
ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 504.45.058

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.16>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИРОДНО-ШТУЧНОГО БІОМЕЛІОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСУ (ПШБК) НА ВОДНИХ ОБ'ЄКТАХ КІЛІЙСЬКОГО МІЖРАЙОННОГО УПРАВЛІННЯ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА (КМУВГ)

Коротецький В.П.¹, Полятикiна О.О.²

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ

²Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України
вул. Васильківська, 37, 03022, м. Київ
mars108@meta.ua, geli0s009@gmail.com

Досліджено особливості функціонування ПШБК на водних об'єктах Кілійського міжрайонного управління водного господарства (КМУВГ). Розроблено наукові підвалини з охорони, використання та відтворення ПШБК з метою підвищення ефективності роботи водних об'єктів різного призначення на основі обґрунтування заходів з вивчення сучасного стану біомеліорантів, інших гідробіонтів, а також моніторингу гідробіологічних та гідрохімічних показників в умовах постійного антропогенного навантаження.

Антропогенний вплив та інші чинники підвищують рівень біологічних загроз (біоперешкод) для навколишнього природного середовища, і як наслідок таких негативних явищ, – погіршення якості води, а також екологічного стану довкілля. Перспективним напрямком біологічної меліорації водних об'єктів є природно-штучний біомеліоративний комплекс (ПШБК). Безперечним здобутком запропонованого методичного підходу – це біологічна, а отже, найбільш безпечна для довкілля альтернатива різним наявним механічним, хімічним, фізичним методам поліпшення ефективності експлуатації водних об'єктів. Важливим критерієм, запропонованим ПШБК, є те, що трофічні ланцюги мають бути найбільш «короткими», а отже, й екологічно ефективними з точки зору кругообігу речовин, швидкості росту гідробіонтів, особливо риби, формування високої якості води та практичного поліпшення навколишнього природного середовища. Під час створення ПШБК застосовується диференційований підхід до відбору його складових, залежно від типу водного об'єкта та наявних біологічних загроз. Визначено оптимальні видовий склад риб-біомеліорантів ПШБК та вікові й вагові характеристики зарибку. Дослідження спрямоване на вироблення низки науково-практичних біоманіпуляцій, що дозволять на основі отриманих наукових даних практично впровадити у водних екосистемах КМУВГ комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності їхньої експлуатації. *Ключові слова:* біомеліорація, біологічні загрози, фітопланктон, вищі водні рослини, рослиноїдні риби, біомеліоранти, природно-штучний біомеліоративний комплекс

Efficiency of functioning natural and artificial biomeliorative complex (PSHBC) on the water facilities of the Kilia inter-district water management department (KMUVG). Korotetskyi V., Polyatykina O.

Peculiarities of the operation of PSHBC on water objects of the Kili Interdistrict Water Management Department (KMUVG) were studied. The scientific foundations for the protection, use and reproduction of PSHBC have been developed in order to increase the efficiency of the work of water bodies of various purposes based on the justification of measures to study the current state of biomeliorants, other hydrobionts, as well as monitoring of hydrobiological and hydrochemical indicators in conditions of constant anthropogenic load. Anthropogenic influence and other factors increase the level of biological threats (bioobstacles) to the surrounding natural environment, and as a result of such negative phenomena – the deterioration of water quality, as well as the ecological state of the environment. A natural-artificial biomelioration complex (PSHBC) is a promising direction of biological reclamation of water bodies. The undoubted achievement of the proposed methodical approach is a biological, and therefore the most environmentally safe alternative to the various existing mechanical, chemical, and physical methods of improving the efficiency of the operation of water bodies. An important criterion proposed by the PSHBC is that the trophic chains should be the «shortest», and therefore ecologically efficient from the point of view of the circulation of substances, the growth rate of hydrobionts, especially fish, the formation of high water quality and the practical improvement of the natural environment. A differentiated approach to the selection of its components is used during the creation of the PSHBC, depending on the type of water body and existing biological threats. The optimal species composition of fish biomeliorants of the PSHBC and the age and weight characteristics of the stocking were determined. The research is aimed at the development of a number of scientific and practical biomanipulations, which will allow, on the basis of the received scientific data, to practically implement a set of measures aimed at increasing the efficiency of their exploitation in the water ecosystems of the KMUVH. *Key words:* biomelioration, biological threats, phytoplankton, higher aquatic plants, herbivorous fish, biomelioration agents, natural-artificial biomelioration comple.

Постановка проблеми. Зважаючи на глобальні зміни клімату та антропогенний вплив, у водних екосистемах спостерігається зростання ролі біологічних загроз. На сьогодні у різноманітних водних об'єктах КМУВГ існують такі основні типи біологічних загроз:

цвітіння води планктонними синьо-зеленими водоростями (Cyanobacteria). Інтенсивний розвиток водоростей, що призводить до «цвітіння» води. Формування плівки водоростей на поверхні води, гіпернасичення O_2 у поверхневих горизонтах та глибокий дефіцит кисневого насичення в середніх та придонних горизонтах. Після відмирання і деструкції біомаси водоростей у воду надходить значна кількість органічних речовин (ОР), фенолів, їх похідних, алготоксини. На окиснення органічних речовин витрачається кисень водної товщі, у результаті погіршується кисневий режим. Алготоксини є небезпечними для гідробіонтів вищих трофічних рівнів (безхребетних, риб). «Забивання» водоростями, особливо їх колоніями, зябрових щілин риб, зоопланктону, зообентосу. Накопичення плівки синьо-зелених водоростей на поверхні води у водоймищах-охолоджувачах електростанцій може призводити до зниження теплопередачі в атмосферу і відповідно зменшити ефективність експлуатації водойми [9];

заростання акваторій вищими водними рослинами призводить до негативних наслідків: «Затіннення» водної товщі в місцях їх інтенсивного розвитку з відповідним формуванням кисневого дефіциту, інтенсифікація розвитку анаеробної мікрофлори. Субстрат для осадження різних завислих часток. Формування масивів заростей зменшує водний потік у каналах. Надходження у воду різних типів ОР, багаторічне накопичення залишків кореневих систем ВВР призводить до зменшення потужності поперечної площі водного потоку. Занурені вищі водні рослини, особливо в зонах, наближених до водозабору, можуть викликати біоперешкоди під час їх масового знесення течією до насосних станцій [12];

Масовий розвиток молюсків обростань, зокрема видів роду *Dreissena* призводить до суттєвого зниження пропускної здатності. Біологічне відмирання тваринних організмів спричиняє надходження у воду значних кількостей різноманітних ОР.

Наукова сутність праці полягає у виробленні низки науково-практичних біоманіпуляцій, що дозволять на основі отриманих наукових даних практично впровадити у водних екосистемах різних типів та призначення комплекс заходів, що підвищать ефективність їх експлуатації.

Важливо констатувати, що запропонований методичний підхід базується на наявному сьогодні різноманітті природної біоти водойм з штучним «внесенням», практично, інтродукцією певних видів, які зможуть бути біомеліорантами, життєдіяльність

яких в екосистемі сприятиме мінімізації біологічних загроз.

Безперечним здобутком запропонованого методичного підходу є те, що це біологічна, а отже, найбільш безпечна для довкілля альтернатива різним наявним механічним, хімічним, фізичним методам підвищення ефективності експлуатації водних об'єктів.

Аналіз попередніх досліджень (публікацій). На сьогодні існує (незатверджений) єдиний нормативний документ «Методологія запобігання біологічним загрозам (біоперешкодам) водних екосистем шляхом формування природно-штучного біомеліоративного комплексу», розроблений науковцями Науково-дослідного інституту «Держводехологія». Інші наукові роботи, присвячені проблемам біологічної меліорації, стосуються лише вселення у водойми рослиноїдних риб. Опубліковані статті щодо вселення далекосхідного комплексу риб у водоймища-охолоджувачі України, наприклад, Запорізької АЕС [10], Хмельницької АЕС [5], Змієвської ТЕС [2], Криворізької ТЕС [3], а також монографія І.Ю. Бузевича щодо рослиноїдних риб у водосховищах України [1].

Іхтіофауна водних об'єктів України протягом останнього сторіччя знаходиться у полі зору багатьох дослідників. Найбільш ранні й досить повні дані, що стосуються видового складу риб, представлені в роботах таких відомих науковців як І. Правдин, Г. Никольський, А. Константинов, І. Шерман, Ю. Пилипенко, І. Бузевич, Р. Новицький.

Мета дослідження – розроблення наукових основ з ефективного використання ПШБК на водних об'єктах КМУВГ на основі обґрунтування заходів з вивчення сучасного стану біомеліорантів, інших гідробіонтів, а також моніторингу гідробіологічних та гідрохімічних показників в умовах постійного антропогенного навантаження.

Об'єкт дослідження – процес біомеліорації, що дозволяє відслідкувати якісні показники природних вод на водних об'єктах різного призначення.

У праці проаналізовано комплекс науково-практичних підходів, що базуються на аналізі науково-технічної літератури та інших інформаційних джерел, використанні системного аналізу умов та особливостей біомеліорації, методах екологічного моніторингу для експертного оцінювання впровадження ПШБК та геоінформаційного представлення й відображення біоперешкод під час розроблення природоохоронних заходів для поліпшення екологічної ситуації на водних об'єктах.

Згідно з Каталогом водного фонду Одеської області, наданого Облводгоспом, усього в області нараховується 210552,8 га земель водного фонду, з яких 15054,7 га землі – під природними водотоками, 8917,9 га – під штучними водотоками, 16 903,2 га – під озерами, 10590,3 га – під штучними водоймами.

Для забезпечення ефективної експлуатації водних об'єктів «Кілійського міжрайонного управління водного господарства» (КМУВГ) протягом 2021–2022 років здійснювалися заходи з формування природно-штучного біомеліоративного комплексу (ПШБК) шляхом запуску у водну екосистему біомеліорантів у вигляді рослиноїдних риб відповідно до зазначених у Програмі розрахунків на площу водойми (табл. 1).

Науково-пошукові дослідження, проведені в 2019–2022 роках, базувалися на методичних заходах, викладених в Постанові Кабінету Міністрів України № 758 від 19 вересня 2018 р. «Про здійснення державного моніторингу масивів поверхневих вод». Проведені комплексні дослідження включали основні абіотичні та біотичні показники, зокрема: фізичні, хімічні та біологічні (ботанічні, зоологічні, трофологічні).

У процесі експедиційних досліджень визначались наступні абіотичні та біотичні показники водних екосистем. Фізичні, фізико-хімічні, біологічні. Кількісні показники – величини чисельності (N, тис. клітин/дм³) і біомаси (B, мг/м³). Температурний режим. Так, у місяці листопаді 2020, 2021 та 2022 роках температура води, як на кінець осені, була досить високою – +13,8–14,0°C. Відносно високими були й зимові температури води в лютому 2020 і 2021 років – від +0,4°C до +1,8–2,5°C. Отримані натурні дані протягом 2022 року, порівняно з даними минулих періодів, також є нетипово високими.

Натурні дослідження мінералізації й електропровідності (кондуктивності) води відобразили їх істотні відмінності у різних водоймах. Так, величини електропровідності коливались від 366–489 до 1305–1579 мСм/см, а мінералізації – від 163 до 1170–1245 мг/дм³.

Дослідження рН засвідчили, що вода в усіх досліджених водоймах має лужний характер. При цьому мінімальні значення змінюються від 8,1–8,3 до максимальних – 8,5–8,9. Середні значення рН у всіх водоймах також мали лужний характер – 8,3–8,7.

Проведені натурні дослідження у 2021 році показали, що абсолютний вміст розчиненого у воді кисню – у досить широких межах – від 5,1–7,8 влітку до 9,8–17,1 мг O₂/дм³, при цьому середні показники були досить високі – 6,8–13,4 мг O₂/дм³. Відповідно, з урахуванням температури на станціях відбору було й насичення води киснем від 0,1–99 до 132–161% з середніми значеннями 106–152%. Отже, згідно з отриманими даними, кисневий режим досліджених водойм був позитивний, дефіциту кисню зафіксовано не було. Отже, можна стверджувати, що позитивний кисневий режим, обумовлений у тому числі й роботою ПШБК, на пряму пов'язано з інтенсивним розвитком фітопланктону – основного біологічного агента фотосинтетичного насичення води розчиненим киснем.

Аналіз структурної організації таксономічного різноманіття літнього **фітопланктону** показав, що його провідними відділами були: Cyanophyta, Bacillariophyta і Chlorophyta, а представники інших відділів суттєвого значення у формуванні таксономічного різноманіття не мали. Кількість в. в. т. у різних альгологічних пробах на представлених станціях коливалась від 10–11 до 16–24 таксонів. Південна зона розташування та підвищена мінералізація водойм Кілійського МУВГ створюють підвищене якісне та кількісне зростання фітопланктону, що негативним чином впливає на якість поверхневих вод. Запровадження ПШБК істотно поліпшує якість води та зупиняє процеси деградації водних об'єктів, що і є – запобігання біологічним перешкодам. Аналіз даних за таксономічними, еко-

Таблиця 1

Площа водних об'єктів Кілійського МУВГ, на яких запроваджена Програма ПШБК

№	Назва водного об'єкту	Площа (S), га
1.	Канал Міжколгоспний-Дунайський	115
2.	Підвідний канал до н/ст ЗНС-1 КРЗС	5
3.	Підвідний канал до н/ст Дружба-1 КРЗС	10,2
4.	Підвідний канал до н/ст ЗНС-1, 1а ТЗС	3,6
5.	Підвідний канал до н/ст ЗНС-11 МРЗС	4,3
6.	Підвідний канал на о. Степовий	3,9
7.	Канал Кофа	9,6
8.	Канал Дунай-Сасик	139
9.	Козійське водосховище	54,6
10.	Нерушайське водосховище	165
11.	Дмитрівське водосховище	93,5
12.	Кагачське водосховище	105
13.	Канал Тупиковий	6
	Всього	714,7

логічними, географічними характеристиками фітопланктону показав, що за поширенням практично всі види водоростей є космополітами, що засвідчує їх високу адаптаційну здатність до умов водного середовища, тому вони можуть вегетувати, а отже, й входити до ПШБК.

Натурними дослідженнями, проведеними в період 2019–2021 років, встановлено, що зарості **макрофітів**, в основному, належать до екологічної групи занурених рослин, а також очерету. Макрофіти представлені різноманітними зануреними ВВР і нитчастими водоростями. Зарості ВВР нараховують 8 видів з 5 родин: родина Рдесникові (рдесник пронизанолистий, гребінчастий, кучерявий, злаколистий), родина Різухові (різуха морська), родина Жабурникові (валіснерія спіральна), родина Куширові (кушир занурений), Родина Столисникові (водопериця колосова). Усі види є багаторічними рослинами, що широко поширені на території України. Знайдені види утворюють у ВОУ як чисті, так і змішані ценози.

На основі отриманих даних обчислили запаси фітомаси кожного виду, а також загальні запаси зануреної рослинності. У цілому, запаси рослинності оцінюються близько 2,5 т/км абсолютно сухої маси.

Зарості макрофітів у водоймах КМУВГ накопичують значні величини біомаси, знаходження якої у водоймах має як позитивний, так і негативний вплив на їх експлуатацію, формування біорізноманіття та життєдіяльність гідробіонтів.

Позитивний вплив – це забезпечення якості води та використання макрофітів як реальний харчовий ресурс для гідробіонтів вищих трофічних рівнів (безхребетні, риби) чи як потенційний ресурс для отримання білків, жирів, вуглеводів.

Негативний вплив макрофітів полягає в тому, що при відмиранні надлишкової біомаси у воду надходить велика кількість органічних речовин, що може призводити до погіршення кисневого режиму, а також і якості води.

Запровадження ПШБК на водоймах КМУВГ протягом 2020–2021 років нині дозволяє стверджувати щодо запобігання надмірному розвитку вищої водної рослинності завдяки вселеного меліоранта – білого амура. Так, завдяки вселенню білого амура за вимогами Програми у 2020–2021 роках заростання вищою водною рослинністю водосховища Козійське зменшилося досить істотно. Зокрема, площа заростання очеретом скоротилася з 60% до 20% водного дзеркала, що є позитивним показником роботи ПШБК. Прогнозовано, що завдяки кількісним та якісним показникам біомеліоранта зазначеного виду, в період 2022–2024 років надмірне заростання макрофітами зменшиться до параметрів, відповідно до вимог Програми, на всіх водних об'єктах КМУВГ.

Угруповання безхребетних водної товщі (**зоопланктон**) представлені різноманітними дрібними тваринами, які, в основному, відносяться до коловер-

ток (Rotatoria), гіллястовусих (Cladocera) і веслоногих ракоподібних – Copepoda.

Домінуючими видами зоопланктону (як за чисельністю, так і за біомасою) були коловертки – *Ploesoma truncatum*, *Asplanchna sieboldi*, *Euchlanis dilatata*, *Keratella quadrata* і веслоногий рачок – *Acanthocyclops americanum*. За кількістю різноманіття, основну частину чисельності – 83,0 тис. екз/м³, це 90% від загальної кількості чисельності зоопланктону, і біомаси – 172,9 мг/дм³; що відповідно складає 67% від сумарного зоопланктону формували коловертки.

В цілому ж, проведення узагальнюючого аналізу по якісному і кількісному різноманіттю зоопланктону показує, що більшу частину року – весна, осінь, зима, – величини його біомас знаходяться в межах до одного грама на метр кубічний, і тільки в літній період, а це фактично не більше трьох місяців, можуть досягати величин біомас у декілька грам. Але при цьому, зоопланктон відіграє істотну роль у формуванні планктонних ланцюгів живлення багатьох представників іхтіофауни на різних етапах розвитку риб.

Отже, зоопланктон водойм КМУВГ характеризується значним якісним і кількісним різноманіттям та відіграє значну роль у функціонуванні біоти, а відповідно, і ПШБК. Автори переконані, що вселений в процесі формування ПШБК строкатий товстолобик та його гібридів разом з водними зоопланктонофагами, які мешкають у водній екосистемі досліджуваних водойм, забезпечують оптимальне функціонування біомеліоративного комплексу.

Для формування ПШБК на водних об'єктах, що у складі Кілійського управління водного господарства (далі – КМУВГ), у 2022 році було визначено випуск (вселення) молоді таких видів біомеліорантів за відповідними якісними показниками (табл. 2).

Розраховані обсяги вселення біомеліорантів, що формуватимуть ПШБК на всіх водних об'єктах КМУВГ, наведені у табл. 2, – обов'язкові для експлуатації водних об'єктів КМУВГ.

Разом з тим, варто зазначити, що у водних об'єктах КМУВГ мешкають статевозрілі особини гібридів рослиноїдних риб, що не є ефективними біомеліорантами і не мають можливості до самовідтворення, з метою уникнення резорбції ікри та заморних явищ, і це, в свою чергу, може призвести до негативних екологічних наслідків.

Згідно з результатами наукових досліджень протягом 2022 року щодо ефективності роботи ПШБК, вилучення старшовікових груп біомеліорантів рекомендовано здійснювати у 2023 році на рівні згідно з рекомендованими нормативами.

Разом з тим, варто зазначити на позитивну роботу старшовікових особин білого амура, який суттєво розріджує вищу водну рослинність (очерет, рогуз) на глибинах від 0,5 до 0,7 м, що було підтверджено під час проведення досліджень глибин Козійського

Таблиця 2

Рациональний видовий склад випуску біомеліорантів (на 1 га водного дзеркала КМУВГ).

Вік, р	Білий амур		Строкатий товстолоб		Білий товстолоб		Короп/сазан	
	шт/га	наважка, г	шт/га	Наважка, г	шт/га	наважка, г	шт/га	наважка, г
0+	200	30	750	35	1000	30	500	30
1	200	30	750	35	1000	30	500	30
1+	50	700	250	250	260	200	125	200

Таблиця 3

Рекомендовані нормативні показники вилучення хижаків та домінуючого виду у 2023 р.

№	Вид зарибку	Наважка (не менше), кг	Обсяги вилучення кг/га
1.	Судак	0,8	50
2.	Щука	0,7	30
3.	Окунь	0,2	80
4.	Сом	1,5	30
5.	Карась сріблястий	0,2	100
	Всього:	-	290

і Нерушайського водосховища у листопаді 2022 року. Заміри глибин на даних водних об'єктах, що проводилися у 2021 році зафіксували розрідженість ВВР на глибинах 0,7–1,0 м, що свідчить про активний розвиток і харчування білого амура в складі ПШБК.

Стан біомеліорантів, вилучених під час досліджень, задовільний, явних ознак захворювань та пошкоджень не виявлено. Гідробіоти в живому стані випущені до водойми.

Основним критерієм необхідності створення та впровадження ПШБК на різнотипних водних об'єктах КМУВГ є оцінка його ефективності в покращенні якості водного середовища.

Проведений натурний аналіз таксономічного різноманіття, морфологічних, розмірних, ценотичних характеристик фітопланктону досліджених водних об'єктів, показує, що використання як білого, так і строкатого товстолобиків, а також їхніх гібридів, є досить ефективними біологічними меліорантами при формуванні ПШБК впродовж досліджуваного періоду.

Кількісні показники (чисельність, біомаса). Не менш важливими критеріями необхідності використання риб фітофагів є кількісні показники розвитку фітопланктону, що відображають інтенсивність формування фітомаси.

З'ясовано, що величини чисельності фітопланктону досліджених водних об'єктів коливались у широких межах – від 178 тис. кл/дм³ до 246753 тис. кл/дм³. Відповідно навіть в осінній період біомаси можуть досягати величин у декілька десятків г/м³ (20,267 г/м³). Очевидно, що в літню пору року – період масової вегетації фітопланктону – кількісні показники його розвитку можуть перевищувати дані в декілька разів.

Проведений аналіз натурних даних по таксономічному різноманіттю, морфологічним, ценотич-

ним показникам, величинам чисельності та біомаси водоростевих угруповань на прикладі досліджених водних об'єктів КМУВГ засвідчує необхідність і важливість дослідження структурно– функціональної організації фітопланктону, що є основним біологічним компонентом, який необхідно враховувати під час формування та функціонуванні іхтіофауни ПШБК.

Для отримання об'єктивніших даних з оцінки функціонування ПШБК в якості контрольних гідрохімічних показників стану водних екосистем були взяті ті, що були отримані за місяць до вселення риб–біомеліорантів. Для більшої об'єктивності оцінки впровадження та функціонування ПШБК натурні дослідження були проведені на різнотипних водних об'єктах КМУВГ.

Так, у якості водотоку було обрано важливий водогосподарський комплекс Півдня України: канал р. Дунай – оз. Сасик. Варто зазначити, що вселення риб–біомеліорантів у даний водоток відбулося 02.11.2022р. Відповідно у якості контрольних показників було взято дані за жовтень 2021 року, а оцінка функціонування ПШБК проведена за листопад 2022 року. Зафіксований позитивний ефект функціонування новоствореного ПШБК обумовлений оптимальним вибором як видового складу, так і кількісних показників вселених риб–меліорантів. Так, у порівнянні з водогосподарськими комплексами, де впроваджувалось ПШБК, в каналі р. Дунай – оз. Сасик було вселено фітопланктонофага білого товстолобика, а також оптимальну кількість факультативного фітофага строкатого товстолобика чи їх гібридів.

Отже, вважаємо, що здійснені в каналі біоманіпуляційні роботи по створенню ПШБК, особливо оптимальні показники вселення білого товстоло-

Таблиця 4

Біомеліоранти

№	Назва біомеліорантів (вид риби, ракоподібних, молюсків)	Кількість вилучення (шт.)	Наважка середня (г)	Розмірний ряд середній (см)	Відсоток кількості до загального вилучення (%)	Загальна вага за вилученням (кг)
1	Краснопірка	18	65	15	29,7	1,170
2	Окунь	9	35	13	8,0	0,315
3	Товстолобик	5	220	22	28,0	1,100
4	Короп	3	250	23	19,1	0,750
5	Амур	2	300	24	15,2	0,600

Таблиця 5

Критерії ефективності роботи ПШБК

Критерій	Характеристика
Природоохоронні вимоги	наявність санітарної зони не менше ніж 25 м, а також відсутність у цих межах будь яких капітальних споруд, чи використання даної зони для рекреації (купання, відпочинок)
Фізичні показники:	
Прозорість води за диском Секкі, м	не менше, ніж 50% товщі води
Хімічні показники:	
Вміст розчинного у воді кисню, мг O ₂ /дм ³	не менше 6 мг O ₂ /дм ³ , бажано до 10 мгO ₂ /дм ³
Насичення товщі води киснем, %	не менш ніж 70%, бажано 100–110%
Амонійний азот (NH ₄ ⁺)	не більш ніж 0,50 мг N/дм ³
Нітратний азот (NO ₃ ⁻)	не більш ніж 0,70 мг N/дм ³
Нітритний азот (NO ₂ ⁻)	не більш ніж 0,06 мг N/дм ³
Фосфор фосфатів (PO ₄ ³⁻)	не більш ніж 0,1 мг P/дм ³
БО, мг O/дм ³	25–26 мг O/дм ³
ПО, мг O/дм ³	8–10 мг O/дм ³
Гідробіологічні показники:	
Потужність фотичної зони, % товщі води	не менш ніж 70%
Біомаса фітопланктону, мг/дм ³	2–5 мг/дм ³
Фітомаса вищих водних рослин, кг/м ²	0,5–1 кг/м ²
Частка акваторії, заросла вищою водною рослинністю різних екологічних груп, %	10–20%. При цьому більшу частку має формувати занурена рослинність, оскільки це елективний корм для білого амура
Біомаса зообентосу, г/м ²	40–100 г/м ²

бика, чітко вказують на хорошу перспективу проведення біомеліоративних робіт у водотоках Півдня України. Відповідно до отриманих результатів спостерігається позитивна динаміка показників абсолютного вмісту кисню та кисневому насиченню води. Рівень рН має незначне від'ємне значення, але знаходиться в межах норми сезонних коливань гідрологічного режиму водойми. Отже, застосовані заходи ПШБК показують позитивну динаміку зміни гідрфізичних та гідрохімічних показників на каналі Дунай-Сасик.

Важливим позитивним результатом, отриманим в процесі аналізу впровадження та ефективності функціонування ПШБК, є натурні дані, отримані на низці водойм іншого типу – водосховищах, що входять до водогосподарського комплексу КМУВГ. Так, оцінка ефективності функціонування ПШБК у 2021

на Козійському водосховищі засвідчили позитивну тенденцію по абсолютним і відносним показникам рН, абсолютному вмісту O₂. Очевидно, що відсутність позитивних результатів по оцінці насичення води киснем обумовлена різким зниженням температури (до 8,1°C) у листопаді в порівнянні з контролем – жовтень (12,9°C). Проте різке зниження температури призвело до зменшення інтенсивності фотосинтетичних процесів і, відповідно, зниження насичення води киснем.

У 2022 році проведені порівняльні дослідження показують, що рН має також від'ємне значення порівняно з контрольним місяцем жовтнем 2021 року, але від'ємне відхилення -0.23 незначне, що є нормальним за стандартних коливань гідрологічного режиму водойми, а також свідчить про нормалізацію процесів та після вселення риб-біомеліорантів.

**Оцінка ефективності функціонування ПШБК на Козійському водосховищі
Кілійського водогосподарського комплексу в період 2021–2022 рр.**

Показники стану водного середовища	Сезонне функціонування екосистеми 2021				Вселення риб (контроль 2021)	Функціонування ПШБК 2021			Функціонування ПШБК 2022		
	травень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	+Δ	+Δ, %	листопад	+Δ	+Δ, %
t°C (темпера- тура води)	21	27	25,8	21,7	12,9	8,1	–	–	9,5	–	–
pH (кислот- ність – лужність)	8,5	8	7,6	7,9	8,48	9,0 6	+0,58	+6,84	8,25	-0,23	-2,71
TDS (електропровід- ність)	540	920	440	493	591	629	–	–	–	–	–
PPD (солоність)	0,28	0,45	0,2	0,23	0,28	0,3	–	–	–	–	–
O ₂ , мг/дм ³ (абсолютний вміст)	–	3,5	5,4	8,4	8,1	9,5	+1,4	+17,2 8	8,2	+0,06	+0,74
O ₂ , % (кисневе насичення води)	99	45	72,5	96,7	94,2	79	-15,2	- 16,14	85	-9,2	-9,77

У цілому, натурні результати, отримані на Козійському водосховищі, наведені в табл. 6.

Аналогічні дані з оцінки ефективності створення та функціонування ПШБК у Нерушайському водосховищі та на Дмитрівському водосховищі.

У 2021 році проведений порівняльний аналіз з ранжирування ефективності функціонування ПШБК досліджених водосховищ показав, що найбільш оптимальні результати отримані на Дмитрівському водосховищі. Вважається, основним чинником, що зумовив позитивну тенденцію в даному водосховищі, порівняно з іншими, є співвідношення кількості вселених риб-фітофагів – білого товстолобика. Відповідно до порівняльних характеристик за 2022 рік спостерігається позитивна динаміка впроваджені системи ПШБК на всіх досліджуваних водоймах.

Висновки. Всебічно проведені розрахунки оптимальних якісних і кількісних показників риб-меліорантів на основі попередньо здійснених гідрохімічних, гідрофізичних та гідробіологічних досліджень (основних біологічних компонентів, що визначають якість води та ступінь біоперешкод в іригаційних системах, – це різноманіття планктонних водоростевих угруповань та вищих водних рослин різних

екологічних груп) занурених, з плаваючим листям і повітряно-водних рослин. Саме наголошення на дослідженні біологічного компоненту є досить важливим фактором для запобігання біоперешкодам на водозабірних насосних станціях.

Отже, здійснений аналіз у 2021 році піонерних наукових праць щодо впровадження ПШБК на різнотипних водогосподарських об'єктах (канали, водосховища) та перших місяців їх функціонування наочно засвідчує, що біомеліорація є перспективним напрямком водогосподарської діяльності на Півдні України. А дослідження, проведені у 2022 році, переконливо доповнюють такі твердження. Не менш важливим є й те, що поліпшення екологічного стану довкілля, якості води, мінімізація біологічних загроз (біоперешкод) здійснюється без застосування високовартісних механічних методів чи небезпечних для зовнішнього середовища хімічних методів.

Станом на сьогодні єдиним, затвердженим на рівні держави, заходом біологічного очищення та запобігання біоперешкодам водним екосистемам є природно-штучний біомеліоративний комплекс, що передбачає вселення у водний об'єкт різних гідробіонтів, у тому числі риб-меліорантів, які відносяться до рослиноїдних риб.

Література

1. Біологія і промисел далекодніх рослиноїдних риб великих водосховищ України / Бузевич І.Ю. та ін. Київ: 2012. 126 с.
2. Васенко О.Г. Екологічні основи водоохоронної діяльності в теплоенергетиці. Бібліотека журналу ІТЕ. Т. 1. Харків : УкрНДІЕП, 2000. 243 с.
3. Еколого-біологічна та рибогосподарська характеристика водосховища-охолоджувача Криворізької ТЕС / Федоненко О.В. та ін. *Питання біоіндикації та екології*. 2016. Вип. 21, № 1–2. С. 99–110.
4. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>

5. Ковба М.В. Аквакультура промислово цінних видів риб на водних об'єктах Хмельницької АЕС / *Водні ресурси і аквакультура. Київ : ДІА*, 2010. С. 163–166.
6. Куліш Т. Ю., Гуслиста М. О., Новіцький Р. О. Проміжні результати біомеліоративних робіт на Дніпровському водосховищі у 2016–2018 рр. / Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали X Міжнародної наукової конференції (м. Дніпро, 18-19 листопада 2019 р.). Дніпро: Ліра, 2019. С. 15.
7. Новіцький Р. О. Методичні рекомендації по вивченню основ іхтіології та організації іхтіологічних досліджень на водоймах Дніпропетровської області. Дніпро: ОЕНЦДУМ, 2019. 144 с.
8. Охріменко О.В. Живлення білого товстолоба (*Hipophthalmichthys molitrix* Val.) в умовах Водойми-охолоджувача Запорізької АЕС / *Рибогосподарська наука України*. 2012. № 3. С. 39–42.
9. Патент № UA 101959 U Україна, МПК (2015.01) C02F 3/00. Спосіб покращення природної якості води та ефективності роботи спеціальних об'єктів водозабезпечення шляхом створення природно-штучного біомеліоративного комплексу / винахідники і власники патенту: Щербак В.І., Коротецький В.П., Сидоренко О.В., Боліла Н.О., Якобчук Ю.О. № u 2015 03296; заявл. 07.04.2015; опубл. 12.10.2015, Бюл. № 19.
10. Спосіб покращення природної якості води та ефективності роботи спеціальних об'єктів водозабезпечення шляхом створення природно-штучного біомеліоративного комплексу / винахідники і власники патенту: Щербак В.І., Коротецький В.П., Сидоренко О.В., Боліла Н.О., Якобчук Ю.О.: пат. UA 101959 U Україна, МПК (2015.01) C02F 3/00. № u 2015 03296; заявл. 07.04.2015; опубл. 12.10.2015, Бюл. № 19.
11. Kravtsova O.V., Shcherbak V.I. Methodology of assessing the degree of the influence of anthropogenic factors on phytoplankton of urban water bodies / *Hydrobiological Journal*: 2020. Vol. 56, Issue 5. P. 3–14.
12. Protasov A.A., Zubkova Ye.I., Silayeva A.A. Conceptual approaches to organization of hydrobiological monitoring of technoecosystems of thermal and nuclear power plants / *Hydrobiological Journal*: 2016. Vol. 52, Issue 2. P. 59–70.