УДК 574:556.11
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.6-69.26

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ РИБ БІОМЕЛІОРАТОРІВ (HYPOPHTHALMICHTHYS MOLITRIX, ТА ГИБРИДУ H. molitrix × H. nobilis) ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ОРГАНІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРИДУНАЙСЬКИХ ОЗЕР

Шекк П.В. (orcid.org/0000-0002-2789-0854)
Моторна Т.В. (orcid.org/ 0009-0001-0610-7605)
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса
shekk@ukr.net, motornaya.t@gmail.com

Придунайські озера України, яка включає озера Ялпуг, Кугурлуй, Катлабух, Китай, Кагул, Картал, Саф'яни є унікальним природним комплексом нижнього Дунаю.

У 1960-х роках, після обвалування заплави, озера втратили природний зв'язок з Дунаєм. В результаті їх антропогенної трансформації спостерігається прогресуюче евтрофування, бурхливий розвиток фітопланктону, макрофітів, накопичення органічної речовини, скорочення біорізноманіття іхтіофауни.

Перспектива повної деградації озер, потребує невідкладних заходів щодо оздоровлення цих гідроекосистем.

Для поліпшення екологічного стану озер актуальним є покращення гідролого-гідрохімічного режиму, та вилучення надлишків органіки які накопичуються у водоймах в результаті погіршення водообміну.

Найбільшу частину первинної продукції Придунайських озер складає фітопланктон, який утворює основну частину органічної речовини.

Проведено порівняльну оцінку ефективності утилізації фітопланктону білим товстолобиком та гібридом білого і строкатого товстолобиків. Визначено, що за вегетаційний період асимільована частина продукції фітопланктону озер білим товстолобиком (приріст маси) складе 8600, а гібридною формою – 7644 т. Вся інша частина вилученої продукції використовується на підтримуючий енергетичний обмін (R) та незасвоєну частину раціону (F).

Асимільована білим товстолобиком частина органічної речовини фітопланктону в озерах складе 3086,4, а гібридом – 2880,7 т.

Встановлено, що білий товстолобик є більш перспективним для рекультивації дунайських озер. Раціон якого 70–90% складається з фітопланктону, що дозволяє утилізувати значну частину органічної продукції мікроводоростей.

Риб-меліораторів можна розглядати як перспективний інструмент для управління органічною речовиною та трофічним станом озер Дунаю, але не як незалежний засіб усунення органічного забруднення.

Для Придунайських озер важливо перейти від практики необгрунтованого «зариблення» до контрольованої біомеліорації, де щільність і видовий склад полікультури риб – біомелііораторів визначаються станом кормової бази. *Ключові слова:* Придунайські озера, екологічний стан, біологічна меліорація, Hypophthalmichthys molitrix, гібрид (H. molitrix+ H. Nobilis), вилучення органічної речовини.

The efficiency of using biomeliorator fish (Hypophthalmichthys molitrix, and the hybrid of H. molitrix + H. nobilis) to reduce organic pollution in the Danubian lakes. Shekk P., Motorna T.

Danube Lakes of Ukraine, which include Lakes Yalpuh, Kuhurlui, Katlabukh, Kytai, Kahul, Kartal, and Safyan, form a unique natural complex of the Lower Danube.

In the 1960s, following the diking of the floodplain, the lakes lost their natural connection with the Danube. As a result of this anthropogenic transformation, progressive eutrophication, rapid development of phytoplankton and macrophytes, accumulation of organic matter, and a decline in the biodiversity of the ichthyofauna have been observed.

The prospect of total degradation of the lakes necessitates urgent measures for the rehabilitation of these hydroecosystems. To improve the ecological status of the lakes, enhancing the hydrological and hydrochemical regime, as well as removing the excess organic matter that accumulates in the water bodies due to deteriorated water exchange, is of current importance.

Phytoplankton constitutes the largest part of the primary production of the Danube lakes, forming the bulk of the organic matter. A comparative assessment of the efficiency of phytoplankton utilization by silver carp and a hybrid of silver and bighead carp was conducted. It was determined that over the growing season, the assimilated portion of the lakes' phytoplankton production by silver carp (weight gain) will amount to 8,600 tons, and by the hybrid form – 7,644 tons. All the remaining part of the removed production is spent on maintenance energy metabolism (R) and the unassimilated portion of the ration (F).

The organic matter of phytoplankton assimilated by silver carp in the lakes will amount to 3,086.4 tons, while that of the hybrid will be 2,880.7 tons. It was established that silver carp is more promising for the reclamation of the Danube lakes. Its diet consists of 70–90% phytoplankton, which allows for the utilization of a significant portion of the organic production of microalgae.

Biomanipulation fish can be considered a promising tool for managing organic matter and the trophic state of the Danube lakes, but not as an independent means of eliminating organic pollution. For the Danube lakes, it is important to transition from the practice of unsubstantiated «stocking» to controlled biomelioration, where the density and species composition of the biomanipulation fish polyculture are determined by the state of the forage base. *Key words:* Danube lakes, ecological status, biological melioration, Hypophthalmichthys molitrix, hybrid (H. molitrix + H. nobilis), organic matter removal.

© Шекк П.В., Моторна Т.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Постановка проблеми Придунайські озера України є унікальним природним комплексом регіону нижнього Дунаю. Ця найбільша в Україні система природних заплавних водойм включає озера Ялпуг, Кугурлуй, Катлабух, Китай, Кагул, Картал, Саф'яни та низку більш дрібних водойм.

Ще на початку XX століття озера вільно сполучалися з Килійським гирлом Дунаю. Під час весняно-літніх паводків дунайська вода через природні протоки надходила до озер, забезпечуючи оновлення водних мас, міграцію гідробіонтів перенесення наносів та поживних речовин. У період межені надлишок води повертався до русла Дунаю, що підтримувало динамічну рівновагу цих унікальних гідроекосистем [1, 2].

Після обвалування заплави, у 1960-х роках, озера втратили природний зв'язок з Дунаєм, що докорінно змінило характер їх функціонування. З цього часу, великі Придунайські озера перетворились у водосховища. Їх наповнення і водообмін, з того часу, залежать від роботи шлюзів, каналів, насосних станцій та обсягів води які відбирались на іригацію та господарські потреби.

Основним джерелом поповнення запасів води залишається Дунай. У багатоводні роки частка дунайської води у водному балансі деяких озер складає 70–80%. У маловодні роки зростає роль атмосферних опадів, але в умовах півдня України їх сума, менша за випаровування, що зумовлює дефіцит природного водного балансу [3].

В результаті антропогенної трансформації озер змінилися їх гідрологічний та гідрохімічний режими та склад біоти. Зросли: забруднення, евтрофікація, мінералізація вод, відбувається прогресуюче накопичення органічної речовини. Подальше посилення цих факторів здатне привести до повної деградації озер, що потребує невідкладних заходів з оздоровлення цих гідроекосистем [4, 5].

Актуальність дослідження В останні роки, в результаті зарегулювання стоку Дунаю, інтенсивного господарського використання, кліматичних змін та трансформації гідрологічного режиму, екологічний стан придунайських озер значно погіршився. Серед найважливіших проблем – евтрофування, замулення, дефіцит розчиненого у воді кисню, пов'язаний бурхливим розвитком фітопланктону (в першу чергу ціанобактерій) заростання макрофітами, накопичення органічної речовини, скорочення біорізноманіття іхтіофауни, заміні цінних аборигенних видів на малоцінні та зниження рибопродуктивності [6, 7].

Вирішення проблеми подальшої деградації озерних екосистем потребує комплексного підходу, спрямованого на нормалізацію гідрологічного режиму, покращення якості водного середовища зменшення евтрофікації та накопичення органіки.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями Роботу виконували протягом 2021–2025 рр. відповідно до Національної програми екологічного оздоровлення басейну р. Дунай та поліпшення екологічного стану Придунайських водойм. Тема є складовою частиною науково-дослідної роботи кафедри водних біоресурсів та аквакультури екологічного-метеорологічного факультету Одеського національного університету ім. І. І. Мечнікова (до 2024 р. Одеського державного екологічного університету) в межах науково-дослідної теми : «Сучасний стан та перспективи розвитку аквакультури Одеського регіону в умовах кліматичних змін». Під час аналізу попередніх наукових доробок було детально розглянуто праці, присвячені інтеграції екологічного підходу до оздоровлення Придунайських озер в умовах кліматичних змін [1, 2, 3, 4, 6, 7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій Для підвищення рибопродуктивності та вирішення проблеми зростаючої евтрофікації та органічного забруднення, у 1960-х рр. почались роботи з інтродукції у Придунайські озера рослиноїдних риб китайського рівнинного комплексу: білого амура, білого та строкатого товстолобиків. Інтродукція в озера риб – біомеліораторів повинна була збільшити рибопродуктивність, та поліпшити екологічний стан водойм [7,8,9].

Впровадження рослиноїдних риб в іхтіоценози озер, дійсно забезпечило зростання рибопродуктивності у наступний період. В деяких озерах у 1970 –1990-х рр. вона зросла до 100–150 кг/га, а в окремі роки навіть до 200 кг/га і більше.

Разом з тим, стихійне, інтенсивне зариблення рослиноїдними рибами крім позитивного впливу на екосистему озер, мало низку небажаних наслідків.

Суттєвий негативний вплив принесло вселення білого амура, необґрунтовано висока щільності посадки якого привела до майже повного знищення зануреної рослинності на окремих ділянках водойм. Втрата нерестових субстратів фітофільних риб, скорочення площ укриттів для гідробіонтів, зменшення біорізноманіття безхребетних, посилення ерозії берегів, зростання каламутності та прискорення вторинного зворотного надходження біогенних речовин із донних відкладів, це далеко не повний перелік негативних наслідків такого непродуманого впливу [9, 10].

Необґрунтоване зариблення білим товстолобиком привело до зміни видового складу мікроводоростей, в результаті чого виникли умови для збільшення частки синьо-зелених водоростей у фітопланктоні. Посилило ці тенденції інтродукція в озера строкатого товстолобика. Інтенсивне споживання великих форм планктонних ракоподібних (дафній, босмін, моїн) цим видом, знизило їх вплив на фітопланктон, що стимулювало розвиток дрібноклітинних водоростей та ціанобактерій. Все це привело до трансформація трофічної структури екосистем [10].

Досвід отриманий при експлуатації придунайських озер наприкінці XX – на початку XXI століття, показав, що надмірна та необґрунтована інтродукція рослиноїдних риб – меліораторів замість позитивного екологічного ефекту може призводити до

спрощення структури біоценозів і порушення екологічної рівноваги, посилення евтрофікації та органічного забруднення водойм.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми Сьогодні, для поліпшення екологічного стану придунайських озер актуальним є вирішення двох основних проблем: покращення гідролого-гідрохімічного режиму, та вилучення надлишків органіки які накопичуються в озерах в результаті погіршення їх водообміну і сприяють їх органічному забрудненню та евтрофікації [11].

Пріоритетним напрямом нормалізації гідролого-гідрохімічного режиму Придунайських озер слід вважати відновлення регульованого екологічно обґрунтованого водообміну з Дунаєм у поєднанні з оптимізацією водного та сольового балансів, реконструкцією гідротехнічних споруд, зниженням зовнішнього біогенного навантаження та організацією адаптивного моніторингу. У разі маловодості Дунаю необхідним є використання примусового закачування води за допомогою насосних станцій. Такий підхід відповідає висновкам досліджень Ялпуга-Кугурлуя, Катлабуха та інших Придунайських озер, які проводились в останні роки [1, 2, 3, 11].

Для зменшення надмірного органічного забруднення та евтрофікації, як показує світовий досвід, найбільш перспективним є використання риб-меліораторів (білого і строкатого товстолобиків (*Hypophthalmichthys molitrix*, *H. Nobilis)*, їхнього гібриду, та білого амура (*Ctenopharyngodon idella*), як одного з елементів біологічної реабілітації водойм.

Новизна Ефективність використання риб-біомеліораторів залежить від їх видової приналежності, віку, кліматичних умов, стану кормової бази та ін. В умовах зростаючої евтрофікації озер і бурхливого розвитку фітопланктону актуальним є використання для утилізації надлишків його біомаси фітопланктофагів – білого товстолобика і його гібридної форми. В цьому сенсі важливо оцінити яку саме частину продукції фітопланктону і органічної речовини, що утворюється у водоймі, риби – меліоратори здатні вилучити з водойми, а яка частина використаного фітопланктону провертається у водойму у вигляді метаболітів.

Зважаючи на це, вперше проведена порівняльна оцінка ефективності утилізації фітопланктону та зменшення органічного забруднення Придунайських озер рибами біомеліораторами: білим товстолобиком та його гібридною формою. Визначена асимільованої частина – продукції фітопланктону яка може бути вилучена з водойми у вигляді товарної риба, та частина, яка повертається у вигляді метаболітів.

Матеріал та методи дослідження Дослідження проводились на Придунайських озерах (Ялпуг, Кугурлуй, Катлабух, Кагул та Китай, у період з 2020 по 2024 рр. Біомасу фітопланктону оцінювали на основі фактичних даних отриманих у період польових досліджень в весняно-літнє-осінній період. Опрацювання отриманих гідробіологічних проб, проводили на базі лабораторії кафедри водних біоресурсів та аквакультури ОНУ ім. І.І. Мечникова. Сиру біомасу фітопланктону визначали об'ємно-ваговим методом [12, 13, 14].

Потенційну продукцію фітопланктону розраховували на підставі середньосезонних показників біомаси з урахуванням Р/В коефіцієнту 140, рекомендованого для аналогічних водойм півдня України [15].

$$П=B_{ср} \cdot P\,(V) \cdot P/B, \quad (1)$$

де:
П – продуктивність; В ср. – середня біомаса; V – об'єм водної маси; Р/В –продукційно-біомасовий коефіцієнт.

Потенційну рибопродуктивність озер при використанні пасовищної технології вирощування риби, визначали у відповідності до діючих нормативів рекомендованих для водойм такого типу виходячи з середньої багаторічної продукції фітопланктону з урахуванням відповідних кормових коефіцієнтів [15, 16].

$$Рп = П/КК, \quad (2)$$

де:
Рп – середнєрічна рибопродуктивність водойми; П – середнєрічна продукція кормових групи кормових організмів; КК – кормовий коефіцієнт.

Для статистичного аналізу отриманих результатів використовували пакети прикладних програм Microsoft Excel.

Результати власних досліджень Використання рослиноїдних риб – біомеліораторів насамперед пов'язано із перерозподілом органічної речовини, зменшенням біомаси окремих трофічних компонентів і відповідно зміною структури харчових ланцюгів. Ефективність впливу на окремі компоненти кормової бази озер залежить від особливостей харчування риб біомеліораторів, до складу раціонів яких входять практично всі групи гідробіонтів, які формують кормову базу водойм (табл. 1).

Склад раціонів, та співвідношення в них різних компонентів варіює в залежності від віку риб, стану кормової бази водойми, району досліджень, кліматичних умов та ін., але основною їжею білого товстолобика є фітопланктон. Гібридна форма у приблизно рівних долях використовує в їжу фіто- та зоопланктон, але тяжіє до харчування мікроводоростями [17]. Основа раціону строкатого товстолобика – зоопланктон, а білий амур типовий фітофаг (до 95% раціону складає вищої водяна рослинність).

Ще одним масовим видом в придунайських озерах є сазан (короп), який за певних умов також може впливати на перерозподіл бентосної органічної речовини та детриту і теж виступає як біомеліоратор.

Найбільшу частину первинної продукції евтрофних гідроекосистем, таких як Придунайські озера, сьогодні складає фітопланктон. Він утворює основну частину органічної речовини яка після відмирання мікроводоростей накопичується у водоймі (табл. 2).

 ISSN: 2306-9716 (Print), ISSN: 2664-6110 (Online)

Таблиця 1

Співвідношення харчових компонентів у раціоні рослиноїдних риб (%) за даними [17]

Види	Вміст у раціоні, %				
	Фітопланктон	Зоопланктон	Детрит та бактерії	Макрофіти	Характер харчування
Білий товстолобик (БТ)	70 – 90 87	1 – 5 3,5	10 – 25% 15,5	0%	Фітопланктофаг
Строкатий Товстолобик (СТ)	10 – 30 12	40 – 70 68	10 – 20 12,5	0%	Зоопланктофаг
Гібрид (БТ × СТ)	40 – 60 48,5	20 – 40 30,5	10 – 30 15	0%	Евріпланктофаг
Білий амур	0 – 5 2	0 – 2 1	5 – 15 10	80 – 95 92	Макрофитофаг

Таблиця 2

Доля рослинних угрупувань у гідроекосистемах Придунайських озер різного типу [18]

Тип Придунайського озера	Фітопланктон	Макрофіти	Мікрофітобентос та перифітон
Відкрите, евтрофне, планктонно-домінуване	60–70 %	25–35 %	5–10 %
Мілководне, зарослe, макрофітно-домінуване	25–40 %	55–70 %	5–10 %
Середній модельний варіант	45 %	50 %	5 %

Рослиноїдні риби і короп безпосередньо видаляють частину первинної та вторинної продукції з водної товщі. Експорт органічної речовин з гідроекосистеми відбувається в результаті вилову вирощеної риби що є важливим етапом меліорації водойми.

Результат впливу риб біомеліораторів на екосистему озер залежить від трофічного стану та типу озер, видового складу риб – інтродуцентів, щільності їх посадки та деяких інших факторів.

Під впливом риб – біомеліораторів може змінюватись прозорість води, концентрація хлорофілу А, кількісні показники, якісна та розмірна структура фіто- та зоопланктону, площа заростання водойми вищою водяною рослинністю (м'якої і напівпогружної).

При науково обґрунтованому використанні риб – біомеліораторів відмічається позитивний ефект, який забезпечує сталий вплив на якість води гідроекосистем, стан кормової бази, та додаткову рибопродукцію.

Найбільш перспективним об'єктом рекультивації дунайських озер є білий товстолобик. Його раціон на 70 – 90% складається з фітопланктону, та 10–25% детриту, що дозволяє утилізувати значну частину органічної продукції мікроводоростей, яка інакше перетворюється у детрит і накопичуються у донних осадах.

Гібрид білого та строкатого товстолобиків менш ефективний споживач органічної продукції фітопланктону, ніж білий товстолобик, що не враховується при розрахунку нормативів зариблення озер.

Для коректної екологічної оцінки впливу рослиноїдних риб на вилучення з озерних екосистем продукції мікроводоростей є оцінка неперетравленої частини їжі, як додаткового потоку органічної речовини, хоча ця частина зазвичай швидко розкладається мікроорганізмами (рис. 1).

З екологічної точки зору необхідно розрізняти два процеси: зменшення концентрації органічної речовини у воді та видалення органічної речовини з екосистеми. Реальний ефект рекультивації водойми виникає тільки за умови коли вся трансформована у біомасу риби продукція фітопланктону вилучається з озера в результаті вилову.

Для оцінки біомеліоративного ефекту риб – фітопланктофагів була розрахована продукція фітопланктону Придунайських озер.

Середня біомаса фітопланктону у вегетаційний період 2023-2024 рр., за нашими даними, коливалась від 5.587 до 12,765 г·м$^{-3}$.

Розрахована продукція фітопланктону в озерах (1), складала від 12,426 до 17,871 т·га$^{-2}$, а можливе вилучення – від 3,911 до 10,723 т ·га$^{-2}$ (табл. 3).

На основі дослідження особливостей харчування білого товстолобика і його гібридної форми [15, 19, 20] були визначені кормові коефіцієнти, при споживанні сирої маси фітопланктону. Для білого товстолобика КК склав – 40, для, а гібридної форми – 45.

Проведені розрахунки показали, що за вегетаційний період білий товстолобик може використовувати від 35 198 (в оз. Кагул) до 148 502 т (в оз. Ялпуг) продукція фітопланктону. Загалом для п'яти озер білий товстолобик здатен використати в їжу 344 000 т фітопланктону, але тільки 8 600 т від цієї біомаси буде асимільовано та вилучено з водойм разом з товарною рибою (табл. 4).

Розподіл енергії спожитого корму описується фундаментальним рівнянням енергетичного балансу

$$C = R + P + F, \quad (4)$$

де:

C – добовий раціон, R – енергетичний обмін, P – пластичний обмін, F – незасвоєна частина раціону [21].

Таблиця 3

Кормовий ресурс фітопланктону Придунайських озер

Озера	*Біомаса фітопланктону, г/м³	Площа, км²	Продукція фітопланктону			Можливе вилучення продукції фітопланктону	
			г·м$^{-3}$	т·га$^{-1}$	т/сезон	%	т
Катлабух	9,598	67	1 343,72	13,437	135 044	50	67 522
Ялпуг	11,865	149	1 661,10	16,611	495 008	60	297 005
Кугурлуй	8,876	82	1 242,64	12,426	101 896	50	50 948
Китай	12,765	60	1 787,10	17,871	214 452	60	128 671
Кагул	5,587	93,5	782,18	7,822	146 268	50	73 134
Всього:	–	451,5	–	–	1 092 668	–	617 280

*Власні данні

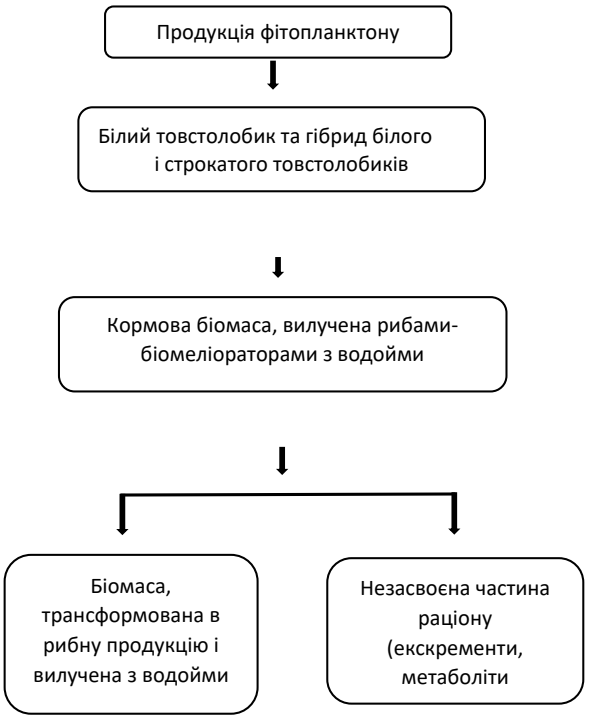

Рис. 1. Блок-схема трансформації органічної речовини кормового ресурсу озера рослиноїдними рибами

В середньому, у риб, які знаходяться у процесі активного зростання, при оптимальних умовах, енергія раціону розподіляється наступним образом: на енергетичний обмін R (підтримка життєдіяльності, рух, перетравлення їжі та ін.) – до 40–50%, на пластичний обмін P (зростання організму) – до 25–45% енергії раціону. Незасвоєна частина раціону F (екскременти та метаболіти) для більшості видів риб становить від 15 до 30%, але рослиноїдним рибам (білий товстолобик, гібрид, білий амур) притаманна низька засвоюваність їжі, тому в середньому – 50% (від 40 до 70%) з'їденої маси рослинної їжі виводяться з організму на зовні з фекаліями, виділяється через зябра і нирки з продуктами виділення. Частина метаболічної енергії раціону втрачається у вигляді тепла у процесі живлення та травлення, інша, використовується на підтримку обміну (дихання, рух, осморегуляція, виведення продуктів обміну), та пластичний обмін (приріст маси, накопичення жиру, генеративний обмін) [21].

При використанні у якості біомеліоратора білого товстолобика асимільована частина продукції фітопланктону придунайських озер (приріст маси) складе 8 600 т (від 880 до 3713 т). На підтримуючий енергетичний обмін (R) і незасвоєну частину раціону (F) припадає приблизно по 50% продукції фітопланктону, відповідно, по 167700 т. (табл. 4).

Незасвоєна частина раціону складається: із мінералізуємої частини (потенційних фекальних виділень), розчиненої органіки, яка може повторно залучається у харчові ланцюги та реально осідаючої частини. При цьому необхідно враховувати, що фекальна органіка не повністю накопичується у детриті. Значна її частина розкладається бактеріями, мінералізується або повторно використовується іншими організмами.

При використанні гібриду (білий + строкатий товстолобики, КК–45) асимільована частина раціону (приріст P), яка може бути видалена з водойм з товарною рибою, складе 7 644 т (табл. 5). На підтримуючий енергетичний обмін (R) і незасвоєну частину раціону (F) припадає приблизно по 50% продукції фітопланктону (відповідно, по 168177 т). Частина незасвоєної продукції фітопланктону залишається у водоймах у вигляді мінеральних відкладень та органічних з'єднань (табл. 5).

Головною метою використання рослиноїдних риб – біомеліораторів є максимальне видалення органічної речовини з водойм. Аналізуючи використання продукції фітопланктону білим товстолобиком і гібридом можна прийти до висновку, що білий товстолобик в цьому сенсі є ефективнішим за гібрид. Гібридна форма товстолобиків здатна використовувати у своєму раціоні крім фітопланктону ще і зоопланктон. Завдяки цьому гібрид має більш високий темп росту, але використання його як біомеліоратора повинно співвідноситись з використанням строкатого товстолобика задля запобігання виникнення харчової конкуренції між цими видами.

Засвоюваність фітопланктону рибами фітофагами суттєво залежить від складу водоростей.

 ISSN: 2306-9716 (Print), ISSN: 2664-6110 (Online)

Таблиця 4

Використання продукції фітопланктону Придунайських озер білим товстолобиком

Озера	Загальна продукція фітопланктону, т	Можливе використання, т	Асимільована частина продукції	Не асимільована частина продукції	
			Приріст маси (P), т	Енергетичний обмін (R), т	Незасвоєна частина раціону (F), т
Катлабух	90 029	45 015	1 000	22007	22007
Ялпуг	247 504	148 502	3 300	72601	72601
Кугурлуй	101 896	50 948	1 132	24908	24908
Китай	107 226	64 336	1 430	31453	31453
Кагул	70 396	35 198	782	17208	17208
Всього:	617 052	344 000	7 644	168178	168178

Таблиця 5

Використання продукції фітопланктону Придунайських озер гібридом білого і строкатого товстолобиків

Озера	Загальна продукція фітопланктону, т	Можливе використання, т	Асимільована частина продукції	Не асимільована частина продукції	
			Приріст маси (P), т	Енергетичний обмін (R), т	Незасвоєна частина раціону (F), т
Катлабух	90 029	45 015	1 125	21945	21945
Ялпуг	247 504	148 502	3 713	72394	72394
Кугурлуй	101 896	50 948	1 274	24838	24838
Китай	107 226	64 336	1 608	31364	31364
Кагул	70 396	35 198	880	17159	17159
Всього	617 052	344 000	8 600	167700	167700

Таблиця 6

Біохімічний склад тканин (м'язів) білого і строкатого товстолобиків та їх гібриду [22, 23]

Показник	Білий товстолобик *(Hypophthalmichthys molitrix)*	Строкатий товстолобик *(Aristichthys nobilis / H. nobilis)*	Гібрид білого та строкатого товстолобиків
Вода, %	75,0 – 81,0	68,0 – 74,0	72,0 – 78,0
Білки, %	16,0 – 19,5	15,0 – 17,5	15,5 – 18,5
Жири, %	1,5 – 4,5 (до 8,0 у великих)	4,5 – 13,0 (до 23,0 у дорослих)	3,0 – 9,0 (залежно від умов)
Зола, %	1,0 – 1,3	0,9 – 1,2	1,0 – 1,2

Таблиця 7

Вилучення органічної речовини білим товстолобиком и гібридом білого и строкатого товстолобиків

Озера	Приріст Б.Т, т сирої маси	Чисте вилучення ОВ рибами, т	Приріст Б.Т + С.Т т сирої маси	Чисте вилучення ОВ рибами, т
Катлабух	1 688,0	337,6	1500,5	315,1
Ялпуг	7 425,1	1 485,0	6600,1	1386,0
Кугурлуй	1 273,7	254,7	1132,2	237,8
Китай	3 216,8	643,4	2859,4	600,5
Кагул	1 828,3	365,7	1625,2	341,3
Всего	15 432,0	3 086,4	13717,4	2880,7

Окремі групи водоростей мають різний ступінь засвоюваності. Фільтруючі риби не лише видаляють планктон із водної товщі, а й повертають частину азоту та фосфору в навколишнє середовище внаслідок його виділення.

Сучасні дослідження показують, що при високій щільності білого товстолобика може збільшуватись внутрішній оборот азоту та фосфору. В цьому випадку вплив фосфору на рибу може значно перевищувати внутрішнє навантаження донних осадів. Експерименти з білим товстолобиком в озерах різного трофічного статусу показали, що ефект може бути як позитивним, так і негативним, залежно від початкового стану водойми та щільності посадки риби.

Виходячи з біохімічного складу тканин білого, строкатого товстолобиків та їхнього гібриду (табл. 7). Визначені розрахункові коефіцієнти (кг ОВ/кг сирої маси %) для оцінки вмісту органічної речовини у сирій масі риби. Для білого товстолобика (H. molitrix) – 19,6%, для строкатого товстолобика

(H. nobilis) – 21,5%, для гібриду H. molitrix × H. nobilis – 20,5%. Таким чином в 1 т сирої маси цілої риби міститься орієнтовно 0,20–0,21 т органічної речовини.

Проведені розрахунки (табл. 7) показали, що асимільована білим товстолобиком частина органічної речовини фітопланктону Придунайських озер складе 3086,4 т (від 337,6 до 1485,0 т), а гібридом білого та строкатого товстолобиків – 2880,7 т (315,1 до 1386,0 т).

Якщо розглядати саме ефективність біомеліорації з фітопланктону, то білий товстолобик (Hypophthalmichthys molitrix) слід вважати більш спеціалізованим і ефективним фітопланктофагом, ніж гібрид білого × строкатого товстолобика.

Зі збільшенням частки білого товстолобика ефект зниження фітопланктону та поліпшення якості води посилюється. Цей вид, як біомеліоратор, показує більш виражене пригнічення розвитку фітопланктону та ціанобактерій у водоймах, ніж гібридна форма. Збільшенні частки білого товстолобика при інтродукції у евтрофовані водойми ефект вилучення фітопланктону та покращення якості води посилюється.

Висновки Риб-меліораторів можна розглядати як перспективний інструмент для управління органічною речовиною та трофічним станом озер Дунаю, але не як незалежний засіб усунення органічного забруднення.

Найбільш ефективного контролю біомаси фітопланктону можливо досягти при регульованому використанні білого товстолобика в комплексі з білим амуром, рибами зоопланктофагами, бентофагами та детритофагами з метою комплексного контролю за надлишками мікро- та макрофітної рослинності, а також зоопланктону, зообентосу та детриту. Обов'язковим є вилученням сформованої риби продукції з водойми.

Для Придунайських озер важливо перейти від практики необґрунтованого «зариблення» до контрольованої біомеліорації, де щільність і видовий склад полікультури риб – біомеліораторів визначаються біомасою макрофітів, фіто- та зоопланктону, запасами бентосної органічної речовини, водообміном і фактичною продуктивністю іхтіоценозів.

Світовий досвід показує, що використання риб – біомеліораторів є засобом контролю та зменшення наслідків евтрофікації та органічного забруднення водойм як додатковий захід, а не як замінник нормалізації водообміну, зменшення зовнішнього забруднення токсикантами, біогенними та органічними сполуками.

Ефект від використання риб – біомеліораторів може бути короткостроковим і суттєво відрізнятися за своєю ефективністю у водоймах різних типів.

Для озер Ялпуг, Кугурлуї, Кагул, Катлабух, Китай та ін., оптимальною моделлю, здатною поліпшити їх екологічний стан є комплекс заходів який включає: відновлення водного обміну, зниження зовнішнього антропогенного забруднення, регулярне обґрунтоване використання риби – біомеліораторів при їх обов'язковому вилученні з водойм.

Література

1. Гідроекологія української частини Дунаю та суміжних водойм : монографія / за ред. В. Д. Романенка. Київ : Наукова думка, 1993. 328 с.
2. Гопченко Є. Д., Овчарук В. А., Кічук Н. С. Сучасні проблеми, пов'язані з експлуатацією Придунайських озер-водосховищ. Причорноморський екологічний бюлетень. 2010. № 1 (35). С. 35–41.
3. Котова Т. В. Управління якістю вод Придунайських озер шляхом регулювання водного балансу. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2014. Вип. 24. С. 66–72.
4. Романова Є. О., Шакірзанова Ж. Р., Гопченко Є. Д., Медведєва Ю. С. Водний та сольовий баланси озера Катлабух за різних умов експлуатації водойми. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2019. № 4 (55). С. 23–40. DOI: https://doi.org/10.17721/2306-5680.2019.4.2.
5. Соколов Ю. М., Стрюк Т. Ю., Сурков С. В. Екологічні проблеми дунайських озер у зв'язку з обмеженою пропускною спроможністю підвідних каналів. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2010. Вип. 9. С. 18–24.
6. Тимченко В. М. Екологічна гідрологія водойм України : монографія. Київ : Наукова думка, 2006. 383 с.
7. Рибалко В. Я., де Грааф Г. Майбутнє рибного господарства. TACIS, 2002. 5 с.
8. Shireman J. V., Smith C. R. Synopsis of biological data on the grass carp, Ctenopharyngodon idella (Cuvier and Valenciennes, 1844). FAO Fisheries Synopsis. 1983. Vol. 135. P. 1–86.
9. Шекк П. В. Ретроспективний аналіз і сучасний стан іхтіофауни та рибних промислів дельти Дунаю. Вісник Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова. Серія: Екологія. 2003. Т. 8, вип. 11. С. 55–83.
10. Гусляков М. О. Про причини загибелі акліматизованого білого товстолобика і скорочення запасів аборигенних видів іхтіофауни в придунайських водоймах. Вісник Одеського державного університету. Біологія. 1999. Т. 4, вип. 3. С. 71–76.
11. Шекк П. В., Моторна Т. В. Еколого-біологічні проблеми функціонування придунайських озер Китай, Ялпуг і Кугурлуй. Екологічний стан навколишнього середовища та раціональне природокористування в контексті сталого розвитку : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої пам'яті д-ра с.-г. наук, проф. Ю. В. Пилипенка, 26–27 жовт. 2023 р. Херсон, 2023. С. 305–308.
12. Щербак В. І. Методи досліджень фітопланктону. Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. Київ, 2002. С. 41–47.
13. Визначник прісноводних водоростей УРСР : у 12 вип. / АН УРСР, Інститут ботаніки. Київ : Наукова думка, 1938–1988.
14. Кражан С. А., Хижняк М. І. Природна кормова база рибогосподарських водойм : навч. посіб. Херсон : Олді-плюс, 2013. 328 с.

15. Пилипенко Ю. В. Екологія малих водосховищ степу України : монографія. Херсон : Олді-плюс, 2007. 306 с.
16. Методи іхтіологічних досліджень : навч. посіб. для підготовки бакалаврів напряму 6.090201 «Водні біоресурси та аквакультура» та магістрів спеціальності 8.09020101 «Водні біоресурси» у ВНЗ III–IV рівнів акредитації / Ю. В. Пилипенко, П. Г. Шевченко, В. В. Цедик, В. О. Корнієнко. Херсон : Олді-Плюс, 2017. 431 с.
17. Cremer M. C., Smitherman R. O. Food habits and growth of silver and bighead carp in cages and ponds. Aquaculture. 1980. Vol. 20, No. 1. P. 57–64. DOI: https://doi.org/10.1016/0044-8486(80)90061-7.
18. Герасимюк В. П. Сучасний стан фітопланктону Придунайських озер. Вісник Одеського національного університету. Біологія. 2020. Т. 25, № 2 (47). С. 25–36. DOI: https://doi.org/10.18524/2077-1746.2020.2(47).218051.
19. Iwata K. Morphological and physiological studies on the phytoplankton feeders of cyprinids – II. Developmental changes of assimilation efficiency in terms of carbon, estimated by using 14C-labeled green algae in Carassius auratus cuvieri, Hypophthalmichthys molitrix. Japanese Journal of Limnology. 1977. Vol. 38, No. 1. P. 19–32. DOI: https://doi.org/10.3739/rikusui.38.19.
20. Spataru P., Wohlfarth G. W., Hulata G. Studies on the natural food of different fish species in intensively manured polyculture ponds. Aquaculture. 1983. Vol. 35. P. 283–298. DOI: https://doi.org/10.1016/0044-8486(83)90101-1.
21. Wootton R. J. Energy utilization in growth. In: Farrell A. P. (ed.). Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment. San Diego : Academic Press, 2011. P. 1623–1628. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374553-8.00147-7.
22. Ullah S., Hasan Z., Zuberi A., Younus N., Rauf S. Comparative study on body composition of two Chinese carps, common carp (Cyprinus carpio) and silver carp (Hypophthalmichthys molitrix). Global Veterinaria. 2014. Vol. 13, No. 5. P. 867–876. DOI: https://doi.org/10.5829/idosi.gv.2014.13.05.86234.
23. Makarenko A., Rudyk-Leuska N., Kononenko R., Khyzhniak M., Kononenko I., Kotovska G., Shevchenko P., Leuskyi M. Biometric analysis of food products of hybrid Hypophthalmichthys (Hypophthalmichthys spp.) to determine their nutritional value and use in the food industry. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 2024. Vol. 18. P. 207–222. DOI: https://doi.org/10.5219/1930.

Дата першого надходження статті до видання: 30.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 04.11.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 23.11.2026