дм ³	-	-
БСК ₅ , мг O ₂ /дм ³	0,91 (I, 1)	2,6 (III, 4)
Гідробіологічні		
Біомаса фітопланктону, мг/дм ³	0,6 (II, 2)	12 (IV, 6)
Індекс самоочищення -самозабруднення (A/R)	0,9 (II, 2)	0,6 (III, 4)
бактеріологічні:		
Чисельність бактеріопланктону, млн.кл/см ³	-	-
Чисельність сапрофітних бактерій, тис. кл/см ³	-	-
Біоіндикація сапробності (індекси сапробності):		
за Пантле-Букком	1 (II, 2)	1,6 (II, 3)
за Гуднайтом-Уїтлеєм	-	-
Сапробність	Полісапробні	Полісапробні
	Полісапробні	Полісапробні
Трофність (переважаючий тип)	Гіпертрофні	Гіпертрофні
	Полісапробні	Полісапробні

Висновки

З вищенаведеного аналізу можна зробити висновок, що водний гіацинт спроможний очищати воду, проте очищення незначне, причому показники вмісту фосфатів та азоту майже не змінюються. Основна здатність гіацинту в даному випадку змінювати візуальну чистоту води, прозорість та вміст завислих речовин.

Практичне застосування методу очищення поверхневих вод за допомогою водного гіацинту можливе за певних умов, проте масове використання цього методу майже не можливе через свою складність у зимовому зберіганні рослин та детальним контролем температурних умов.

Найбільш перспективне використання даного методу можливе для приватних невеликих водойм, ставків, для відпочинкових рекреаційних комплексів, для власників присадибних ставків. За таких умов можливе використання водного гіацинту та його ефективне зберігання і застосування впродовж року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Петрук Р.В., Біліченко Ю.О., Кравець Н.М. Аналіз загроз евтрофікації води середньої ділянки басейну річки Південний Буг /роман Васильович Петрук, Юлія Олегівна Біліченко, Наталія Михайлівна Кравець/ Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві» – Вінниця, №2, 2022. – С.181-186. [https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/778]
- Афанасьєв С.О. Васильчук Т.О., Летицька О.М., Білоус О.П. Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС. – К.: НВП Інтерсервіс, 2012. – 28с.
- Шарило Ю., Деренько О. Хлорела – органічний метод очищення рибогосподарських водойм. Сайт Управління Державного агентства рибного господарства у м. Києві та Київській області. 17.01.2020. URL: https://kv.darg.gov.ua/_hlorela_organichnij_metod_0_0_0_1099_1.html
- Водний фонд України: Штучні водойми — водосховища і ставки: Довідник / За ред. В. К. Хільчевського, В. В. Гребеня. — К.: Інтерпрес, 2014. — 164 с. - ISBN 978-965-098-2
- Barrett S.C.H. 1980a. Sexual reproduction in *Eichhornia crassipes* (water Hyacinth)..Fertility of clones from diverse regions. *Journal of Applied Ecology* 17:101-112.

[https://www.researchgate.net/publication/301684125_Purification_Effects_of_Water_Hyacinth_Eichhornia_crassipes_on_Domestic_Sewage]

6. Ogunlade, Y. 1992. Notes on Utilization of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as a means of pollution Control. Department Of Chemistry, Adeyemi College of Education, Ondo, Ondo State, Nigeria. Pp. 79-84
7. Malik A . Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. *Environ Int*[Internet]. 2007, 33(1):122-38. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.08.004>
8. Василюк, Т. П. and Василюк, Т. П. (2013) Акумуляція та розподіл важких металів у фітомасі гідробіонтів виду *eichhornia crassipes* (mart.) solms при біоочищенні сільськогосподарських стічних вод. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування (1(61)). pp. 67-73. <http://ep3.nuwm.edu.ua/1187/>

REFERENCES

1. Petruk R.V., Bilichenko YU.O., Kravets' N.M. Analiz zahroz evtrofikatsiyi vody seredynnoyi dilyanky baseynu richky Pivdennyi Buh /Roman Vasylovych Petruk, Yuliya Olehivna Bilichenko, Nataliya Mykhaylivna Kravets'/ *Naukovo-tekhnichnyy zhurnal «Suchasni tekhnolohiyi, materialy i konstruktivni v budivnytstvi»* – Vinnytsya, №2, 2022. – S.181-186. [<https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/778>]
2. Afanasiev S.O. Vasylichuk T.O., Letytska O.M., Bilous O.P. Assessment of the ecological state of the Southern Bug River in accordance with the requirements of the EU Water Framework Directive. - K.: NVP Interservice, 2012. - 28 p.
3. Sharylo Ju., Deren'ko O. (2020). *Hlorela – organichnyj metod ochyshhennja rybogospodars'kyh vodojm* [Chlorella is an organic method of cleaning fish ponds]. Sajt Upravlinnja Derzhavnogo agentstva rybnogo gospodarstva u m. Kyjevi ta Kyi'vs'kij oblasti. 17.01.2020. URL: https://kv.darg.gov.ua/_hlorela_organichnij_metod_0_0_0_1099_1.html [in Ukrainian].
4. Water Fund of Ukraine: Artificial reservoirs — reservoirs and ponds: Handbook / Ed. V.K. Khilchevskii, V.V. Grebenya. — K.: Interpress, 2014. — 164 p. - ISBN 978-965-098-2
5. Barrett S.C.H. 1980a. Sexual reproduction in *Eichhornia crassipes* (water Hyacinth)..Fertility of clones from diverse regions. *Journal of Applied Ecology* 17:101-112. [https://www.researchgate.net/publication/301684125_Purification_Effects_of_Water_Hyacinth_Eichhornia_crassipes_on_Domestic_Sewage]
6. Ogunlade, Y. 1992. Notes on Utilization of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as a means of pollution Control. Department Of Chemistry, Adeyemi College of Education, Ondo, Ondo State, Nigeria. Pp. 79-84
7. Malik A . Environmental challenge vis a vis opportunity: the case of water hyacinth. *Environ Int*[Internet]. 2007, 33(1):122-38. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.08.004>
8. . Vasylyuk, T. P. and Vasylyuk, T. P. (2013) Akumulyatsiya ta rozpodil vazhkykh metaliv u fitomasi hidrobiontiv vydu *eichhornia crassipes* (mart.) solms pry bioochyshchenni sil'skohospodars'kykh stichnykh vod. *Visnyk Natsional'noho universytetu vodnoho gospodarstva ta pryrodokorystuvannya* (1(61)). pp. 67-73. <http://ep3.nuwm.edu.ua/1187/>

Петрук Роман Васильович – д.т.н., професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет prroma07@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5128-4053>

Біліченко Юлія Олегівна – аспірант кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6034-3924>

**R. Petruk
Yu. Bilichenko**

REDUCTION OF EUTROFICATION AND WATER POLLUTION WITH THE HELP OF WATER HYACINTH

Vinnytsia National Technical University

*In this work, the problem of cleaning eutrophicated water bodies of the Southern Bug basin with the help of higher aquatic vegetation is analyzed using the example of water hyacinth. The possibility of effective use for water purification of *Eichhornia* plants in Podillia reservoirs has been established. The possibility of additional use of plants of the *Eichhornia* variety as a component of biofeeds, for the production of fodder yeast and flour, and for the production of various types of biofuels has also been established.*

Key words: blooming of water bodies, phytoplankton, South Bug River basin, eutrophication. water hyacinth, Eichhornia.

Petruk Roman – Doctor of Science, Professor, Professor of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University prroma07@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5128-4053>

Bilichenko Yulia – graduate student of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6034-3924>