

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

Water bioresources and aquaculture

Науковий

журнал

2(18)/2025



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Internet
Вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 6 від 27.11.2025).

Головний редактор – Пічура В.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор.
Заступник головного редактора – Мельник В.І. – кандидат сільських наук, доцент,
доцент кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пилипенко,
Херсонський державний аграрно-економічний університет.

Члени редакційної колегії:

Бех В.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор;
Бойко М.Ф. – доктор біологічних наук, професор;
Бойко П.М. – кандидат біологічних наук, доцент;
Бузевич І.Ю. – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник;
Бургаз М.І. – кандидат біологічних наук, доцент;
Вовк Н.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор;
Волох А.М. – доктор біологічних наук, професор;
Дементьєва О.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент;
Домарацький Є.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент;
Зубков О. – доктор-габілітат біологічних наук, професор (Республіка Молдова);
Клименко О.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор;
Кутіщев П.С. – кандидат біологічних наук, доцент;
Наконечний І.В. – доктор біологічних наук, професор;
Харитонов М.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор;
Шевченко В.Ю. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент;
Шевченко П.Г. – кандидат біологічних наук, доцент, старший науковий співробітник;
Шекк П.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор;
Шкуте А. – доктор біологічних наук, професор (Латвія).

Електронна сторінка видання – www.wra-journal.ksauniv.ks.ua

На підставі наказу Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. (додаток 1)
журнал внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»)
у галузі сільськогосподарських наук (Е2 – Екологія, Н5 – Водні біоресурси та аквакультура)

Науковий журнал «Водні біоресурси та аквакультура»
zareestrovano суб'єктом у сфері друкованих медіа
(Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення
№ 2933 від 24.10.2024 року. Ідентифікатор медіа R30-05563)
Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Херсонський державний аграрно-економічний
університет (вул. Стрітенська, буд. 23, м. Херсон, 73006; office@ksaeu.kherson.ua,
тел. +38(050) 571-19-13)

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою
програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl

Колектив авторів, 2025

ISSN 2663-5283 (print)
ISSN 2663-5291 (online)

© Херсонський державний аграрно-економічний університет, 2025

ЗМІСТ

АКВАКУЛЬТУРА.....	7
<i>Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Пацева І.Г.</i> Моделювання та інтегральна оцінка якості питної води на основі метрики Хеммінга.....	7
<i>Гончарова О.В., Новохатко О.В.</i> Вектори екологічно-безпечного виробництва з інтеграцією альтернативних джерел білка в аквакультурі.....	25
<i>Лавринюк О.О., Матковська С.І., Вербельчук Т.В., Вербельчук С.П., Кобернюк В.В.</i> Аналіз сучасних тенденцій та перспектив розвитку годівлі риби в аквакультурі України.....	39
<i>Ларжевська Т.О.</i> Дослідження функціонально-активних параметрів тилapiaї за умов оптимізації умов вирощування.....	64
<i>Михалко О.Г., Вечорка В.В., Бедункова О.О., Коломійцева О.М., Вербельчук Т.В., Вербельчук С.П., Кобернюк В.В., Лавринюк О.О., Горчанок А.В.</i> Аквакультура Сумщини: аналіз ланцюга доданої вартості та перспективи.....	79
<i>Солопова Х.Я., Бернакевич О.М., Кориляк М.З., Віщур О.І.</i> Вплив екстракту гриба шиїтаке (<i>Lentinula edodes</i>) на антиоксидантний захист та гормональний профіль у молоді руського осетра (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> Brandt, 1856).....	118
<i>Трохименко В.З., Ковальчук Т.І., Матковська С.І., Павлюк С.К., Філінська Т.Г.</i> Сучасні підходи до сертифікації аквакультури: досвід ЄС та перспективи для України.....	134
ВОДНІ БІОРЕСУРСИ.....	149
<i>Алмашова В.С.</i> Екологічне оцінювання якості води річки Турунчук Одеської області.....	149
<i>Бреус Д.С.</i> Оцінка екосистемного стану озера Біле (Рівненська область) на основі комплексу екологічних показників.....	165
<i>Гончарова О.В., Бургаз М.І., Мельниченко С.Г.</i> Тилігульський лиман: об'єкт науково-дослідної платформи для магістрів спеціальності водні біоресурси та аквакультура півдня України.....	180
<i>Катинська І.В., Бургаз М.І.</i> Оцінка просторово-часових трендів поширення зелених водоростей (<i>Chlorophyta</i>) в Україні на основі біогеографічних даних GBIF.....	191
<i>Потрава Л.О., Пічура В.І., Мельник В.І.</i> Результати соціологічного дослідження «Каховське водосховище: минуле, сучасне та майбутнє».....	204

ПРОМИСЕЛ..... 224

Маренков О.М., Нестеренко О.С., Боровик І.І., Курченко В.О., Шмагайло М.О. Оцінка промислових запасів і прогноз вилову риб родини коропові (*Cyprinidae*) Дніпровського водосховища на 2026 рік..... 224

ГІДРОЕКОЛОГІЯ.....238

Іщук О.В., Бордюг Н.С. Моніторинг хлороранічних сполук у водних біологічних ресурсах річки Сейм як основа екологічної безпеки рибної продукції..... 238

Романчук М.Є., Тишкевич М.І. Оцінка придатності вод водосховища Ялпуг у м. Болград для різних видів водокористування..... 249

CONTENTS

AQUACULTURE.....	7
<i>Valerko R.A., Herasymchuk L.O., Patseva I.H.</i> Modeling and integral assessment of drinking water quality based on the hamming metric.....	7
<i>Honcharova O.V., Novokhatko O.V.</i> Vectors of ecologically friendly production with the integration of alternative protein sources in aquaculture.....	25
<i>Lavryniuk O.O., Matkovska S.I., Verbelchuk T.V., Verbelchuk S.P., Koberniuk V.V.</i> Analysis of modern trends and development prospects of fish feeding in Ukrainian aquaculture.....	39
<i>Larzhevska T.O.</i> Research of functional-active parameters of tilapia under optimization of growing conditions.....	64
<i>Mykhalko O.G., Vechorka V.V., Biedunkova O.O., Kolomiitseva O.M., Verbelchuk T.V., Verbelchuk S.P., Koberniuk V.V., Lavryniuk O.O., Horchanok A.V.</i> Aquaculture in Sumy region: value chain analysis and prospects....	79
<i>Solopova K.Ya., Bernakevych O.M., Koryliak M.Z., Vishchur O.I.</i> Effect of shiitake (<i>Lentinula edodes</i>) mushroom extract on the status of antioxidant protection system and the hormonal profile of the russian sturgeon (<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> Brandt, 1856) juveniles.....	118
<i>Trokhymenko V.Z., Kovalchuk T.I., Matkovska S.I., Pavlyuk S.K., Filinska T.G.</i> Modern approaches to aquaculture certification: EU experience and prospects for Ukraine.....	134
WATER BIORESOURCES.....	149
<i>Almashova V.S.</i> Ecological assessment of water quality of the Turunchuk river in Odessa region.....	149
<i>Breus D.S.</i> Assessment of the ecosystem state of the Bile lake (Rivne region) based on a set of ecological indicators.....	165
<i>Honcharova O.V., Burhaz M.I., Melnychenko S.H.</i> Tiligul estuary: an object of a research platform for masters of aquatic bioresources and aquaculture in southern Ukraine.....	180
<i>Katynska I.V., Burhaz M.I.</i> Spatio-temporal assessment of distribution trends of green algae (<i>Chlorophyta</i>) in Ukraine based on GBIF biogeographic data.....	191
<i>Potravka L.O., Pichura V.I., Melnyk V.I.</i> Results of the sociological research «Kakhovka reservoir: past, present, and future».....	204

FISHING.....224

Marenkov O.M., Nesterenko O.S, Borovyk I.I., Kurchenko V.O., Shmahailo M.O.

Assessment of commercial stocks and forecast of fish catch of the carp family
(*Cyprinidae*) of the Dniprovske reservoir for 2026.....224

HYDROECOLOGY.....238

Ishchuk O.V., Bordiug N.S. Monitoring of chlororanic compounds

in the aquatic biological resources of the Seim river as the basis
for the ecological safety of fish products.....238

Romanchuk M.E., Tyshkevych M.I. Assessment of the suitability of the waters
of the Yalpugh reservoir in the city of Bolgrad for various types of water use.....249

АКВАКУЛЬТУРА

УДК 504.064.2:556.114:519.876.5

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.1>

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НА ОСНОВІ МЕТРИКИ ХЕММІНГА

Валерко Р.А. – д. ю-г. н., доцент

orcid.org/0000-0003-4716-0100

Герасимчук Л.О. – к. с.-г. н., доцент

orcid.org/0000-0002-3166-5588

Пацева І.Г. – д. т. н., професор

orcid.org/0000-0001-6271-7355

Державний університет «Житомирська політехніка»

valerko_ruslana@ukr.net

У статті розглянуто проблему забезпечення якості питної води у сільських районах Житомирської області, де значна частина населення користується нецентралізованими джерелами водопостачання. Актуальність дослідження зумовлена високим рівнем забруднення вод нітратами, залізом і підвищеною твердістю, що створює ризики для здоров'я населення. Обґрунтовано актуальність використання інтегральних методів оцінювання, які дозволяють кількісно відобразити не лише перевищення окремих показників, а й структуру відхилень від нормативних значень. Запропоновано використання метрики Хеммінга як інструменту інтегральної оцінки якості питної води. Метод дозволяє кількісно оцінити відмінності між експериментальними показниками та нормативними значеннями, що забезпечує простоту розрахунків, об'єктивність і можливість автоматизації моніторингу. Дослідження проведено на території чотирьох районів області – Бердичівського, Житомирського, Коростенського та Новоград-Волинського за трьома ключовими показниками: вмістом нітратів, загального заліза та загальної твердості. Розраховано статистичні характеристики похибок (MAE, MSE) і визначено інтегральні показники якості води. Установлено, що лише 36 – 45 % зразків відповідають нормативам, тоді як 20 – 40 % мають критичний рівень забруднення. Найгірші результати зафіксовано у Бердичівському районі, де концентрація нітратів перевищує норму в 2,6 рази. Моделювання за відстанню Хеммінга показало, що вода прийнятної якості характеризується значеннями метрики до 16,8, а перевищення цього рівня вказує на підвищені ризики. Метод продемонстрував ефективність у класифікації зразків води за ступенем забруднення та дозволив сформулювати інтегральну оцінку стану джерел водопостачання. Отримані результати свідчать про доцільність використання відстані Хеммінга як простої та надійної альтернативи традиційним індексам якості води, що дає змогу створювати автоматизовані системи моніторингу та картографічні сервіси для прийняття управлінських рішень на рівні громад. Практична значущість роботи полягає у можливості застосуван-

ня методу для підвищення екологічної безпеки водопостачання й реалізації цілей сталого розвитку ООН (ЦСР-6).

Ключові слова: питна вода, якість, нітрати, залізо, твердість, інтегральна оцінка, відстань Хеммінга, Житомирська область.

Постановка проблеми. Питна вода є одним з ключових ресурсів, необхідних для підтримання життя та здоров'я людини. Відповідно до даних Всесвітньої організації охорони здоров'я, понад 2 мільярди людей у світі не мають доступу до безпечної води для споживання, що створює значні ризики виникнення інфекційних захворювань та хронічних інтоксикацій [1]. Якість питної води визначається комплексом фізико-хімічних, органолептичних і мікробіологічних показників, які повинні відповідати встановленим нормативам. В Україні ці нормативи регламентуються ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [2], а також гармонізуються з європейськими стандартами, зокрема Директивою Ради 98/83/ЄС [3].

Процес моніторингу якості води, завдяки якому можна постійно контролювати стан води в режимі реального часу та швидко реагувати на зміни, можна автоматизувати за допомогою математичних моделей. Оскільки моделі можуть замінити частину експериментальних вимірювань, моделювання дозволяє зменшити витрати на фізичні дослідження і моніторинг. Математичні моделі є також важливими інструментами для державних органів та організацій, які займаються охороною водних ресурсів, а також дозволяють інтегрувати великі обсяги даних із різних джерел, таких як гідрологічні, хімічні, біологічні та екологічні показники. За допомогою моделювання можна виявляти потенційні ризики для здоров'я людей через забруднену питну воду, оскільки воно дозволяє оцінити вплив різних показників якості води на здоров'я, наприклад, рівня нітратів, важких металів чи біологічних забруднювачів, і відповідно, коригувати заходи щодо їх контролю [4; 5].

Традиційні методи оцінки якості питної води передбачають аналіз кожного показника окремо, що не завжди дозволяє отримати цілісне уявлення про стан води. У зв'язку з цим все більшого поширення набувають інтегральні методи, які дозволяють об'єднати інформацію про кілька параметрів у єдиний узагальнений показник [6; 7]. Одним із таких методів є відстань Хеммінга, яка історично була розроблена для виявлення та виправлення помилок у цифрових кодах [8], але знайшла застосування в біоінформатиці, аналізі даних та екологічному моніторингу [9].

Суть методу полягає у визначенні кількості відмінностей між двома наборами даних однакової довжини – у випадку контролю якості води це вектори, що містять інформацію про відповідність або невідповідність кожного показника нормативу. Такий підхід дозволяє швидко та об'єк-

тивно визначати кількість перевищених нормативів і оцінювати загальний стан води. Крім того, відстань Хеммінга може бути інтегрована в автоматизовані системи моніторингу, що робить її ефективним інструментом для оперативного прийняття управлінських рішень у сфері водопостачання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У науковій літературі відзначається, що методи на основі метрик відстаней, зокрема відстані Хеммінга, демонструють високу ефективність у сфері управління відходами [10], прогнозування опадів [11], ефективного енергоспоживання [12; 13], роботизації сільського господарства [14; 15], цифровізації промисловості [16], управління надзвичайними ситуаціями [17], моніторингу рівня моря і хвилових характеристик [18], вивчення біорізноманіття [19], управління сейсмічними даними [20], прогнозуванні аварійних ресурсів на нафтогазопроводах [21], завданнях класифікації екологічних даних, виявлення аномалій та формуванні інтегральних індексів якості [22].

Зокрема, AN Da et al. (2013) застосовували вираз Хеммінга у фузі-моделі оцінки якості підземних вод біля полігонів твердих побутових відходів. Метод показав високу коректність порівняно з традиційними фузі-методами – результати відповідали класам якості IV та III, а роздільна здатність моделі виявилась високою [23]. У роботі S. Xu et al. (2015) було розроблено модель динамічної оцінки якості води, де параметр $p = 1$ відповідав лінійному застосуванню відстані Хеммінга для розрахунку метрики між зразками та стандартами, у протигау евклідовій відстані $p = 2$ [24]. Zamri et al. (2022) застосовували відстань Хеммінга в алгоритмі K-NN для класифікації якості річкової води. У порівнянні з іншими метриками, Hamming здобув точність 90,12 % у класифікації – поступаючись лише моделі з ентропійним зважуванням (99,90 %) [25]. Дослідження Yan (2019) описує використання відстані Хеммінга в класифікації аномалій у водних даних методом k-NN, хоча без прямої фокусування на якість питної води [26]. У дослідженні, проведеному на поверхневих водах застосовується зважена Hamming-відстань у рамках поліпшеного «сіро-кореляційного» підходу для визначення подібності до стандартів якості [27].

Для дослідження якості питної води такий підхід дозволяє врахувати не тільки факт перевищення норми окремого показника, але й загальну кількість та структуру відхилень. Застосування відстані Хеммінга для моделювання та інтегральної оцінки якості питної води є перспективним напрямком, що поєднує простоту обчислень, об'єктивність оцінки та можливість масштабування в системах моніторингу різного рівня.

Формулювання цілей статті. Таким чином, метою даного дослідження було використання відстані Хеммінга для моделювання та інтегральної оцінки якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання на прикладі Житомирської області.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проведено у межах сільських населених пунктів Житомирської області (Бердичівський, Житомирський, Коростенський, Новоград-Волинський райони). Для оцінки якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання було обрано три ключові показники: нітрати (мг/дм³), залізо загальне (мг/дм³), загальна твердість (ммоль/дм³), вміст яких визначали за загальноприйнятими методиками. Нормативні значення обирали відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 [2] та Директиви Ради 98/83/ЄС [3].

Модель відстані Хеммінгу використовується для порівняння отриманих експериментальних даних з «еталонним» зразком. Велика відстань Хеммінга може вказувати на аномальний зразок. Групування схожих зразків води на основі їхньої відстані Хеммінга може допомогти виявити патерни забруднення. Модель описується такою залежністю:

$$HD = \frac{\sum_{i=1}^n |x - x_i|}{n}, \quad (1)$$

де x – еталонне (нормативне) значення показника;

x_i – виміряне значення показника;

n – кількість досліджуваних показників (у нашому випадку $n = 3$).

Для підвищення точності оцінювання були використані такі статистичні характеристики: середня абсолютна похибка (Mean Absolute Error) та середньоквадратична похибка (Mean Squared Error).

Середня абсолютна похибка (MAE) розраховується як середнє абсолютних різниць між цільовим значенням і значенням, що передбачене моделлю:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i|, \quad (2)$$

де N – число прикладів вибірки;

y_i – цільове значення i -го прикладу;

$\hat{y}_i$ – значення, передбачене моделлю.

Середньоквадратична похибка (MSE) використовується у випадках, коли необхідно підкреслити великі похибки та обрати модель, яка дає найменшу кількість саме великих похибок. Великі значення похибок стають помітнішими за рахунок квадратичної залежності. MSE розраховується за формулою:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (3)$$

де n – кількість спостережень за якими будується модель та кількість прогнозів;

y_i – фактичне значення залежної змінної для i -го спостереження;

$\hat{y}_i$ – значення залежної змінної, що передбачено моделлю.

Результати досліджень та їх обговорення. Характерною особливістю функціонування сільських селітебних територій України є використання нецентралізованих джерел водопостачання для задоволення власних побутових та питних потреб. Не винятком у цьому сенсі є й Житомирська область, сільські населені пункти якої забезпечені централізованим водопостачанням лише на 7,7 %, тобто лише 125 сіл станом на 2023 рік мали централізований водопровід [28].

Житомирська область належить до одного із найбільш розвинених аграрних регіонів України. Область знаходиться у сприятливих природно-кліматичних умовах, що сприяє успішному веденню сільського господарства. Житомирщина не лише забезпечує власні потреби у продуктах рослинництва і тваринництва, а й демонструє значні показники експорту цієї продукції. Однак водночас гостро стоїть проблема впливу діяльності сільськогосподарського виробництва на довкілля. Зокрема, це й забруднення водних об'єктів сільськогосподарськими стоками, що містять надлишки мінеральних добрив.

У результаті досліджень встановлено, що середній вміст нітратів у питній воді джерел питного водопостачання усіх досліджуваних районів Житомирської області перевищував норматив, регламентований ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Максимальний вміст нітратів зафіксовано у межах Бердичівського району на рівні 129,8 мг/дм³, що перевищує норматив у 2,6 рази.

Такий рівень є особливо небезпечним для дітей та вагітних жінок, оскільки пов'язаний із ризиком розвитку неканцерогенних ефектів [29].

У країнах Європейського Союзу норматив заліза у питній воді встановлений на рівні 0,2 мг/дм³, в Австралії, Японії, Китаї, США, Канаді – на рівні 0,3 мг/дм³, що відповідає нормативу, затвердженому ВООЗ, який обмежується відомостями лише про зміну органолептичних властивостей при його перевищенні [30]. Вміст загального заліза у зразках коливався від 0,55 мг/дм³ до 1,06 мг/дм³, що також перевищує нормативи ВООЗ та Директиви 98/83/ЄС. Високі значення спричиняють погіршення органолептичних властивостей води (смак, колір, запах) і можуть бути індикатором техногенного або природного надходження заліза у підземні горизонти. В Україні з 2010 року діє 2 нормативи вмісту заліза: 0,2 мг/дм³ – для централізованого водопостачання і 1 мг/дм³ допускається для води, що надходить із джерел нецентралізованого водопостачання [2].

Середній вміст заліза загального у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Житомирської області

коливався у межах від 0,55 мг/дм³ у Житомирському районі до 1,06 мг/дм³ у Новоград-Волинському.

В Україні для джерел нецентралізованого водопостачання встановлено норматив твердості на рівні 10 ммоль/дм³, а за ДСТУ 7525:2014 його оптимальний рівень визначено у межах від 1,5 до 7 ммоль/дм³.

Середня твердість питної води джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Житомирської області коливається у межах від 7,2 ммоль/дм³ у Житомирському районі до 10,2 ммоль/дм³ у Бердичівському районі, що свідчить про підвищену твердість питної води, її високу мінералізацію та негативно впливає на побутове використання води, зокрема на роботу техніки та систем опалення.

Відстань Хеммінга – це міра відмінностей між двома наборами даних, яка визначає кількість позицій, у яких дані відрізняються. Це можна використати для оцінки якості питної води шляхом порівняння наборів показників якості з прийнятними значеннями.

Низька відстань Хеммінга вказує на те, що якість води близька до прийнятної, і вода, ймовірно, безпечна для споживання. Натомість високе значення відстані Хеммінга вказує на те, що якість води значно відрізняється від прийнятних значень, і така вода може становити ризик для здоров'я.

Серед переваг використання відстані Хеммінга варто виділити:

1. Простота: відстань Хеммінга легко розрахувати за допомогою простих математичних операцій.

2. Об'єктивність: цей метод забезпечує об'єктивну оцінку якості води, виключаючи суб'єктивні інтерпретації.

3. Виявлення кількох відхилень: дозволяє виявляти не тільки окремі випадки перевищення, але й загальну тенденцію відхилення від прийнятних значень. Велика відстань Хеммінга може вказувати на аномальний зразок.

4. Кластеризація даних: групування схожих зразків води на основі їхньої відстані Хеммінга може допомогти виявити паттерни забруднення.

Недоліками застосування відстані Хеммінга є те, що ця модель не враховує інші фактори, що можуть вплинути на якість води, такі як візуальні характеристики і органолептичні властивості та залежність від нормативних значень, які можуть відрізнятися залежно від регіону та юрисдикції.

Моделювання якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів досліджуваних районів Житомирської області було здійснено за вмістом нітратів, заліза загального та жорсткості.

Результати розрахунків статистичних характеристик наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Статистичні характеристики показників якості питної води

Район	MAE			MSE		
	Нітрати	Залізо	Твердість	Нітрати	Залізо	Твердість
Бердичівський	125,7	1,3	4,2	38282,7	3,5	29,8
Житомирський	84,8	0,9	2,1	18584,6	1,3	7,8
Коростенський	65,5	0,98	4,4	9221,5	1,8	35,4
Новоград-Волинський	68,83	1,1	3,1	10420,2	3,4	17,6

Для визначення відстані Хеммінга вимірювані показники якості питної води (x_i) порівнювали із нормативним значенням (x). Стосовно вмісту нітратів, то при нормативі 50,0 мг/дм³, який встановлено ДСанПіН 2.2.4-171-10, відстань збільшується навіть при значеннях значно менших за норматив. Тому для оцінки було використано норматив на рівні 5,0 мг/дм³, який встановлено Директивою Ради 98/83/ЄС про якість води, призначеної для споживання людиною. Отже, значення нормативу для визначення відстані Хеммінга за вмістом нітратів описується рівнянням 4:

$$x = \begin{cases} 50, HD \uparrow \\ 5, HD \downarrow \end{cases}, \quad (4)$$

де x – нормативне значення вмісту нітратів, мг/дм³;

HD = відстань Хеммінга.

Для оцінювання якості питної води за вмістом показника загальної твердості також був використаний норматив, наведений у Директиві ЄС на рівні 7,0 ммоль/дм³. Стосовно вмісту заліза, то його нормативне значення було на рівні 1,0 мг/дм³, що регламентується ДСанПіН 2.2.4-171-10.

У такий спосіб, на основі розрахунків відстані Хеммінгу були розроблені моделі якості питної води (рис. 1).

У результаті моделювання якості питної води за відстанню Хеммінга встановлено, що вода прийнятної якості описується відстанню до рівня 16,8, тоді як перевищення цього рівня вказує на зростання ризиків.

Використання відстані Хеммінга дозволило отримати інтегральну оцінку якості води у відсотках придатних зразків (табл. 2).

Зокрема, у Бердичівському районі лише 36,4 % зразків відповідали вимогам, тоді як 40 % віднесено до категорії критичної якості (рис. 2). У Житомирському (рис. 3) та Коростенському районах (рис. 4) показники кращі: понад 44 % зразків придатні, але 19–22 % класифікуються як критично забруднені. У Новоград-Волинському районі 40 % зразків були придатними, але понад п'ята частина – критичної якості (рис. 5).

Отримані результати досліджень свідчать, що в усіх досліджуваних районах існує значна частка зразків питної води, які не відповідають нормативам. Найгірші показники зафіксовано у Бердичівському районі, де частка критично забруднених джерел досягає 40 %.

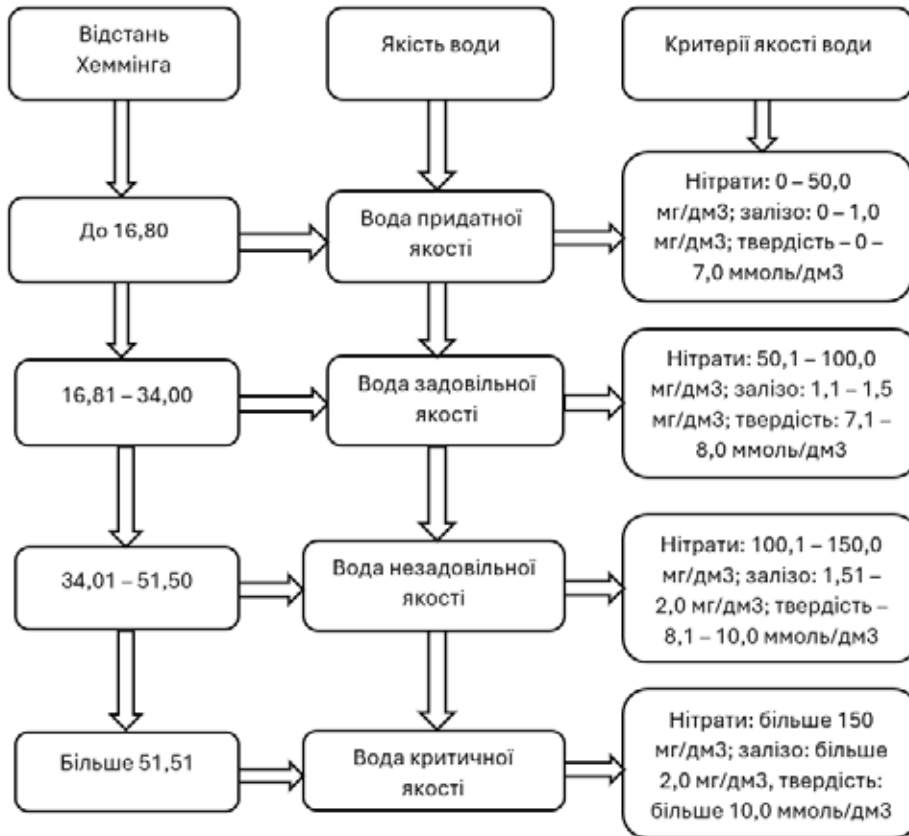


Рис. 1. Критерії оцінки якості питної води за відстанню Хеммінга

Таблиця 2. Інтегральна оцінка якості питної води за відстанню Хеммінга, %

Район	Придатна	Критична	Непридатна
Бердичівський	36,4	40,0	23,6
Житомирський	44,6	21,5	33,9
Коростенський	44,4	19,8	35,8
Новоград-Волинський	40,0	21,4	38,6

Основним фактором відхилень є перевищення вмісту нітратів, що становить ризик для здоров'я, особливо для дітей. Відстань Хеммінга чітко відобразила ці відхилення у вигляді збільшення інтегрального показника.

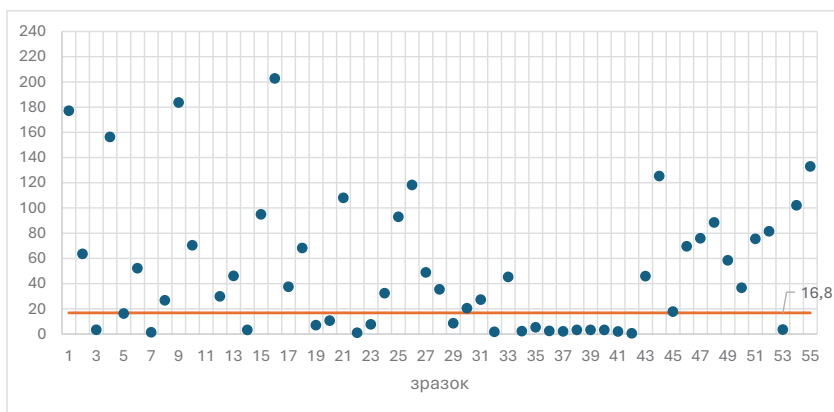


Рис. 2. Розподіл зразків питної води за відстанню Хеммінга у Бердичівському районі

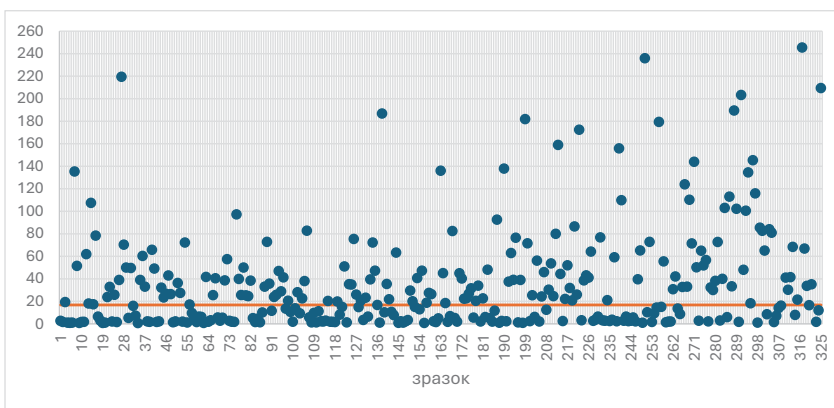


Рис. 3. Розподіл зразків питної води за відстанню Хеммінга у Житомирському районі

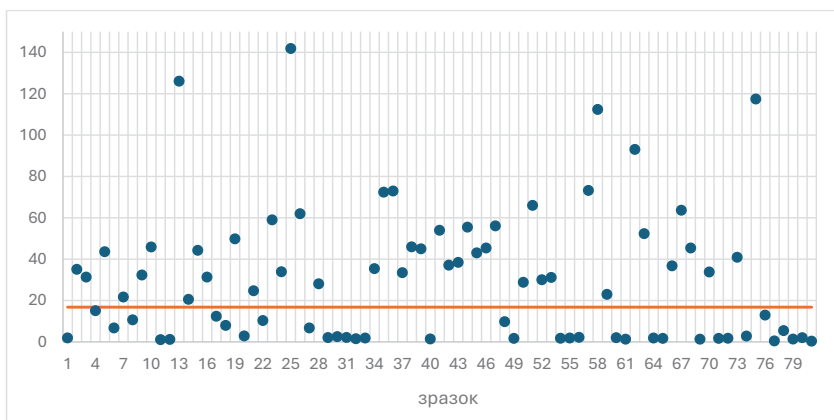


Рис. 4. Розподіл зразків питної води за відстанню Хеммінга у Коростенському районі

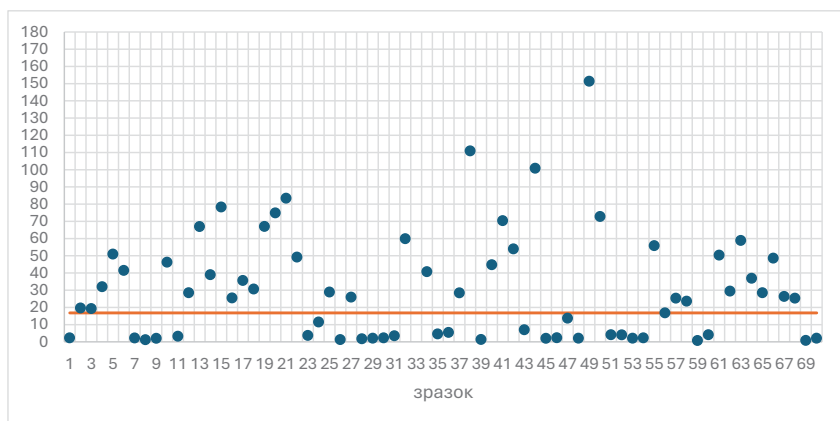


Рис. 5. Розподіл зразків питної води за відстанню Хеммінга у Новоград-Волинському районі

У світовій практиці інтегральні методи оцінки якості води базуються переважно на Water Quality Index (WQI) або нечітких методах багатокритеріального аналізу [31]. Отримані результати підтверджують, що метрика Хеммінга є ефективною альтернативою, оскільки забезпечує швидкість обчислення, можливість автоматизації моніторингу та високу чутливість до навіть незначних відхилень від нормативів.

На відміну від WQI, що вимагає вагових коефіцієнтів, метод відстані Хеммінга простіший у реалізації й менш залежний від експертних припущень. Це підвищує об'єктивність оцінки та знижує ризик суб'єктивних спотворень.

Результати дослідження мають безпосереднє значення для системи екологічної безпеки у громадах, оскільки органи місцевого самоврядування отримують інструмент для оперативного контролю, є можливість здійснювати кластеризацію джерел водопостачання за рівнем ризику, а також створюється основа для розробки інтерактивних картографічних сервісів із позначенням «червоних зон» небезпечних джерел.

Застосування цього підходу також дозволяє формувати рекомендації для населення, наприклад, щодо необхідності встановлення систем доочистки чи використання альтернативних джерел водопостачання.

Висновки. Якість питної води в сільських районах Житомирщини залишається критичною: значна частка зразків не відповідає нормативним вимогам за вмістом нітратів, загального заліза та показником жорсткості. Найбільш проблемним виявився Бердичівський район, де частка критично забруднених зразків досягає 40 %. Метрика Хеммінга підтвердила свою ефективність як простий, об'єктивний та гнучкий метод інтегральної оцінки якості питної води. Вона дозволяє не лише визначати факт пере-

вищення окремих нормативів, а й кількісно оцінювати загальний рівень відхилень, що робить її корисною для системного моніторингу.

Інтегральні результати показали, що в середньому лише 36–45 % зразків у досліджених районах відповідають санітарним вимогам, тоді як 20–40 % перебувають у критичній зоні. Це свідчить про системний ризик для здоров'я населення, особливо дітей, та вимагає впровадження додаткових заходів контролю й очищення води.

Використання відстані Хеммінга дало змогу створити класифікаційні моделі, що можуть бути інтегровані в автоматизовані системи моніторингу, а також застосовані для кластеризації населених пунктів за рівнем водної небезпеки. Це створює основу для формування інтерактивних картографічних сервісів та прийняття управлінських рішень на рівні громад.

Практична значущість дослідження полягає у можливості застосування методу як у наукових дослідженнях, так і в управлінській діяльності органів місцевого самоврядування, що сприятиме посиленню екологічної безпеки водопостачання, реалізації завдань сталого розвитку (ЦСР-6) та підвищенню якості життя сільського населення.

Подяки. Немає

Фінансування. Немає

Конфлікт інтересів. Немає.

MODELING AND INTEGRAL ASSESSMENT OF DRINKING WATER QUALITY BASED ON THE HAMMING METRIC

*Valerko R.A. – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor
orcid.org/0000-0003-4716-0100*

*Herasymchuk L.O. – PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor
orcid.org/0000-0002-3166-5588*

*Patseva I.H. – Doctor of Technical Sciences, Professor
orcid.org/0000-0001-6271-7355*

*Zhytomyr Polytechnic State University
valerko_ruslana@ukr.net*

The article examines the problem of ensuring drinking water quality in rural areas of Zhytomyr Region, where a significant portion of the population relies on non-centralized water supply sources. The relevance of the study is determined by the high levels of water contamination with nitrates, iron, and increased hardness, which pose health risks to the population. The importance of applying integral assessment methods is substantiated, as they allow for a quantitative representation not only of individual parameter exceedances but also of the overall structure of deviations from regulatory values. The use of the Hamming metric is proposed as a tool for the integral

assessment of drinking water quality. This method enables quantitative evaluation of differences between experimental indicators and regulatory limits, ensuring simplicity of calculation, objectivity, and the potential for automated monitoring. The study was conducted in four districts of the region Berdychiv, Zhytomyr, Korosten, and Novohrad-Volynskyi – based on three key parameters: nitrate content, total iron, and total hardness. Statistical error characteristics (MAE, MSE) were calculated, and integral indicators of water quality were determined. It was established that only 36 – 45% of samples meet regulatory standards, while 20 – 40% show critical levels of contamination. The poorest results were recorded in the Berdychiv District, where nitrate concentrations exceed the norm by a factor of 2.6. Modeling based on the Hamming distance demonstrated that water of acceptable quality corresponds to metric values up to 16.8, and exceeding this level indicates increased risks. The method proved effective in classifying water samples according to the degree of contamination and allowed for the formation of an integral assessment of water supply sources. The obtained results confirm the feasibility of using the Hamming distance as a simple and reliable alternative to traditional water quality indices, enabling the creation of automated monitoring systems and cartographic services to support community-level management decisions. The practical significance of the study lies in the potential application of the method to enhance the environmental safety of water supply and to contribute to the achievement of the UN Sustainable Development Goals (SDG 6).

Key words: drinking water, quality, nitrates, iron, hardness, integral assessment, Hamming distance, Zhytomyr Region.

ЛІТЕРАТУРА

1. World Health Organization: Drinking-water. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
2. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. [Чинний від 2010-05-12]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.
3. Директива Ради 98/83/ЄС від 3 листопада 1998 року про якість води, призначеної для споживання людиною. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31998L0083>.
4. Валерко Р. А., Бондарчук В. М., Герасимчук Л. О. Моделювання сумарного показнику якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання у межах громад Житомирського району. *Вісник Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського*. 2024. № 2. С. 36-40. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.2.4>.
5. Eguda F. Y., Amoo A. O., Adamu S. B., Ogwumu O. D., Somma S. A., Babura I. B. A mathematical model for water quality assessment: Evidence-based from selected boreholes in Federal University Dutse, Nigeria. *UMYU Scientifica*. 2023. 2(4). P. 161–168. <https://doi.org/10.56919/usci.2324.020>.
6. Li H., Smith C. D., Wang L., Li Z., Xiong C., Zhang R. Combining Spatial Analysis and a Drinking Water Quality Index to Evaluate Monitoring Data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. 16(3). 357. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030357>.

7. Simeonov V., Stratis J. A., Samara C., Zachariadis G., Voutsas D., Anthemidis A., Sofoniou M., Kouimtzi T. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Research*. 2003. 37(17). P. 4119–4124. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00398-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00398-1).
8. Hamming R. W. Error detecting and error correcting codes. *Bell System Technical Journal*. 1950. 29(2). P. 147–160. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1950.tb00463.x>.
9. Cover T. M., Thomas J. A. *Elements of information theory* 2006. (2nd ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/047174882X>.
10. Savitha Mary A., Sarukasan D., Kayelvizhi C., Jethruth Emelda Mary L., Josephine Daisy F., Pitchaimani K. An application of site selection for solid waste management system using neutrosophic set. *Neutrosophic Sets and Systems*. 2025. 85. P. 748–765. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15335827>.
11. Vijayalakshmi C., Pushpa M. Optimizing non-linear autoregressive networks with Bird Sea Lion algorithms for effective rainfall forecasting. *Earth Science Informatics*. 2025. 18(3), Article 279. <https://doi.org/10.1007/s12145-025-01768-2>.
12. Lu Y., Yuan Y., Yasenjiang J., Sitahong A., Chao Y., Wang Y. An optimized method for solving the green permutation flow shop scheduling problem using a combination of deep reinforcement learning and improved genetic algorithm. *Mathematics*. 2025. 13(4), 545. <https://doi.org/10.3390/math13040545>.
13. Hong S.-p., Kim T., Lee S. A precision pump schedule optimization for the water supply networks with small buffers. *Omega*. 2019. 82. P. 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.12.001>.
14. Sivakumar C., Maragatha Meenakshi P., Iampan A., Rajesh N., Mariyappan S. Logarithmic Pythagorean neutrosophic vague aggregating operators and their real-life applications. *International Journal of Neutrosophic Science*. 2024. 23(3). P. 111–130. <https://doi.org/10.54216/IJNS.230310>.
15. Palanikumar M., Arulmozhi K., Jana C., Pal M. Multiple-attribute decision-making spherical vague normal operators and their applications for the selection of farmers. *Expert Systems*. 2023. 40(3), e13188. <https://doi.org/10.1111/exsy.13188>.
16. Duque Anton S., Schotten H. D. Intrusion detection in binary process data: Introducing the Hamming-distance to Matrix Profiles. *IEEE WoWMoM*. 2020. P. 347–353. <https://doi.org/10.1109/WoWMoM49955.2020.00065>.
17. Sindhu S. S., Nair D. S., Maya V. S., Thanseeha M. T., Vishnu Hari C. Disaster management from social media using machine learning. In *Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Communication and Control (ICACC)*. 2019. P. 246–252. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICACC48162.2019.8986198>.

18. Dinardo S., Fenoglio-Marc L., Buchhaupt C. K., Becker M., Scharroo R., Fernandes M. J., Benveniste J. Coastal SAR and PLRM altimetry in German Bight and West Baltic Sea. *Advances in Space Research*. 2018. 62(6). P. 1371–1404. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2017.12.018>.
19. Bazeia D., Pereira M. B. P. N., Brito A. V., de Oliveira B. F., Ramos J. G. G. S. A novel procedure for the identification of chaos in complex biological systems. *Scientific Reports*. 2017. 7, 44900. <https://doi.org/10.1038/srep44900>.
20. Obidegwu D. C., Chassagne R. L., MacBeth C. D. Seismic assisted history matching using binary image matching. In *Proceedings of the SPE Reservoir Simulation Symposium*. 2015. P. 1119–1140. Society of Petroleum Engineers. <https://doi.org/10.2118/174310-MS>.
21. Qian X., Liu M., Liu Z. Emergency resource demand forecast model for oil and gas long-distance pipeline accidents based on CBR. *Dongbei Daxue Xuebao/Journal of Northeastern University*. 2011. 32 (Suppl. 2), 350–354.
22. Валерко Р. А., Герасимчук Л. О., Романчук Л. Д. Моделювання якості питної води методом «Відстань Хеммінга». *Екологічний стан навколишнього середовища та раціональне природокористування в контексті сталого розвитку* : матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції (24–25 жовтня 2024 року, м. Херсон) / ХДАЕУ. – Одеса : Олді+, 2024. С. 74-77.
23. AN D., Zhang X., Liu W., Zhang L. Application of Hamming distance method in fuzzy comprehensive evaluation of groundwater quality near landfill. *Environmental Engineering*. 2013. 31(2). P. 123-127. <https://www.hjgcjxb.org.cn/en/article/doi/10.3969/j.issn.1674-991X.2013.02.020>.
24. Xu S., Wang T., Hu S. Dynamic Assessment of Water Quality Based on a Variable Fuzzy Pattern Recognition Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2015. 12(2). P. 2230-2248. <https://doi.org/10.3390/ijerph120202230>.
25. Zamri N., Ali A., Omar A. River quality classification using different distances in k-nearest neighbors algorithm. *Procedia Computer Science*, 2022. 203. P. 575-582. <https://strathprints.strath.ac.uk/82430/>.
26. Yan Y. *Anomaly detection in water data using k-nearest neighbors algorithm* (Master's thesis, McMaster University). URL: https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/25041/2/YAN_YAN_201906_M.Sc.pdf.
27. Si X., Zhang Y. Quality assessment of surface water environment based on improved grey correlation method. *Proceedings (conference)*. 2016. P. 175–180.
28. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2023 році / Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. URL: <https://mtu>.

- gov.ua/content/nacionalna-dopovid-pro-yakist-pitnoi-vodi-ta-stan-pitnogo-vodopostachannya-v-ukraini.html.
29. Valerko R., Herasymchuk L., Pitsil A., Palkevich J. GIS-based assessment of risk for drinking water contamination to children's health in rural settlements. *Ekológia (Bratislava)*, 2022. 41(4). P. 312–321. <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0032>.
30. UN World Water Development Report 2019. URL: <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019>.
31. Herasymchuk L., Romanchuk L., Valerko R. Water quality from the sources of non-centralized water supply within the rural settlements of Zhytomyr region. *Ekológia (Bratislava)*. 2022. 41(2). P. 126–134. <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0013>.

REFERENCES

1. World Health Organization. (2022). *Drinking-water*. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.
2. DSanPiN 2.2.4-171-10. (2010). *Hihiiienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoj dlia spozhyvannia liudynoiu* [Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption]. Effective from May 12, 2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>. [in Ukrainian].
3. Council of the European Union. (1998). *Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption*. Official Journal of the European Communities. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31998L0083>.
4. Valerko, R. A., Bondarchuk, V. M., Herasymchuk, L. O. (2024). Modeliuvannia sumarnoho pokaznyku yakosti pytnoi vody dzherel netsentralizovanoho vodopostachannia u mezhakh hromad Zhytomyrskoho raionu [Modeling of the integral indicator of drinking water quality from non-centralized water supply sources within the communities of Zhytomyr district]. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho*, No. 2, pp. 36–40. <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.2.4>. [in Ukrainian].
5. Eguda, F. Y., Amoo, A. O., Adamu, S. B., Ogwumu, O. D., Somma, S. A., Babura, I. B. (2023). A mathematical model for water quality assessment: Evidence-based from selected boreholes in Federal University Dutse, Nigeria. *UMYU Scientifica*, 2(4), 161–168. <https://doi.org/10.56919/usc.2324.020>.
6. Li, H., Smith, C. D., Wang, L., Li, Z., Xiong, C., Zhang, R. (2019). Combining Spatial Analysis and a Drinking Water Quality Index to Evaluate Monitoring Data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(3), 357. <https://doi.org/10.3390/ijerph16030357>.

7. Simeonov, V., Stratis, J. A., Samara, C., Zachariadis, G., Voutsas, D., Anthemidis, A., Sofoniou, M., Kouimtzi, T. (2003). Assessment of the surface water quality in Northern Greece. *Water Research*, 37(17), 4119–4124. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00398-1](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00398-1).
8. Hamming, R. W. (1950). Error detecting and error correcting codes. *Bell System Technical Journal*, 29(2), 147–160. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1950.tb00463.x>.
9. Cover, T. M., Thomas, J. A. (2006). *Elements of information theory* (2nd ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/047174882X>.
10. Savitha Mary, A., Sarukasan, D., Kayelvizhi, C., Jethruth Emelda Mary, L., Josephine Daisy, F., Pitchaimani, K. (2025). An application of site selection for solid waste management system using neutrosophic set. *Neutrosophic Sets and Systems*, 85, 748–765. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15335827>.
11. Vijayalakshmi, C., Pushpa, M. (2025). Optimizing non-linear autoregressive networks with Bird Sea Lion algorithms for effective rainfall forecasting. *Earth Science Informatics*, 18(3), Article 279. <https://doi.org/10.1007/s12145-025-01768-2>.
12. Lu, Y., Yuan, Y., Yansenjiang, J., Sitahong, A., Chao, Y., Wang, Y. (2025). An optimized method for solving the green permutation flow shop scheduling problem using a combination of deep reinforcement learning and improved genetic algorithm. *Mathematics*, 13(4), 545. <https://doi.org/10.3390/math13040545>.
13. Hong, S.-p., Kim, T., Lee, S. (2019). A precision pump schedule optimization for the water supply networks with small buffers. *Omega*, 82, 24–37. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.12.001>.
14. Sivakumar, C., Maragatha Meenakshi, P., Iampan, A., Rajesh, N., Mariyappan, S. (2024). Logarithmic Pythagorean neutrosophic vague aggregating operators and their real-life applications. *International Journal of Neutrosophic Science*, 23(3), 111–130. <https://doi.org/10.54216/IJNS.230310>.
15. Palanikumar, M., Arulmozhi, K., Jana, C., Pal, M. (2023). Multiple-attribute decision-making spherical vague normal operators and their applications for the selection of farmers. *Expert Systems*, 40(3), e13188. <https://doi.org/10.1111/exsy.13188>.
16. Duque Anton, S., Schotten, H. D. (2020). Intrusion detection in binary process data: Introducing the Hamming-distance to Matrix Profiles. *IEEE WoWMoM 2020* (pp. 347–353). <https://doi.org/10.1109/WoWMoM49955.2020.00065>.
17. Sindhu, S. S., Nair, D. S., Maya, V. S., Thanseeha, M. T., Vishnu Hari, C. (2019). Disaster management from social media using machine learning. In *Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Communication and Control (ICACC)* (pp. 246–252). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICACC48162.2019.8986198>.

18. Dinardo, S., Fenoglio-Marc, L., Buchhaupt, C. K., Becker, M., Scharroo, R., Fernandes, M. J., Benveniste, J. (2018). Coastal SAR and PLRM altimetry in German Bight and West Baltic Sea. *Advances in Space Research*, 62(6), 1371–1404. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2017.12.018>.
19. Bazeia, D., Pereira, M. B. P. N., Brito, A. V., de Oliveira, B. F., Ramos, J. G. G. S. (2017). A novel procedure for the identification of chaos in complex biological systems. *Scientific Reports*, 7, 44900. <https://doi.org/10.1038/srep44900>.
20. Obidegwu, D. C., Chassagne, R. L., MacBeth, C. D. (2015). Seismic assisted history matching using binary image matching. In *Proceedings of the SPE Reservoir Simulation Symposium* (pp. 1119–1140). Society of Petroleum Engineers. <https://doi.org/10.2118/174310-MS>.
21. Qian, X., Liu, M., Liu, Z. (2011). Emergency resource demand forecast model for oil and gas long-distance pipeline accidents based on CBR. *Dongbei Daxue Xuebao/Journal of Northeastern University*, 32(Suppl. 2), 350–354.
22. Valerko, R. A., Herasymchuk, L. O., Romanchuk, L. D. (2024). Modeliuvannia yakosti pytnoi vody metodom “Vidstan Khemminga” [Modeling of drinking water quality using the “Hamming distance” method]. *Ekolohichniy stan navkolyshnoho seredovyshcha ta ratsionalne pryrodokorystuvannia v konteksti staloho rozvytku: Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference* (October 24–25, 2024, Kherson). KhDAEU. Odesa: Oldi+, pp. 74–77. [in Ukrainian].
23. AN, D., Zhang, X., Liu, W., Zhang, L. (2013). Application of Hamming distance method in fuzzy comprehensive evaluation of groundwater quality near landfill. *Environmental Engineering*, 31(2), 123-127. <https://www.hjgcjxb.org.cn/en/article/doi/10.3969/j.issn.1674-991X.2013.02.020>.
24. Xu, S., Wang, T., Hu, S. (2015). Dynamic Assessment of Water Quality Based on a Variable Fuzzy Pattern Recognition Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(2), 2230-2248. <https://doi.org/10.3390/ijerph120202230>.
25. Zamri, N., Ali, A., Omar, A. (2022). River quality classification using different distances in k-nearest neighbors algorithm. *Procedia Computer Science*, 203, 575-582. <https://strathprints.strath.ac.uk/82430/>.
26. Yan, Y. (2019). *Anomaly detection in water data using k-nearest neighbors algorithm* (Master’s thesis, McMaster University). URL: https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/25041/2/YAN_YAN_201906_M.Sc.pdf.
27. Si, X., Zhang, Y. (2016). Quality assessment of surface water environment based on improved grey correlation method. *Proceedings (conference)*, 175–180.

28. Ministerstvo rozvytku hromad, terytorii ta infrastruktury Ukrainy. (2023). *Natsionalna dopovid pro yakist pytnoi vody ta stan pytnoho vodopostachannia ta vodovidvedennia v Ukraini u 2023 rotsi* [National report on the quality of drinking water and the state of drinking water supply and sewerage in Ukraine in 2023]. <https://mtu.gov.ua/content/nacionalna-dopovid-pro-yakist-pitnoi-vodi-ta-stan-pitnogo-vodopostachannya-v-ukraini.html>. [in Ukrainian].
29. Valerko, R., Herasymchuk, L., Pitsil, A., Palkevich, J. (2022). GIS-based assessment of risk for drinking water contamination to children's health in rural settlements. *Ekológia (Bratislava)*, 41(4), 312–321. <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0032>.
30. UNESCO. (2019). *The United Nations world water development report 2019: Leaving no one behind*. United Nations World Water Assessment Programme. URL: <https://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019>.
31. Herasymchuk, L., Romanchuk, L., Valerko, R. (2022). Water quality from the sources of non-centralized water supply within the rural settlements of Zhytomyr region. *Ekológia (Bratislava)*, 41(2), 126–134. <https://doi.org/10.2478/eko-2022-0013>.

Дата першого надходження рукопису до видання: 21.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

УДК 639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.2>

ВЕКТОРИ ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА З ІНТЕГРАЦІЄЮ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ БІЛКА В АКВАКУЛЬТУРІ

¹Гончарова О.В. – к. с.-г.н.

orcid.org/0000-0002-9702-7458

²Новохатко О.В. – представник стейкхолдерів української аквакультури,
співзасновник, директор підприємства

orcid.org/0009-0001-3980-1441

¹Херсонський державний аграрно-економічний університет

²«Catfish from Pavlysh»

anelsatori@gmail.com, catfish.pavlysh@gmail.com

Презентовано матеріал, який висвітлює алгоритм комплексних біолого-технологічних аспектів в аквакультурі з метою отримання максимально наближеної до екологічно-безпечної продукції з курсом євроінтеграції української аквакультури. Основна частина досліджень базується на огляді літератури та аналізі практичного досвіду українського підприємства «Catfish from Pavlysh» в поєднанні з європейськими практиками авторів статті (Франція 2023-2024 pp.)

Встановлено, що сучасні трансформаційні процеси абіотичних та біотичних чинників в аквакультурі сприяють розвитку та оптимізації вже існуючих або розробці нових технологічних аспектів з акцентом на інноваційні рішення та отримання екологічно-безпечної продукції. Обґрунтовано, що споживач стає більш обізнаним, звертаючи увагу не лише на загальні характеристики продукції аквакультури, яку він обирає, а й на комплекс інформаційної панелі щодо «історії всього шляху» отримання та надходження вже готового продукту. Висвітлено провідні питання, вирішення яких сприятиме посиленню конкурентної спроможності української аквакультури. Результати проведених досліджень за тематикою роботи підтверджують високий потенціал моделі мультитрофічної аквакультури та позитивні результати від консолідації європейських інтегративних рішень та українського досвіду.

Базуючись на отриманих результатах, презентований авторами матеріал має акцент науково-практичного обґрунтування, що значно доповнює та надає можливість проаналізувати ефективність та перспективи використання природних компонентів в якості адаптогенів, стимуляторів росту риб. Науково-практичним шляхом обґрунтовано, що консолідація декількох технологічних рішень в єдиній технологічній схемі отримання продукції аквакультури дозволяє більш раціонально використовувати доступні ресурси для української аквакультури в тому числі в період післявоєнного відновлення галузі.

Ключові слова: рециркуляційна аквакультуральна система, технологічні чинники, гідробіонти, оптимізація.

Постановка проблеми. Адаптація та гармонізація технологічних елементів в загальній схемі виробництва продукції аквакультури, в тому числі, процесів вирощування, розведення з функціональним загальним станом організму гідробіонтів є передумовами якісного ведення галузі. Кожний з елементів технологічної карти в аквакультурі корелює з біологічно-господарськими якісними та кількісними характеристиками. При цьому, варто відмітити, що як будь-яка галузь, яка розвивається, аквакультура також трансформується, отримуючи нові технологічні рішення інноваційного спрямування або роблячи акцент на класичних формах ведення [1,5,8].

Сучасний огляд актуальних тематик підкреслює, що одним із векторів української аквакультури потенційні стейкхолдери ідентифікують як перспективний – отримання альтернативних джерел білку для гідробіонтів або для інших об'єктів (відповідно їхнім біологічно-господарським можливостям). Доцільним акцентувати увагу, що в аграрному секторі такі розробки, напрацювання набувають практичної цінності та раціональності їх впровадження (FAO, 2024, 2025) [4,5]. Відповідність технічним умовам та соціальним потребам для кожної країни, в яких функціонує галузь визначається індивідуально. Наприклад, такі можливості щодо виходу на новий рівень конкурентоспроможності та презентації української аквакультури на європейському просторі ще потребує удосконалення та певного підсилення окремих секторів. Тому актуальним та відкритим питанням є державна підтримка галузі, систематизація поточного інформаційного простору та практичного досвіду. Домінуючим завданням є ефективні рішення оптимізації технологічної карти культивування гідробіонтів з акцентом на екологічну безпечність та рентабельність для виробничого сектору з відповідним «пакетом підтримки» на регіональних рівнях. Практичним та науковим інтересом є визначення та раціональне використання можливостей розвивати пілотні проєкти, модульні системи, оптимізувати певні технологічні елементи, впроваджувати інноваційні рішення в галузі аквакультури.

На сьогодні існує чимало невирішених та відкритих питань: в нашій країні є ресурсний потенціал, необхідний для реалізації різноцільових програм з вектором на забезпечення продовольчої безпеки, отримання якісної продукції аквакультури та задоволення потреб фізіологічної норми білку для пересічного споживача. Втім, важливим та одним із визначальних важелів є можливість синергії практичного, наукового та державного секторів. Враховуючи окреслені вектори досліджень та стану вивчення питання, мета даної наукової роботи презентована в такій редакції: комплексний аналіз трендових напрямів в аквакультурі екологічно-безпечного спрямування з інтеграцією європейського досвіду в українську аквакультуру.

Аналіз останніх досліджень та обговорення. В глобальному контексті сучасні умови трансформацій екосистеми впливають на всі напрями

рибогосподарської діяльності з векторами екологічної безпечності, сталого розвитку аквакультури, захисту навколишнього середовища та зменшенням на нього тиску різної природи. Втім, адаптація та динамічність абіотичних та біотичних чинників є неминучим процесом з відповідною адаптацією до реалій сучасності. Наукові представники та практичний сектор галузі націлюють тематики розробок та досліджень саме на пошук, удосконалення та адаптацію заходів щодо покращення якісних та кількісних параметрів ведення галузі. Зокрема, використання раціонального підходу, оптимізація водних ресурсів та технологічних можливостей виробництва. Перспективним вектором постає РАС (рециркуляційні системи в аквакультурі), їх синергія з іншими технологічними рішеннями, зосередженими на рециркуляції води, гідро- та аквапонічних установок, культивування альтернативних об'єктів протеїну, поживних речовин та енергії тощо [11,17,19]. Сучасні розробки, модельні рішення надають ефективну практичну платформу для підвищення раціональності використання доступних ресурсів в галузі аквакультури. За умов поєднання інноваційних технологічних рішень з вектором екологічно-безпечного виробництва продукції така модель ведення галузі набуває актуальності та практичної цінності.

Загальновідомо, що якісні кормові ресурси корелюють з якісними та кількісними параметрами продукції аквакультури [18,20]. Хімічні та поживні показники раціону для кожного виду гідробіонтів, яких вирощують та розводять шляхом багатокомпонентних процесів синтезуються та трансформуються у параметри біохімічного складу м'язової частини гідробіонтів тим самим підвищуючи або знижуючи її поживні властивості та відповідно цінову політику такої продукції [3,5].

В аквакультурі не можливо не враховувати кореляційний зв'язок з технологічними параметрами між собою та з біологічно-господарськими показниками об'єктів культивування. Враховуючи всі аспекти, питання годівлі гідробіонтів, має однакову позицію в контексті важливих чинників як і гідрохімічні параметри водного середовища. Багаточисельні науково-дослідних розробок, практичних рекомендацій підтверджують, що актуальним в галузі аквакультура є функціонування моделей симбіотичного характеру [5,17].

Матеріали та методи дослідження. У відповідності до заявленої мети роботи було використано загальнонаукові методи дослідження: аналізу та синтезу для огляду існуючих наукових напрацювань та досвіду з тематики дослідження; експериментальних досліджень в рибистві, фрагменти результатів представлені в даній науковій роботі авторами; індукції та дедукції для формулювання висновків; емпіричних методів (спостереження, вимірювання, обліку) для отримання фактичних даних у процесі експериментальних досліджень, фрагменти яких презентовані в даній статті та згадуються авторами.

Результати досліджень та їх обговорення. Нами було сформовано та узагальнено візуалізовану схему базового бачення моделі синергічного зв'язку технологічних та біологічних аспектів. За таких умов один компонент має значно підсилювати інший, при цьому попередні та наступні формують певну сталу систему з особливостями, які залежать від технологічної карти та фізіолого-біохімічних характеристик гідробіонтів [6,7] (Рис. 1). На нашу думку, такий симбіотичний процес може бути платформою для успішного ведення галузі аквакультури органічного (екологічно-безпечного) спрямування.



Рис. 1. Базова модель зв'язку технологічних та біологічних аспектів успішного ведення галузі аквакультури екологічно-безпечного спрямування©

Модельне спрямування органічної аквакультури на прикладі та досвіді країн ЄС, зокрема, Франції регулюється суворими правилами, спрямованими на забезпечення сталого розвитку та «етичного» виробництва [15,17]. Відповідно особистого досвіду авторів, стає можливим відмітити, що власне процес такої моделі починається з відбору таких видів, організм яких адаптований до місцевого середовища, зменшуючи потребу у зовнішніх ресурсах, таких як корми та антибіотики тощо. Найчастіше практикується регіональні запиту та локальні особливості виробництва такої продукції аквакультури. Органічна сертифікація в аквакультурі передбачає використання натуральних кормів, як правило, отриманих із сталого рибальства, а також заборони синтетичних хімікатів та ГМО як у кормах, так і в обробці води [21]. Умови вирощування розроблені таким чином, щоб якомога точніше імітувати та максимально наближувати природні середовища існування з акцентом на підтримку низької щільності посадки для зменшення стресу та ризику виникнення хвороб. Управління якістю води має вирішальне значення, включаючи регулярний моніторинг та використання природних систем фільтрації для підтримки екологічного балансу.

Протягом усього виробничого циклу увага приділяється добробуту (*welfare*) або добро-доглянутих гідробіонтів із застосуванням практик, які забезпечують гуманне поводження під час технологічних процесів. Весь процес регулярно перевіряється сертифікованими органами для забезпечення відповідності органічним стандартам, які відповідають нормам ЄС. Органічний сектор аквакультури має тенденції розвитку, передбачає становлення розвитку та реалізацію таких впроваджень. Автори відмічають ряд переваг, серед яких є елементи гідропоніки, аквапоніка з акцентом на врахування економічної раціональності [16]. При цьому значно впливає регіональний контекст, витрати на енергоносії (ціни на електроенергію, опалення, підігрів води тощо), у сукупності всі чинники, які забезпечують технологічні процеси. Наприклад, технологічні аспекти при плануванні однієї з таких моделей для української аквакультури мають передбачати клімато-географічні параметри сезонності. Взимку в Україні реалізаційна ціна на такі агрокультури, як листя салату, петрушка, кріп запашний та інша «салатна» зелень має вищі значення в порівнянні з сезонністю (влітку, навесні). Тому влітку така модель (форма) аквакультури не окупатиметься для українського виробника. Напроти, взимку до трьох місяців отримання таким способом агрокультури стає економічно привабливим для виробника. Тому науково-дослідні, практичні роботи за даною тематикою містять дискусійні питання та є суб'єктивними в кожному випадку ведення такої форми аквакультури (з врахуванням виду гідробіонтів, яких планують вирощувати, їх біологічних характеристик, потужності виробництва, регіонального контексту, кліматичних параметрів, запиту споживачів на

певну продукцію та ін.). Модельні технологічні рішення у відповідності до стандартів екологічно-безпечного виробництва презентовані на наступному Рис. 2.



Рис. 2. Технологічні фрагменти прикладу модельного рішення реалізації синергізму енергетичних ресурсів гідробіонтів та рослин (фото зроблено авторами роботи) ©

Використання альтернативних джерел білку в аквакультурі (автономного культивування або з інтеграцією у загальну схему) лишається актуальною та відкритою темою до дискусій як серед науковців, так і серед практиків. Об'єкти альтернативного джерела для забезпечення організму, в першу чергу, протеїном, виконують роль компонентів на національному рівні глобальної продовольчої системи. Для галузі аквакультури має значення не лише рентабельність такого впровадження, а й біологічні параметри компонентів, їх біохімічний склад, параметри, за якими можна оцінити на скільки ефективно вводити їх до технологічної схеми.

Багаточисельні дослідження підтверджують перспективи ентомології та її об'єктів з використанням комах і в галузі аквакультури [2, 8,9]. Загалом, у деяких країн їх споживають як одне із джерел альтернативного використання забезпечення протеїном організм. Як відомо, вони мають достатньо ефективний в контексті рентабельного виробництва FCR (коефіцієнти конверсії корму). В нашій країні окреслені питання є відкритими, відбувається гармонізація технологічних, юридичних, а також нормативно-правових аспектів до загальних стандартів європейського контексту.

Зокрема, на офіційній сторінці Держпродспоживслужби представлені дозволені види джерел переробленого білку з можливістю експорту (муха кімнатна *Musca domestica*; львинка чорна *Hermetia illucens*; хрущак борошняний *Tenebrio molitor*; цвіркуни; жук-чорнотілка *Alphitobius diaperinus* тощо. Для української аквакультури питання культивування та підгодівлі гідробіонтів такими альтернативними джерелами протеїну лишається відкритим. Натомість, українські виробники продовжують тримати акцент на якісних та кількісних параметрах, екологічно-безпечної продукції аквакультури [12]. Наприклад, при використанні РАС для вирощування та розведення кларієвого сому *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), теляції, з метою оптимізації виробничих процесів, якісних параметрів продукції аквакультури та популяризацією власної рибної продукції на європейські ринки, рибна ферма «Catfish from Pavlysh» («Сом з Павлиша», Кіровоградщина) запустила сектор культивування чорної львинки (Рис. 3).

Використання *Hermetia illucens* надає можливість частково або повністю замінити рибне борошно для ЗГР кормів гідробіонтів. Личинки можуть згодовуватися як у свіжому, так і в замороженому вигляді, в планах підприємства є запуск виробництва борошна з них. Крім того таке виробництво стає цікавим для інших секторів тваринництва та можливістю експортування такого кормового компоненту.

Загалом, при культивуванні *Hermetia illucens*, важливим є такий технологічний чинник як субстрат, на якому її розводять, він корелює з якісними показниками власне самої продукції, її біохімічним складом, органолептичними якостями [12,17]. Практикується три основних субстрати, які може обирати виробник, виходячи із власних технологічних можливостей та поставленої мети: висівки зернових культур, залишки фруктових-овочевих культур та послід с.-г. тварин.

Наступним технологічним рішенням в аквакультурі можна відмітити культивування спіруліни (Рис. 4). Актуальність відмічається в аквакультурі при вирощуванні, підгодівлі гідробіонтів [9, 10].

Європейські технологічні нормативи передбачають гармонізацію стандартам кожної ланки процесу. Особистий досвід авторів дослідження демонструє актуальність наряду серед французьких виробників. В якості прикладу можна навести одне із провідних виробників спіруліни з 2013 року, засновник якого є членом Федерації виробників спіруліни Франції [14]. Управління такого технологічного циклу реалізується відповідно до науково-практичних праць Жана Поля Журдана, Ріплі Фокса та дисертації Клода Зарука. Усі матеріали, що використовуються та контактують зі спіруліною, безпечні для харчових продуктів, що в контексті європейського стандарту якості інгредієнтів є визначальним та важливим (Рис. 5). В технологічному контексті робиться акцент на параметрах, зокрема, коли темпера-

тура води дозволяє, фільтрація та відбір відбувається в умовах лабораторії. Для цього вода спочатку попередньо фільтрується через (100 мікрометрів), щоб видалити великі домішки, присутні у воді. Після чого вода піддається фільтрації через сітку (30 мікрометрів). Таким чином, виходить паста, яка залишається дуже рідкою, потім її піддають вакуумній обробці, щоб видалити воду, зберігаючи при цьому клітинну якість спіруліни. Консистенція твердої пасти, з якої потім формують «спагеті» та піддають температурній обробці впродовж 5-6 годин при температурі 42°C [14].



Рис. 3. Фрагмент технологічного процесу культивування чорної львинки, фото зроблено співавтором роботи, Catfish from Pavlysh ©



Рис. 4. Фрагмент процесу культивування природних, фото зроблені співавтором роботи (науково-дослідна лабораторія, Україна) ©



Рис. 5. Фрагмент культивування спіруліни «La Spiruline des Landes», (Франція), фото зроблено співавтором роботи©

Європейські тенденції у вирощуванні об'єктів аквакультури дозволяють підбирати технології та адаптувати їх до конкретних умов. Такі технології дозволяють різні масштаби такого бізнесу, виробничий цикл та реалізацію готової продукції. Слід зазначити, що ця культура спіруліни реалізується для широкого кола споживачів, для тих, хто має на меті поповнити свій раціон білками та поживними речовинами [13]. Таким чином, напрям культивування, переробки та використання різно-цільового вектору спіруліни є актуальним. На прикладі підприємства «La Spirulina des Landes» площею 600 м² стає можливим доповнити існуючі уявлення про тенденції розвитку сек-

тору екологічно-чистої, мультитрофічної аквакультури. Європейські моделі мають відмінності щодо відносної компактності виробництва. Наприклад, окреслене підприємство має ділянку (сектори) які складаються з трьох виробничих теплиць, лабораторії збору та пакування. Використовуваний штаб є сумішшю двох штабів: Lonar та Paracas. Виробництво працює за 100 % рециркуляційною системою аквакультури (РАС).

Висновки. Підсумовуючи, можна зробити висновки та окреслити тенденції, вектори розвитку технологічних оптимізаційних технологій в аквакультурі. За умов оптимізації технологічних рішень в аквакультурі модельна система аквакультури за принципом мультитрофічної надає всі можливості реалізувати синергійний ефект якісних та кількісних параметрів в одному контексті. Сучасні вимоги передбачають, перш-за все, «екологічність» виробництва. Поточні реалії сприяють такому вектору розвитку екологічно-безпечного спрямування в аквакультурі. Синергічність процесів передбачає консолідацію цілого комплексу чинників, складових в галузі як на рівні регіонального представництва, так і національному.

VECTORS OF ECOLOGICALLY FRIENDLY PRODUCTION WITH THE INTEGRATION OF ALTERNATIVE PROTEIN SOURCES IN AQUACULTURE

¹*Honcharova O.V. – Candidate of Agricultural Sciences
orcid.org/0000-0002-9702-7458*

²*Novokhatko O.V. – Representative of Ukrainian Aquaculture Stakeholders,
Co-Founder, Director
orcid.org/0009-0001-3980-1441*

¹*Kherson State Agrarian and Economic University*

²*Enterprise “Catfish from Pavlysh”
anelsatori@gmail.com, catfish.pavlysh@gmail.com*

The material is presented, which highlights the algorithm of complex biological and technological aspects in aquaculture in order to obtain the most environmentally friendly products with the course of European integration of Ukrainian aquaculture. The main part of the research is based on a literature review and analysis of the practical experience of the Ukrainian enterprise “Catfish from Pavlysh”, combined with the European practices of the article’s authors (France, 2023–2024).

It has been established that the current transformational processes of abiotic and biotic factors in aquaculture contribute to the development and optimization of existing technological aspects, as well as the design of new ones, with an emphasis on innovative solutions and the production of environmentally safe products. It is substantiated that consumers are becoming increasingly informed, paying attention not only to the general characteristics of the aquaculture products they choose, but also to a comprehensive “information panel” that reflects the “entire production pathway” from origin to final product delivery. Key issues have been identified, the resolution of which will enhance

the competitiveness of Ukrainian aquaculture. The results of the conducted studies confirm the high potential of the multitrophic aquaculture model and demonstrate the positive outcomes of integrating European solutions with Ukrainian practical experience.

Based on the obtained results, the material presented by the authors focuses on scientific and practical justification, which substantially complements and enables an assessment of the effectiveness and prospects of using natural components as adaptogens and fish growth stimulants. Scientific and practical analysis substantiates that the integration of multiple technological solutions within a unified technological framework for aquaculture production enables a more rational use of available resources for Ukrainian aquaculture, including during the post-war recovery period of the sector.

Key words: recirculating aquaculture system, technological factors, aquatic organisms, optimization.

ЛІТЕРАТУРА

1. Aquaculture biologique: веб-сайт. URL: https://fr.wikipedia.org/wiki/Aquaculture_biologique (дата звернення 01.09.2025).
2. Aquaponie France: веб-сайт. URL: <https://www.aquaponie.fr/> (дата звернення 01.09.2025).
3. Avnimelech Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*. 2007. Vol. 264, № 1 (4). P. 140–147 doi:10.1016/j.aquaculture.2006.11.025
4. Belghit I., Liland N. S., Gjesdal P., Biancarosa I., Menchetti E., Li Y., Waagbø R., Krogdahl Å., Lock E.-J. Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 2019. Vol. 503, 2019. P. 609–619. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.032>
5. Boucetta S., Honcharova O., Kharfouchi S., Chala A., Aouati K., Can E. Assessment of food quality and antibiotic residue toxicity in Florida red tilapia *Oreochromis* sp. exposed to erythromycin. *Global NEST Journal*. 2025. Issue 3. <https://doi.org/10.30955/gnj.07073>
6. FAO. In Fishery and Aquaculture Country Profiles. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). 2025. URL: <https://www.fao.org/fishery/en/culture/silver-carp> (дата звернення 01.09.2025).
7. FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2024 blue transformation in action, UN: The United Nations. United States of America. (n.d.). 2024. Retrieved from URL: <https://coilink.org/20.500.12592/2rbp5z6> (дата звернення 01.09.2025).
8. Guerriero G., Garcia G. Stress biomarkers and reproduction in fish. *Fish environ*. 2018. Vol. 2. 2018. P. 665–692
9. Honcharova O. V., Paraniak R. P., Hutyi B. V. Functional state of the body of freshwater fish under the influence of abiotic factors. Scientific Bulletin of S. Z. Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology: Series: *Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 21, № 90. P. 82–89 <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9014>

10. Honcharova O., Bekh V. Increase of resistance and improvement of adaptation and compensatory mechanisms of the body of juvenile fish under conditions of multitrophic aquaculture. *Animal Science and Food Technology*. 2024. Vol. 15, № 3. P.9-29 <https://doi.org/10.31548/animal.3.2024.09>
11. Honcharova O., Bekh V., Glamuzina B. Physiological and biochemical aspects of the carp organism in conditions of increasing their viability when stocking water bodies. *Animal Science and Food Technology*. 2023. Vol. 14, № 2. P. 28–43. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2023.28>
12. Mahmoud A., Ayman E.T., Ahmed N., El-Tarabily K., Mohamed E.A. El-H. Nutritional applications of species of Spirulina and Chlorella in farmed fish: A review. *Aquaculture*, 2021. Vol. 542. P. 736841 <https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2024.146>
13. Maiolo S., Parisi G., Biondi N., Lunelli F., Tibaldi E., Pastres R. Fishmeal partial substitution within aquafeed formulations: Life cycle assessment of four alternative protein sources. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 2020. 1455–1471 <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01759-z>
14. Spirulina Live. URL: <https://www.spirulina-live.com.ua/> (дата звернення 01.09.2025).
15. Spiruline des Landes. URL: <https://www.spirulinedeslandes.com/> (дата звернення 01.09.2025).
16. Гончарова О.В. Аспекти нейрогуморальної регуляції функціональної активності організму риб за умов впливу абіотичних та біотичних чинників (огляд). *Рибогосподарська наука України*. 2023. Вип. 2. № 64. С. 83-108. <https://doi.org/10.15407/fsu2023.02.083>
17. Гончарова О.В. Синергійний ефект мультитрофності моделі аквакультури екологічно-безпечного спрямування. *Таврійський вісник*. 2024. № 140. С. 541-549 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.67>
18. Гриневич Н.Є. Вміст нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра установки замкнутого водопостачання за використання різних типів наповнювача. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. 3. Гжицького*. 2017. № 82, т. 19. С. 184–187
19. Дехтярьов П. А., Євтушенко М. Ю., Шерман І. М. Фізіологія риб: підручник. Київ: Аграрна освіта. 2014. 315 с.
20. Дюдяєва О.А., Бех В.В. Харчова безпека вітчизняної продукції аквакультури як гарантована передумова виходу на зовнішні ринки. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. Вип.1. С. 44–60. doi: <https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.5>
21. Сом з Павлиша”. Catfish from Pavlysh: URL: <https://landlord.ua/news/rybna-ferma-pochala-vyrobliaty-dlia-kormiv-bilkovyi-kontsentrat-z-koмах/> (дата звернення 01.09.2025).

REFERENCES

1. Aquaculture biologique: URL: https://fr.wikipedia.org/wiki/Aquaculture_biologique (01.09.2025)
2. Aquaponie France: URL: <https://www.aquaponie.fr/> (01.09.2025)
3. Avnimelech, Y. (2007). Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*. Vol. 264, Issues 1 (4). P. 140–147 doi:10.1016/j.aquaculture.2006.11.025
4. Belghit, I., Liland, N. S., Gjesdal, P., Biancarosa, I., Menchetti, E., Li Y., Waagbø, R., Krogdahl, Å., & Lock, E.-J. (2019). Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, Vol. 503, P. 609–619. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.032>
5. Boucetta, S. Honcharova, O. Kharfouchi, S. Chala, A. Aouati, K., & Can, E. (2025). Assessment of food quality and antibiotic residue toxicity in *Florida red tilapia Oreochromis sp* exposed to erythromycin. *Global NEST Journal*. Issue 3. <https://doi.org/10.30955/gnj.07073>
6. FAO. In Fishery and Aquaculture Country Profiles. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). 2025. URL: <https://www.fao.org/fishery/en/culture/silver-carp> (01.09.2025)
7. FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2024 blue transformation in action, UN: The United Nations. United States of America. (n.d.). 2024. URL: <https://coilink.org/20.500.12592/2rbp5z6> (01.09.2025)
8. Guerriero, G., & Garcia, G. (2018). Stress biomarkers and reproduction in fish. *Fish environ*. Vol. 2. P. 665–692
9. Honcharova, O.V., Paraniak, R.P., & Hutyi, B.V. (2019). Functional state of the body of freshwater fish under the influence of abiotic factors. *Scientific Bulletin of S. Z. Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology: Series: Agricultural Sciences*, Vol. 21 (90). P. 82–89 <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9014>
10. Honcharova, O., & Bekh, V. (2024). Increase of resistance and improvement of adaptation and compensatory mechanisms of the body of juvenile fish under conditions of multitrophic aquaculture. *Animal Science and Food Technology*, Vol. 15 (3). P.9-29 <https://doi.org/10.31548/animal.3.2024.09>
11. Honcharova, O., Bekh, V., & Glamuzina, B. (2023). Physiological and biochemical aspects of the carp organism in conditions of increasing their viability when stocking water bodies. *Animal Science and Food Technology*, Vol. 14 (2). P. 28–43. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2023.28>
12. Mahmoud, A., Ayman, E.T., Ahmed, N., El-Tarabily K., & Mohamed, E.A. El-H. (2021). Nutritional applications of species of *Spirulina* and *Chlorella* in farmed fish: A review. *Aquaculture*, Vol. 542. P. 736841. <https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2024.146>

13. Maiolo, S., Parisi, G., Biondi, N., Lunelli, F., Tibaldi, E., & Pastres, R. (2020). Fishmeal partial substitution within aquafeed formulations: Life cycle assessment of four alternative protein sources. *International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 25, P. 1455–1471. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01759-z>
14. Spirulina Live. URL: <https://www.spirulina-live.com.ua/> (01.09.2025)
15. Spiruline des Landes. URL: <https://www.spirulinedeslandes.com/> (01.09.2025)
16. Honcharova, O.V. (2023). Aspekty neirohumoralnoi rehulatsii funktsionalnoi aktyvnosti orhanizmu ryb za umov vplyvu abiotychnykh ta biotychnykh chynnykiv (ohliad). [Aspects of neurohumoral regulation of the functional activity of the fish organism under the influence of abiotic and biotic factors (review)]. *Scientific journal Fisheries science of Ukraine*. Vol. 2 (64). P. 83-108. <https://doi.org/10.15407/fsu2023.02.083> [in Ukrainian]
17. Honcharova, O. (2024). Synerhichnyi efekt multyτροφnosti modeli akvakultury ekolohichno-bezpechnoho spriamuvannia. [Synergistic effect of multitrophicity of the ecologically safe aquaculture model]. *Scientific journal Tavriiskyi visnyk*. Vol. 140. P. 541-549 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.67> [in Ukrainian]
18. Grynevych, N.E. (2017). Vmist nitryfikuyuchykh mikroorhanizmiv u vodi reaktora biofil'tra ustanovky zamknutoho vodopostachannia za vykorystannia riznykh typiv napovnyuvacha. [The content of nitrifying microorganisms in the water of the reactor biofilter installation of closed water supply for the use of different types of filler]. *Scientific herald of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after S.Z. Gzhytsky Lviv*, Vol. 19 (82), P. 184–187 [in Ukrainian]
19. Dekhtiarov P. A., Yevtushenko M. Yu., & Sherman I. M. (2014). *Fiziolohiia ryb: pidruchnyk*. 315. [Physiology of fish: a textbook]. Kyiv: Ahrarna osvita [in Ukrainian]
22. Diudiaieva, O.A., & Bekh, V.V. (2020). Kharchova bezpeka vitchyznianoї produktsii akvakultury yak harantovana peredumova vykhodu na zovnishni rynky. [Food safety of domestic aquaculture products as a guaranteed prerequisite for entering foreign markets]. *Scientific journal Water Bioresources and Aquaculture*. Vol. 1. P. 44–60. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.32851/wba.2020.1.5>
20. Som z Pavlysha. [Catfish from Pavlysh]: URL: <https://landlord.ua/news/rybna-ferma-pochala-vyroblaty-dlia-kormiv-bilkovy-i-konsentrat-z-komakh> (01.09.2025) [in Ukrainian]

Дата першого надходження рукопису до видання: 24.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

УДК 639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.3>

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ГОДІВЛІ РИБ В АКВАКУЛЬТУРІ УКРАЇНИ

Лавринюк О.О. – к.с.-г.н., доцент

orcid.org/0000-0003-3145-3689

Матковська С.І. – к.с.-г.н., доцент

orcid.org/0000-0002-8019-5498

Вербельчук Т.В. – к.с.-г.н., доцент

orcid.org/0000-0001-7334-4507

Вербельчук С.П. – к.с.-г.н., доцент

orcid.org/0000-0002-1136-5617

Кобернюк В.В. – к.с.-г.н., доцент

orcid.org/0000-0001-7037-8269

Поліський національний університет

Oksana_lavren@ukr.net

Встановлено, що аквакультура набуває все більшого значення у контексті гарантування продовольчої безпеки, причому ефективність годівлі є визначальним чинником її економічної вигідності та екологічної збалансованості. Проаналізовано динаміку виробництва основних видів риб (коропових, сомових, осетрових, лососевих та інших) за період 2022-2024 рр. на основі офіційних статистичних даних. Виявлено великі коливання між окремими видами та в часовій динаміці виробничих показників, зокрема маси маточного стада, молоді та товарної риби, а також витрат кормів та коефіцієнта конверсії кормів (FCR). Встановлено, що 2023 рік характеризувався зниженням ефективності виробництва для багатьох видів, тоді як у 2024 році спостерігалися спроби відновлення, особливо у коропових.

Проведено огляд останніх наукових досліджень і публікацій з годівлі риб в аквакультурі. Визначено, що емпіричне правило аквакультури наголошує на необхідності використання високоякісних кормів для ефективної відгодівлі. Неякісні корми призводять до погіршення росту, забруднення водойм та створення умов для розвитку патогенної мікрофлори. Кормові витрати є однією з найбільших статей собівартості в інтенсивній аквакультурі, що зумовлює актуальність їх оптимізації.

Описано методологічну основу дослідження, яка базувалася на аналізі кількісних показників виробництва, зборі та систематизації даних з офіційних статистичних джерел, наукових публікацій та галузевих звітів із застосуванням статистичного та порівняльного аналізу.

Перспективи розвитку галузі пов'язані з впровадженням інноваційних підходів, залученням інвестицій, підготовкою кваліфікованих кадрів та удосконаленням державної політики у сфері аквакультури.

Аналіз статистичних даних підтверджує наявність значного потенціалу для розвитку аквакультури в Україні, водночас висвітлюючи низку існуючих проблем. Подальше зростання галузі потребує комплексного врахування факторів, що визначають динаміку виробництва, та розробки дієвих стратегій її розвитку.

Ключові слова: аквакультура, годівля, риби, рибицтво, корми, категорії риб.

Постановка проблеми. Аквакультура являє собою прогресуючий напрям тваринництва, що демонструє інтенсивне зростання та набуває фундаментальної ролі у забезпеченні світової продовольчої безпеки [2]. Дана галузь позиціонується як вагома альтернатива традиційному рибальству, чия продуктивність у контексті зростаючого споживчого попиту на ресурси гідросфери є суттєво обмеженою через виснаження природних біоресурсів. Наразі понад 50% рибної продукції, що постається споживачам, є результатом діяльності аквакультурних господарств, розташованих у різних географічних регіонах [7]. В Україні, в рамках загальнодержавної реструктуризації рибного господарства, пріоритетна увага приділяється формуванню сприятливого середовища для розвитку національної аквакультури. Вдосконалення регуляторної політики у сфері аквакультури та нарощування обсягів виробництва продукції визначено як одні з фундаментальних цілей реформування рибного господарства держави [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження та публікації у сфері аквакультури приділяють значну увагу оптимізації витрат кормів, що є ключовим фактором як для економічної рентабельності, так і для екологічної стійкості галузі [11]. Наукові праці в галузі аквакультури акцентують увагу на проблематиці оптимізації витрат кормів як ключового детермінанта економічної ефективності та екологічної сталості виробництва рибної продукції [2,20]. Аналіз публікацій виявляє кілька домінантних напрямів досліджень, серед яких першочергове значення має підвищення ефективності використання кормів, що відображається у зниженні коефіцієнта конверсії корму (FCR). Науковці зосереджені на ідентифікації та вивченні факторів, що впливають на FCR, включаючи генетичні особливості риб, їх онтогенетичний розвиток, якісні характеристики кормів, умови утримання та застосовувані технології годівлі. Подальший розвиток цієї галузі значною мірою залежить від успішної інтеграції новітніх наукових досягнень у практичну діяльність аквакультурних господарств [3,13,14].

Постановка завдання. У 2024 році діяльністю в умовах аквакультури займалися 3163 суб'єкти господарювання [6,9]. Ключовим елементом успішного функціонування аквакультурних підприємств, що спеціалізуються на вирощуванні різних видів риб, є забезпечення якісними та безпечними кормами. Визначення фізіологічних потреб риб в енергії, поживних та біологічно активних речовинах, а також розробка науково обґрунтованих норм годівлі з урахуванням видових, вікових, стадійних особливостей, температурного режиму води та комплексу біотичних і абіотичних факторів, є складним та актуальним завданням в контексті організації ефективного ведення аквакультури. В умовах відсутності природної кор-

мової бази, метаболічні процеси у риб практично повністю регулюються антропогенно та залежать від збалансованості, якісних характеристик і кількісних параметрів спожитих кормів. Саме в цьому аспекті закладено значний потенціал для оптимізації темпів росту риби за умови мінімізації кормових витрат та зниження рівня антропогенного навантаження на водне середовище, підвищення виживаності ранніх стадій розвитку, покращення якісних показників плідників та їх потомства, що в сукупності визначає ефективність виробництва продукції аквакультури. На сьогоднішній день, витрати на корми є однією з найбільших статей собівартості для інтенсивних напрямів аквакультури, що передбачають штучне відтворення та вирощування гідробіонтів, які потребують екзогенного живлення (*Siluriformes*, *Acipenseriformes*, *Salmoniformes*, *Perciformes* тощо), а також для забезпечення повноцінного живлення масових видів корошових риб шляхом підгодівлі. Дефіцит інвестицій у вітчизняне кормовиробництво, недостатня кількість кваліфікованих наукових кадрів у галузі нутриціології та відсутність спеціалізованих лабораторних потужностей призводять до нездатності національних виробників повноцінно задовольнити ринок готових, збалансованих кормових сумішей для підгодівлі та відгодівлі риби продукцією вітчизняного походження. Внаслідок цього, незначну частку ринку кормів займає власне виробництво, тоді як основний обсяг забезпечується за рахунок імпорتنих поставок. Водночас Всесвітня організація FAO приділяє вагомому увагу вивченню питань покращенню раціонів, балансування протеїнів, ліпідів, вітамінів, мінералів при вирощуванні аквакультурної продукції [10]. Значна увага приділяється вивченню коефіцієнтів конверсії кормів (FCR) з врахуванням різних показників (видових, вікових, статевих) вирощуваних на різноманітних кормових сумішах [18], тому вивчення коефіцієнтів конверсії кормів (FCR) на основних видах промислових об'єктів аквакультури є актуальним для сучасної України так і на глобальному рівні.

Матеріал та методи. В основу дослідження покладено аналіз кількісних показників виробництва. Методологічною основою слугував збір та систематизація даних з офіційних статистичних джерел, наукових публікацій та галузевих звітів. Для обробки отриманої інформації застосовано методи статистичного та порівняльного аналізу. Дослідження базувалося на первинних даних, отриманих з офіційних статистичних звітів Державного агентства України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм, а також профільні наукові публікації та галузеві звіти, перелік яких наведено у відповідних посиланнях [4,5,6,9].

Мета дослідження: проаналізувати динаміку виробничих показників основних груп риб в аквакультурі України за 2022–2024 роки, провести

виявлення ключових факторів які впливають на міжвидову та міжрічну нерівномірність ефективності годівлі (FCR і витрати кормів).

Результати досліджень та їх обговорення. Забезпечення ефективної відгодівлі об'єктів аквакультури емпірично пов'язане з необхідністю використання рибних кормів високої якості. Використання кормів неналежної якості, що характеризуються низьким коефіцієнтом перетравності та засвоюваності нутрієнтів, окрім негативного впливу на показники росту, призводить до значного забруднення водного середовища неасимільованими залишками корму, погіршення гідрохімічних параметрів води та інгібування процесів росту. Крім того, такі умови сприяють створенню сприятливого середовища для надмірного розвитку гетеротрофної мікрофлори, що може мати негативні наслідки для загального біологічного стану аквакультури в господарствах.

Аналіз динаміки витрат кормів у рибному господарстві протягом періоду 2020-2024 років виявив значні коливання загального обсягу, що свідчить про нестабільність виробничих процесів (таблиця 1).

Таблиця 1. Аналіз використання кормів у рибних господарствах України за категоріями риб, тонн

Роки	Всього	категорії риб		
		молодь	маточне поголів'я	товарна риба
2020	34 243,3	7 941,6	738,9	25 562,7
2021	28 454,5	6 336,5	1 263,4	20 854,5
2022	23 327,3	5 335,1	717,0	17 275,1
2023	28 770,9	10 007,6	593,2	18 265,9
2024	29 493,4	8 062,2	743,8	20 687,4

Мінімальні значення загальних витрат були зафіксовані у 2022 році (23 327,3 т), тоді як максимальні – у 2020 році (34 243,3 т). Це може бути зумовлено різними факторами, включаючи зміни в обсягах виробництва, технологічних процесах, доступності та цінах на корми, а також зовнішніми економічними та екологічними умовами.

Витрати на корм для молоді характеризувалися високою волатильністю, з різким зростанням у 2023 році (87,58%), що може бути пов'язано зі змінами у стратегії вирощування або збільшенням обсягів виробництва молодняку. Витрати на маточне поголів'я, хоча й були відносно низькими порівняно з іншими категоріями, також демонстрували значні відносні зміни, що може вказувати на зміни в інтенсивності розведення або селекційній роботі.

Витрати на товарну рибу, що становили найбільшу частку в загальних витратах (63,49-74,65%), також зазнали коливань, але залишалися

домінуючим фактором. Це підкреслює важливість оптимізації кормової бази та управління витратами на вирощування товарної риби для підвищення ефективності виробництва (рис. 1).

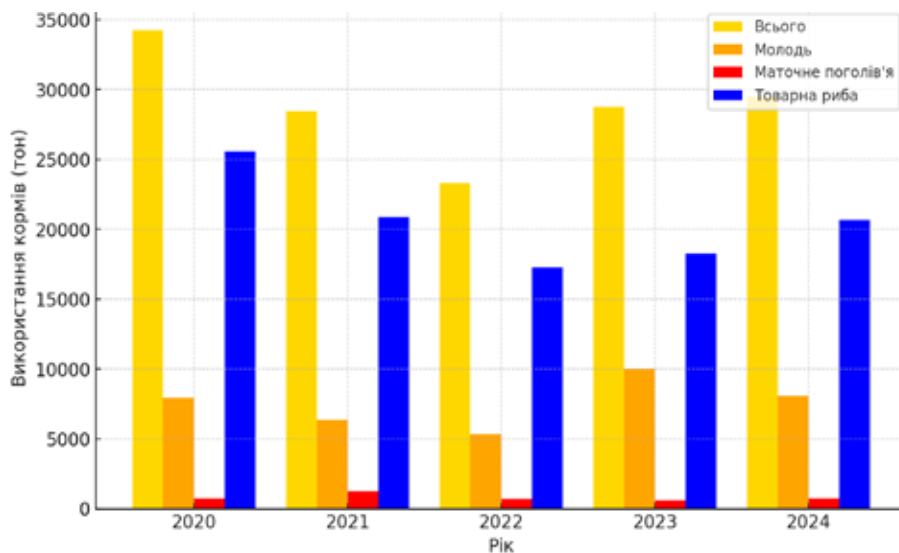


Рис. 1. Аналіз використання кормів у рибних господарствах України

Результати аналізу вказують на необхідність ретельного моніторингу та аналізу факторів, що впливають на витрати кормів, з метою розробки стратегій оптимізації виробничих процесів. Це включає впровадження ефективних технологій годівлі, використання якісних та економічно вигідних кормів, а також адаптацію до змін ринкових умов та екологічних вимог.

Отримані дані вказують на необхідність оптимізації кормової бази та управління витратами для підвищення ефективності виробництва.

Витрати кормів у рибництві є однією з найсуттєвіших складових собівартості вирощеної риби, що безпосередньо впливає на економічну ефективність господарств.

Для графічного відображення витрат кормів було побудовано графік 2-4. Графіки відображають динаміку маси, витрат кормів та коефіцієнта конверсії корму (FCR) для трьох категорій риби протягом 2022-2024 років: маточне стадо, молодь та товарна риба.

Маточне стадо демонструє незначне зниження маси у 2023 році з наступним відновленням у 2024 році, при цьому витрати кормів залишалися відносно стабільними та низькими, а коефіцієнт конверсії корму (FCR) значно зріс у 2023 році, вказуючи на тимчасове зниження ефективності використання кормів, після чого дещо покращився у 2024 році.

У категорії «Молодь» спостерігалось незначне зменшення маси та збільшення витрат кормів у 2023 році, після чого витрати на корми у 2024 році поступово зменшувались, при цьому маса риби мала тенденцію до зростання. Коефіцієнт конверсії корму (FCR) залишався відносно стабільним і на низькому рівні протягом усього періоду, що свідчить про ефективне використання кормів молоддю.

У категорії «Товарна риба» спостерігається значне зростання маси протягом усього досліджуваного періоду, особливо інтенсивне між 2023 та 2024 роками, що супроводжується очікуваним збільшенням витрат кормів, при цьому коефіцієнт конверсії корму (FCR) залишається відносно стабільним на помірному рівні, проте з невеликим зростанням у 2024 році, що може вказувати на певне зниження ефективності використання кормів на пізніших стадіях росту.

Отже, динаміка показників для різних категорій риби відрізняється. Для молоді спостерігається ефективне використання кормів, хоча маса і витрати кормів коливаються. Товарна риба демонструє стабільне зростання маси, але є потенціал для покращення ефективності використання кормів. Маточне стадо потребує уваги щодо ефективності використання кормів, особливо у 2023 році. Подальший аналіз може бути зосереджений на причинах таких змін та розробці стратегій для оптимізації виробничих показників у кожній категорії.

Кормовий коефіцієнт (Feed Conversion Ratio, FCR) являє собою кількісне співвідношення між масою спожитого корму та отриманим приростом біомаси гідробіонтів. Даний показник характеризує ефективність засвоєння поживних речовин корму організмом та може слугувати індикатором якості корму, його повноцінності, відсутності антипоживних речовин (що впливають на ступінь абсорбції), а також відображати особливості метаболізму риб.

Зниження FCR є стратегічною метою для фахівців з аквакультури, оскільки це дозволяє зменшити обсяги необхідних кормів та, відповідно, витрати на їх придбання. Досягнення низького FCR залежить від комплексу факторів, включаючи якість та склад кормів, їхню відповідність фізіологічним потребам риби на різних стадіях розвитку, а також умови утримання та застосовувані технології годівлі. Інформацію про обсяги кормових витрат, пов'язаних з аквакультурою риб, систематизовано та подано у таблицях 2, 3, 4, 5, 6.

Проведений аналіз кількісних показників виробництва коропових риб за період 2022-2024 рр. демонструє неоднорідну динаміку основних виробничих параметрів. Спостерігаються значні річні коливання маси маточного стада та ремонтного поголів'я, що може бути зумовлено змінами в стратегії формування племінного ядра або впливом зовнішніх факторів (рис. 5).

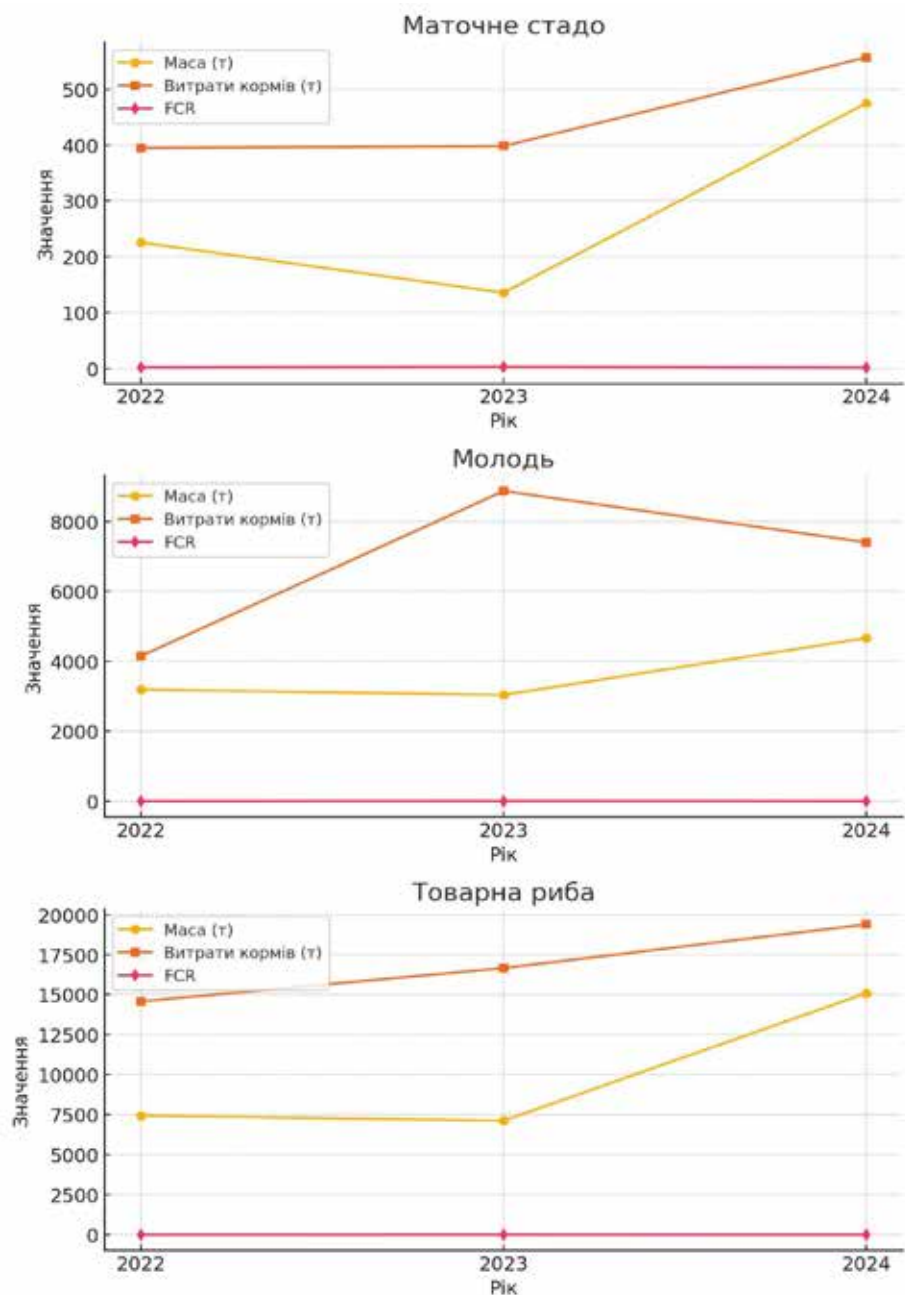


Рис. 2-4. Динаміка маси, витрат кормів та коефіцієнта конверсії корму по категоріях риб

Таблиця 2. Витрати кормів на вирощування корошових видів риби

Показник		Роки		
		2022	2023	2024
Маточне стадо та ремонтне поголів'я	маса, т	225,6	135,4	475,1
	витрати кормів, т	394,6	398,2	557
	FCR	1,7	2,9	1,2
Молодь	маса, т	3192,5	3038,2	4669,6
	витрати кормів, т	4151,1	8874,0	7402,2
	FCR	1,3	2,9	1,6
Товарна риба	маса, т	7438,7	7122,7	15099,4
	витрати кормів, т	14580,2	16659,8	19387,2
	FCR	2,0	2,3	1,3

Показники коефіцієнта конверсії кормів (FCR) для різних вікових груп корошових риби також характеризуються динамічністю.

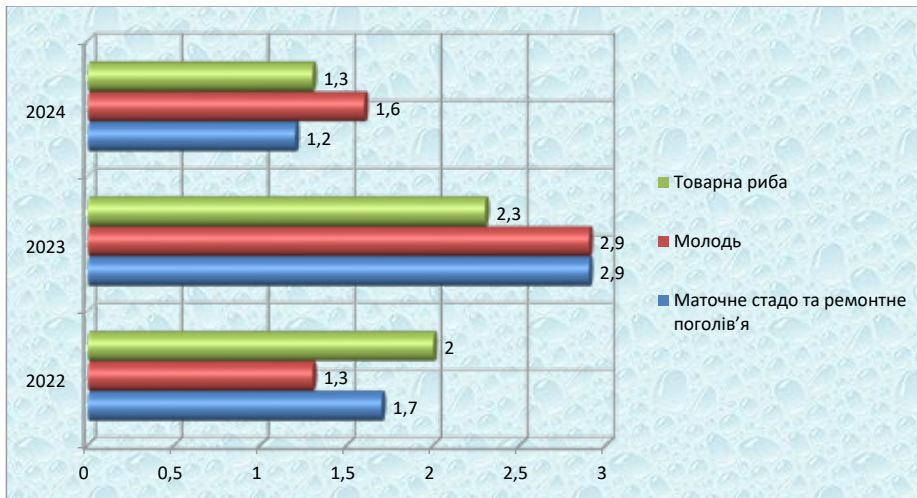


Рис. 5. Кормовий коефіцієнт корошових видів риби

Зокрема, у 2024 році відзначено статистично значуще зниження FCR для маточного стада (1,2) та товарної риби (1,3) порівняно з попередніми періодами, що свідчить про підвищення ефективності використання кормових ресурсів у зазначених групах. Водночас, FCR для молоді, попри позитивну динаміку у 2024 році (1,6) відносно 2023 року (2,9), залишається вищим за показник 2022 року (1,3), що може вказувати на потенційні резерви оптимізації раціонів та умов утримання даної вікової категорії.

Різке зростання абсолютної маси молоді та товарної риби у 2024 році, ймовірно, є наслідком збільшення маточного поголів'я та покращення

показників відтворення. Однак, для встановлення причинно-наслідкових зв'язків та прогнозування подальшої динаміки виробництва необхідний більш глибокий статистичний аналіз з урахуванням потенційних кореляцій між досліджуваними параметрами та впливом екологічних і технологічних факторів.

Таким чином, отримані дані свідчать про позитивні тенденції у виробництві корокових риб у 2024 році, що виражаються у зростанні обсягів продукції та підвищенні ефективності використання кормів для ключових виробничих груп. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на ідентифікацію факторів, що обумовлюють спостережувану динаміку, та розробку науково обґрунтованих рекомендацій для сталого розвитку галузі.

Аналіз кількісних показників виробництва сомових риб протягом 2022-2024 рр. виявив значну волатильність основних виробничих параметрів за досліджуваній період (таблиця 3).

Таблиця 3. Витрати кормів на вирощування сомових видів риб

Показник		Роки		
		2022	2023	2024
Маточне стадо та ремонтне поголів'я	маса, т	13,1	19,0	13,1
	витрати кормів, т	33,1	11,7	11,1
	FCR	2,5	0,6	0,8
Молодь	маса, т	343,4	52,1	37,6
	витрати кормів, т	17,1	131,0	86,4
	FCR	0,05	2,5	2,3
Товарна риба	маса, т	171,8	257,9	258,0
	витрати кормів, т	117,6	76,5	227,7
	FCR	0,7	0,3	0,9

Маса маточного стада та ремонтного поголів'я демонструє нестабільну динаміку, з тенденцією до зниження у 2024 році до рівня 2022 року після зростання у 2023 році. Витрати кормів на утримання цієї групи також характеризуються значними коливаннями, що не завжди корелює з динамікою маси, що може свідчити про зміни в інтенсивності годівлі або якісному складі раціону. Коефіцієнт конверсії кормів (FCR) для маточного стада був найнижчим у 2023 році (0,6), вказуючи на відносно вищу ефективність використання кормів у цей період (рис. 6).

Виробництво молоді сомових риб характеризується значними міжрічними коливаннями маси та витрат кормів. При цьому, коефіцієнт конверсії кормів для молоді є відносно високим протягом усього досліджуваного періоду, особливо у 2023 (2,5) та 2024 (2,3) роках, що вказує на меншу ефективність використання кормів для приросту маси цієї вікової групи порівняно з іншими категоріями.

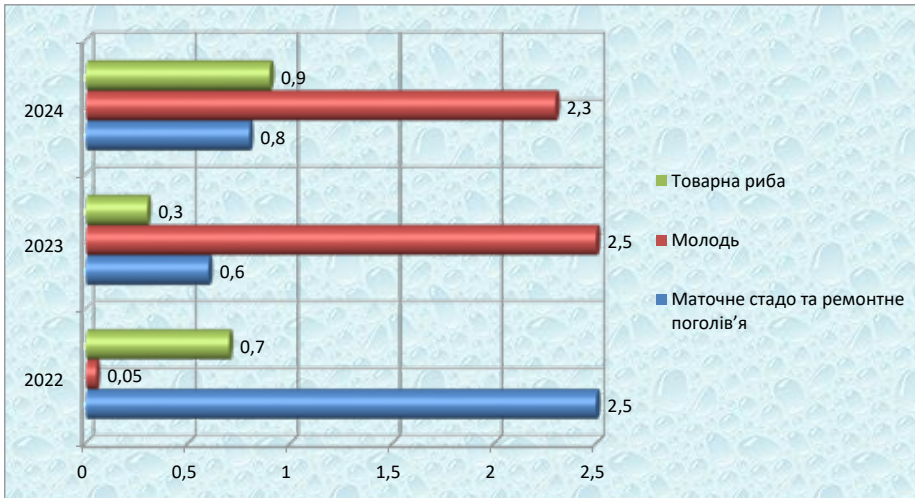


Рис. 6. Кормовий коефіцієнт сомових видів риб

Виробництво товарної риби демонструє тенденцію до зростання маси у 2023 та 2024 роках порівняно з 2022 роком. Проте, витрати кормів на вирощування товарної риби також зростали, особливо значно у 2024 році. Коефіцієнт конверсії кормів для товарної риби був найнижчим у 2023 році (0,3), що свідчить про кращу ефективність використання кормів для отримання товарної продукції у цей період, але знову зростає у 2024 році (0,9), наближаючись до показника 2022 року (0,7).

Загалом, динаміка виробництва сомових риб протягом 2022-2024 рр. характеризується нестабільністю основних показників. Високі значення коефіцієнта конверсії кормів для молоді протягом усього періоду та зростання FCR для товарної риби у 2024 році вказують на потенційні напрямки для оптимізації технологічних процесів годівлі та утримання. Подальші дослідження, спрямовані на виявлення факторів, що впливають на волатильність виробничих показників, та розробку стратегій підвищення ефективності використання кормових ресурсів, є необхідними для забезпечення сталого розвитку галузі вирощування сомових риб.

Аналіз виробничих показників осетрових риб за період 2022-2024 рр. демонструє неоднозначні тенденції в різних категоріях (таблиця 4).

Маса маточного стада та ремонтного поголів'я зазнала значного зниження у 2023 році порівняно з 2022 роком, проте у 2024 році спостерігається часткове відновлення. Витрати кормів на утримання цієї групи також корелюють зі змінами маси, демонструючи зниження у 2023 та 2024 роках. Коефіцієнт конверсії кормів (FCR) для маточного стада залишався відносно стабільним протягом досліджуваного періоду, коливаю-

чись в межах 0,6-0,8, що свідчить про стабільну ефективність використання кормів (рис. 7).

Таблиця 4. Витрати кормів на вирощування осетрових видів риби

Показник		Роки		
		2022	2023	2024
Маточне стадо та ремонтне поголів'я	маса, т	203,5	111,2	125,0
	витрати кормів, т	159,0	80,1	71,3
	FCR	0,8	0,7	0,6
Молодь	маса, т	95,6	77,6	22,5
	витрати кормів, т	70,0	30,5	26,4
	FCR	0,7	0,4	1,2
Товарна риба	маса, т	46,9	3,5	43,0
	витрати кормів, т	37,8	88,4	61,0
	FCR	0,8	2,0	1,4

Виробництво молоді осетрових риби характеризується значною волатильністю. У 2023 році спостерігалось зниження маси молоді, але при цьому відзначено найнижчий коефіцієнт конверсії кормів (0,4), що може вказувати на високу інтенсивність росту за відносно менших витрат кормів. У 2024 році маса молоді ще більше скоротилася, а FCR значно зріс (1,2), що може свідчити про погіршення умов утримання або зміни в раціоні.

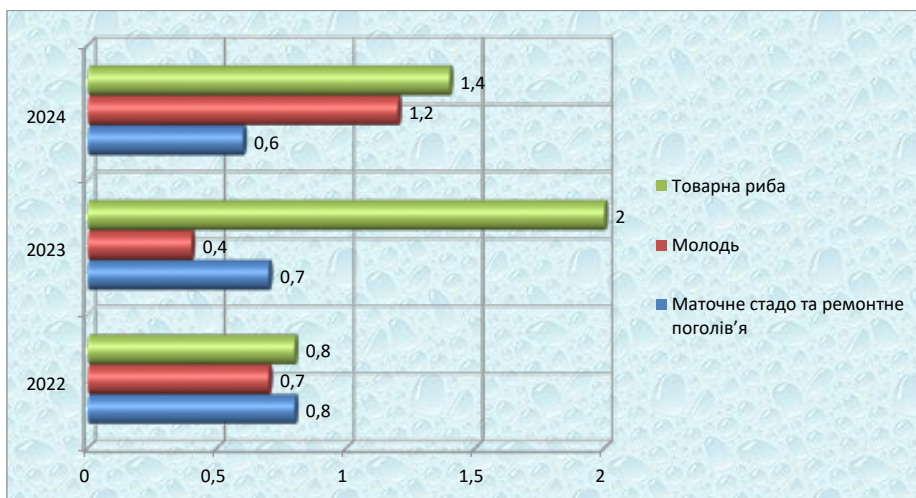


Рис. 7. Кормовий коефіцієнт осетрових видів риби

Виробництво товарної риби осетрових залишалось відносно стабільним за масою упродовж 2023-2024 років, проте значно нижчим за показ-

ник 2022 року. Витрати кормів на товарну рибу демонструють зростання у 2023 та 2024 роках, що призвело до збільшення коефіцієнта конверсії кормів. Зокрема, у 2023 році FCR становив 2,0, а у 2024 році – 1,4, що значно вище за показник 2022 року (0,8), вказуючи на зниження ефективності використання кормів для отримання товарної продукції.

Загалом, аналіз динаміки виробництва осетрових риб виявляє нестабільність показників, особливо у виробництві молоді та товарної риби. Зниження маси маточного стада у 2023 році могло мати негативний вплив на подальші обсяги виробництва молоді. Зростання коефіцієнта конверсії кормів для товарної риби у 2023 та 2024 роках потребує детальнішого дослідження з метою виявлення причин та розробки заходів для оптимізації витрат кормів. Подальший моніторинг та аналіз технологічних процесів є необхідним для забезпечення стабільного та ефективного розвитку галузі вирощування осетрових риб.

Аналіз виробничих показників лососевих риб за період 2022-2024 рр. виявив також значні коливання в різних категоріях, що свідчить про нестабільність виробничих процесів (таблиця 5).

Таблиця 5. Витрати кормів на вирощування лососевих видів риб

Показник		Роки		
		2022	2023	2024
Маточне стадо та ремонтне поголів'я	маса, т	56,7	45,3	45,8
	витрати кормів, т	31,7	43,5	61,1
	FCR	0,6	1,0	1,3
Молодь	маса, т	120,1	47,4	1467,0
	витрати кормів, т	152,3	168,0	138,9
	FCR	1,3	3,5	1,0
Товарна риба	маса, т	391,1	409,0	379,0
	витрати кормів, т	260,7	272,3	525,1
	FCR	0,7	0,7	1,4

Маса маточного стада та ремонтного поголів'я демонструє тенденцію до зниження у 2023 році з подальшою незначною стабілізацією у 2024 році. Витрати кормів на цю групу, навпаки, зростали протягом усього досліджуваного періоду, що призвело до збільшення коефіцієнта конверсії кормів (FCR) з 0,6 у 2022 році до 1,3 у 2024 році. Це вказує на зниження ефективності використання кормів для утримання маточного стада (Рис. 8).

Виробництво молоді лососевих риб характеризується різкими змінами. У 2023 році спостерігалось значне зниження маси молоді при одночасному зростанні витрат кормів, що призвело до критично високого значення FCR (3,5). Однак, у 2024 році відбулося екстремальне зростання маси молоді при значному зниженні витрат кормів, що зумовило надзви-

чайно низький показник FCR (1,0). Така різка динаміка потребує ретельного аналізу причин, що могли спричинити такі значні коливання в ефективності вирощування молоді.

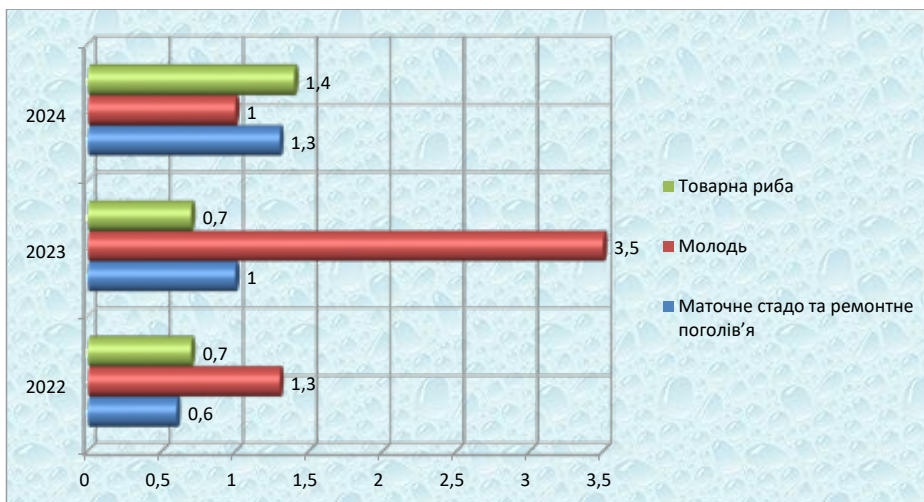


Рис. 8. Кормовий коефіцієнт лососевих видів риб

Виробництво товарної риби лососевих залишалося відносно стабільним за масою протягом досліджуваного періоду. Коефіцієнт конверсії кормів для товарної риби був низьким та стабільним у 2022 та 2023 роках (0,7), що свідчить про високу ефективність використання кормів. Проте, у 2024 році спостерігається значне зростання FCR до 1,4, що вказує на погіршення ефективності годівлі товарної риби, незважаючи на незначне зниження її маси.

Загалом, динаміка виробництва лососевих риб протягом 2022-2024 рр. характеризується значною нестабільністю, особливо у виробництві молоді та ефективності використання кормів для маточного стада та товарної риби у 2024 році. Різкі коливання показників можуть бути пов'язані зі змінами в технологічних процесах, якістю кормів, епізоотичною ситуацією або іншими зовнішніми факторами. Для забезпечення сталого та прогнозованого розвитку галузі вирощування лососевих риб необхідний глибокий аналіз причин спостережуваних коливань та впровадження заходів з оптимізації виробничих процесів на всіх етапах. Особливу увагу слід приділити стабілізації виробництва молоді та підвищенню ефективності використання кормів.

Аналіз виробничих показників групи «інші види риб» за період 2022-2024 рр. демонструє значну різноманітність динаміки в різних категоріях, що може відображати гетерогенність цієї групи (таблиця 6).

Таблиця 6. Витрати кормів на вирощування риб

Показник		Роки		
		2022	2023	2024
Маточне стадо та ремонтне поголів'я	маса, т	108,5	37,1	39,6
	витрати кормів, т	98,6	42,4	42,5
	FCR	1,1	1,1	1,1
Молодь	маса, т	2091,0	404,3	138,2
	витрати кормів, т	944,6	681,1	408,4
	FCR	0,5	1,7	3,0
Товарна риба	маса, т	2085,7	1671,6	2841,6
	витрати кормів, т	2278,8	388,3	486,4
	FCR	1,1	0,2	0,2

Маса маточного стада та ремонтного поголів'я зазнала різкого зниження у 2023 році порівняно з 2022 роком, проте у 2024 році спостерігається незначне зростання. Коефіцієнт конверсії кормів (FCR) для цієї групи залишався стабільним на рівні 1,1 протягом усього досліджуваного періоду, незважаючи на значні коливання маси та витрат кормів, що може свідчити про пропорційну зміну цих показників (рис. 9).

Обсяги виробництва молоді значно варіюються з року в рік. У 2023 році спостерігалось різке зниження маси молоді при одночасному зростанні витрат кормів, що призвело до значного збільшення FCR (до 1,7). У 2024 році маса молоді продовжила знижуватися, а FCR досяг найвищого значення (3,0), що вказує на значне погіршення ефективності вирощування молоді в цей період. Різке зниження маси молоді та зростання FCR потребують детального аналізу причин.

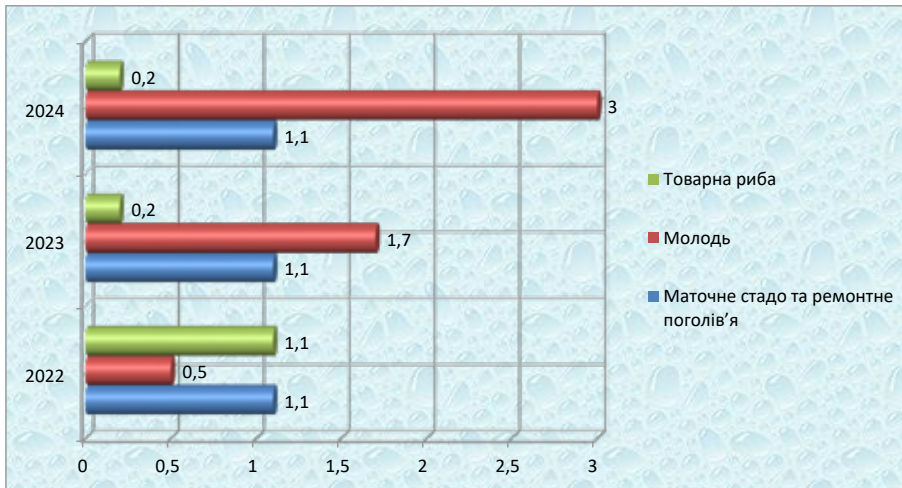


Рис. 9. Кормовий коефіцієнт риб

Виробництво товарної риби демонструє зростання маси у 2024 році, значно перевищуючи показники попередніх років. Витрати кормів на товарну рибу також зросли у 2024 році, але не такими темпами, що призвело до значного зниження коефіцієнта конверсії кормів до 0,2 у 2023 та 2024 роках. Це свідчить про високу ефективність використання кормів для отримання товарної продукції цих видів риби у зазначені періоди.

Загалом, динаміка виробництва групи «інші види риби» є неоднорідною. Різке зниження виробництва молоді та зростання FCR у цій категорії викликають занепокоєння та потребують з'ясування причин. Водночас, значне зростання виробництва товарної риби при високій ефективності використання кормів у 2023 та 2024 роках є позитивною тенденцією. Враховуючи різноманітність видів, що входять до цієї групи, подальший аналіз на рівні окремих видів може надати більш детальну інформацію про тенденції та ефективність їхнього вирощування.

Обговорення результатів досліджень: виробничі показники основних груп риби у 2022–2024 рр. характеризуються значною нерівномірністю, що спостерігається як між окремими видами, так і в часовій динаміці. 2022 рік характеризувався відносно стабільними базовими показниками для більшості досліджуваних видів. Проте, 2023 рік став періодом значних змін, часто супроводжуючись зниженням ефективності використання кормів та скороченням обсягів виробництва, особливо у сегменті молоді. У 2024 році спостерігалися спроби відновлення виробничих показників, зокрема у корошових та деяких інших видів риби, де відзначено зростання обсягів та покращення коефіцієнта конверсії кормів для товарної продукції. Водночас, для осетрових та лососевих риби проблеми з ефективністю виробництва молоді та товарної риби залишалися актуальними, а для сомових та групи «інші види риби» спостерігалися неоднозначні тенденції.

Загалом, динаміка виробництва риби у досліджуваній період характеризується нестабільністю, особливо у виробництві молоді, що є критично важливим для майбутнього розвитку галузі. Коефіцієнт конверсії кормів демонструє значну варіабельність, вказуючи на наявність резервів для оптимізації технологій годівлі та утримання різних видів риби на різних етапах їхнього життєвого циклу. Різкі коливання виробничих показників, особливо у 2023 році, ймовірно, були зумовлені комплексом зовнішніх та внутрішніх факторів, що потребують подальшого глибокого аналізу.

Корошові риби характеризуються загальною позитивною динамікою виробництва, особливо у 2024 році, зі значним зростанням обсягів за всіма категоріями. Спостерігається тенденція до покращення ефективності використання кормів для маточного стада та товарної риби, хоча FCR для молоді залишається менш стабільним.

Виробничі показники сомових риб характеризуються суттєвою нерівномірністю. Ефективність використання кормів для молоді є відносно низькою протягом усього періоду, а для товарної риби також спостерігається погіршення у 2024 році після покращення у 2023 році. Стабільність виробництва маточного стада також є низькою.

Осетрові риби характеризуються нестабільністю виробництва молоді та зниженням ефективності використання кормів для товарної риби у 2023-2024 роках. Маса маточного стада також зазнала значних коливань. Загалом, цей сегмент демонструє ознаки нестабільності та потребує оптимізації технологічних процесів.

Лососеві риби вирізняються значною нестабільністю виробництва молоді, з екстремальними коливаннями маси та коефіцієнта конверсії кормів. Ефективність використання кормів для маточного стада погіршується протягом досліджуваного періоду, а для товарної риби спостерігається значне зниження у 2024 році після стабільних показників у попередні роки.

Інші види риб – ця гетерогенна група демонструє позитивну динаміку виробництва товарної риби з високою ефективністю використання кормів у 2023-2024 роках. Водночас, виробництво молоді характеризується значним спадом та погіршенням ефективності, що потребує окремого дослідження.

Для забезпечення сталого розвитку рибницької галузі необхідний комплексний підхід, що включає впровадження науково обґрунтованих технологій, оптимізацію використання кормових ресурсів, посилення контролю за якістю та станом здоров'я риби, а також постійний моніторинг виробничих показників. Особливу увагу слід приділити стабілізації виробництва молоді та підвищенню ефективності використання кормів для видів, що демонструють негативні тенденції у цих аспектах.

Подальші дослідження, спрямовані на виявлення причин коливань у часовій динаміці та розробку адаптивних стратегій управління виробництвом, які є ключовими для забезпечення продовольчої безпеки та економічної стійкості галузі.

Проведений аналіз виробничих показників різних видів риб (коропові, сомові, осетрові, лососеві та інші види) за період 2022-2024 рр. виявляє різноспрямовані тенденції та значну міжвидову варіабельність ефективності виробництва.

Аналіз наукових публікацій українських та міжнародних авторів з обраної тематики виявляє низку спільних проблемних аспектів та перспективних напрямків досліджень у сфері годівлі риб.

Більшість дослідників, як в Україні, так і за кордоном, підтверджують критичну залежність аквакультури від дорогих та дефіцитних ресурсів (рибне борошно та риб'ячий жир) і необхідність їх заміни.

Представлені дослідження комплексно висвітлюють ключову тенденцію в сучасній аквакультурі – стратегічний перехід від залежності від морських ресурсів до використання стійких та економічно вигідних рослинних альтернатив у кормах для риб. Ця тенденція зумовлена як економічною доцільністю (здешевлення кормів, про що свідчить Багдай Т. у роботах про коропових) [1], так і необхідністю забезпечення глобальної стійкості галузі в умовах прогнозованого дефіциту рибного борошна та жиру, що було критично проаналізовано Тасон А.Г.Д. на міжнародному рівні [17]. Таким чином, соя та макухи визначені як основні замітники білка у світових масштабах.

Науковий фокус зміщується на оптимізацію та якість цих альтернативних інгредієнтів. Зокрема, Вознюк Р.Р. акцентує увагу на пошуку рослинних олій як заміників риб'ячого жиру, підкреслюючи необхідність збереження високої якості м'яса товарної риби, особливо його харчової цінності (вміст Омега-3 жирних кислот) [3]. Паралельно, Glencross B.D. (у дослідженнях щодо лососевих) вказує на критичну важливість вивчення біодоступності поживних речовин з рослинних джерел [16]. Це вимагає розробки технологій обробки або використання ферментних добавок для нейтралізації антипоживних факторів і забезпечення максимальної засвоюваності білків та ліпідів, особливо для хижих видів риб.

Отже, спільний висновок досліджень полягає у неминучості та активній реалізації протеїнової та ліпідної трансформації у кормовиробництві для аквакультури. Основні тенденції включають: масштабне впровадження рослинних білків для здешевлення, пошук рослинних ліпідів, що не погіршують якість продукції, та наукову роботу над підвищенням ефективності засвоєння цих нових інгредієнтів, що є ключовим для забезпечення екологічної та економічної життєздатності світової аквакультури.

Центральною проблемою, що збігається у роботах усіх авторів, є пошук стійких та економічно обґрунтованих альтернатив традиційним інгредієнтам. Вони сходяться на думці, що рослинні білки є головною короткостроковою стратегією.

Відмінності полягають, головним чином, у фокусі дослідження (об'єкт аквакультури, тип добавок) та ступені впровадження інновацій (біотехнології).

Представлений огляд відображає багатовекторний підхід до оптимізації аквакультури, поєднуючи українські дослідження, сфокусовані на практичній ефективності, з глобальними інноваціями та макроекономічними оцінками. Українські науковці, зокрема Шіма Х., зосереджують увагу на фізіологічному стані та імунітеті риб, особливо в умовах інтенсифікації виробництва [14]. Ключовий акцент тут зроблено на застосуванні функціональних кормових добавок (пробіотики, пребі-

отики, імуностимулятори) для підвищення резистентності риб у місцевих господарствах. Паралельно, Хижняк М.І. розглядає технологічний аспект, зосереджуючись на екструзії та гранулюванні кормів. Його робота підкреслює, що підвищення коефіцієнта конверсії корму (ККК) досягається не лише завдяки ідеальному складу, але й через оптимізацію фізико-хімічних властивостей корму (наприклад, водостійкості та засвоюваності) [12].

Міжнародні дослідження розширюють горизонти, пропонуючи інноваційні джерела сировини та макроекологічні оцінки. Робота Francis G. та Makkar H.P.S. демонструє високий потенціал ентомопротеїну (комахи, як-от *Hermetia illucens*) як екологічного та повноцінного білкового заміника рибного борошна [15]. Цей напрямок є новою та перспективною інновацією порівняно з традиційним фокусом українських досліджень на рослинних білках. Водночас, Naylor R.L. виводить проблематику годівлі на глобальний рівень, аналізуючи екологічний слід та сталість аквакультури в контексті світової продовольчої безпеки [19]. Цей макроекономічний та екологічний ракурс суттєво відрізняється від більш локалізованого, господарського підходу, що часто домінує в українських роботах, які переважно фокусуються на економіці окремого підприємства. Таким чином, глобальні тенденції вказують на інноваційні білкові джерела (комахи) та комплексну екологічну оцінку, доповнюючи вітчизняні дослідження з імуностимуляції та технологічної оптимізації кормів.

На основі аналізу наукових публікацій чітко простежуються дивергентні дослідницькі вектори між міжнародною та українською аквакультурою. Міжнародні науковці, зокрема Francis G. та Naylor R.L., демонструють виразний фокус на інноваційних біотехнологічних джерелах білка (наприклад, ентомопротеїн та мікроводорості) як ключових замінниках традиційних компонентів, а також на широкій глобальній сталості галузі та її екологічному сліді [15]. На противагу, українські дослідники, такі як Саката К., схильні концентруватися на підвищенні резистентності та здоров'я риб в існуючих умовах інтенсифікації, що реалізується через оптимізацію використання функціональних кормових добавок (пробіотики, пребіотики, імуностимулятори). Додатковою відмінністю є акцент українського автора Хижняка М.І. на технологічних процесах виробництва корму (екструзія, грануляція) для покращення коефіцієнта конверсії, що виділяє його роботу серед тих, які більше зосереджені на хімічному складі сировини. Ця різниця свідчить про те, що міжнародні дослідження більше орієнтовані на фундаментальні інновації сировинної бази та глобальні макротенденції, тоді як українські роботи переважно зосереджені на практичній оптимізації існуючих виробничих систем та підвищенні фізіологічної стійкості риб.

Висновки

1. Виробничі показники більшості досліджуваних видів риб характеризуються значними коливаннями з року в рік. Це може бути наслідком дії різних чинників, включаючи зміни в технологіях вирощування, якість кормів, епізоотичну ситуацію та кліматичні умови.

2. Коефіцієнт конверсії кормів (FCR) демонструє значну міжвидову та внутрішньовидову (за віковими групами та роками) варіабельність. Покращення показників FCR спостерігається у коропових та деяких інших видів риб для товарної продукції, проте для інших видів та вікових груп відзначається тенденція до погіршення.

3. Виробництво молоді є найбільш нестабільним сегментом для багатьох видів риб, що може мати негативний вплив на майбутні обсяги товарної продукції.

4. Результати аналізу вказують на необхідність оптимізації технологічних процесів вирощування, особливо в частині годівлі та утримання молоді, а також для видів, що демонструють зростання коефіцієнта конверсії кормів.

Рекомендації:

1. Проведення детального аналізу причин коливань виробничих показників для кожного виду риб з урахуванням специфіки їх вирощування є наступним кроком дослідження.

2. Оптимізація раціонів та режимів годівлі для різних вікових груп з метою зниження коефіцієнта конверсії кормів.

3. Впровадження сучасних технологій вирощування, спрямованих на підвищення виживаності та темпів росту молоді.

4. Посилення контролю за якістю кормів та ветеринарно-санітарним станом рибницьких господарств.

5. Проведення економічного аналізу ефективності виробництва різних видів риб для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

В цілому, для забезпечення сталого розвитку рибницької галузі необхідний комплексний підхід, що включає науково обґрунтовані технології вирощування, ефективне використання ресурсів та постійний моніторинг виробничих показників.

ANALYSIS OF MODERN TRENDS AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF FISH FEEDING IN UKRAINIAN AQUACULTURE

Lavryniuk O.O. – PhD (Agriculture), Associate Professor
orcid.org/0000-0003-3145-3689

Matkovska S.I. – PhD (Agriculture), Associate Professor
orcid.org/0000-0002-8019-5498

Verbelchuk T.V. – PhD (Agriculture), Associate Professor
orcid.org/0000-0001-7334-4507

Verbelchuk S.P. – PhD (Agriculture), Associate Professor
orcid.org/0000-0002-1136-5617

Koberniuk V.V. – PhD (Agriculture), Associate Professor
orcid.org/0000-0001-7037-8269

Polissia National University

Oksana_lavren@ukr.net

It has been established that aquaculture is gaining increasing importance in the context of ensuring food security, with feeding efficiency being a determining factor in its economic viability and environmental sustainability. The dynamics of production for the main fish species (carp, catfish, sturgeon, salmon, and others) for the period 2022-2024 were analyzed based on official statistical data. Significant interspecies and interannual variability in production indicators were revealed, particularly in the mass of broodstock, juveniles, and marketable fish, as well as feed costs and feed conversion ratio (FCR). It was found that 2023 was characterized by a decrease in production efficiency for many species, while 2024 saw attempts at recovery, especially for carp.

A review of recent scientific research and publications on fish feeding in aquaculture was conducted. It was determined that the empirical rule of aquaculture emphasizes the necessity of using high-quality feeds for effective fattening. Poor quality feeds lead to impaired growth, water pollution, and the creation of conditions for the development of pathogenic microflora. Feed costs are one of the largest cost items in intensive aquaculture, which highlights the urgency of their optimization.

The methodological basis of the study was described, which was based on the analysis of quantitative production indicators, collection, and systematization of data from official statistical sources, scientific publications, and industry reports, using statistical and comparative analysis.

The prospects for the industry's development are linked to the implementation of innovative approaches, attracting investments, training qualified personnel, and improving state policy in the field of aquaculture.

The analysis of statistical data confirms the significant potential for aquaculture development in Ukraine, while also highlighting a number of existing problems. Further growth of the industry requires comprehensive consideration of factors determining production dynamics and the development of effective strategies for its advancement.

Key words: aquaculture, feeding, fish farming, feeds, fish categories.

ЛІТЕРАТУРА

1. Багдай Т. Короп звичайний у водних екосистемах та аквакультурі. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агрономія*. 2016. № 20. С. 182–186.
2. Вдовенко Н. М., Павленко М. М., Сіненко І. О. Організаційно-економічні засади розвитку рибальства й аквакультури в Україні. *Бізнес Інформ*. 2020. № 4. С. 221–228. DOI: 10.32983/2222-4459-2020-4-221-228.
3. Вознюк Р. Р., Сичов М. Ю. Ефективність використання комбікормів з різними рівнями ферментованого соєвого шроту EP500 при вирощуванні кларієвого сома (*Clarias gariepinus*) до товарної маси. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 73–79.
4. Державне агентство України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм : веб-сайт. URL: <https://darg.gov.ua/> (дата звернення: 01.09.2025).
5. Державне агентство України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм. Науково-біологічне обґрунтування «Оцінка стану запасів водних ресурсів... на 2024 рік». URL: https://darg.gov.ua/files/25/12_22_nauka1.PDF (дата звернення: 01.09.2025).
6. Державне агентство України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм. Оцінка запасів водних біоресурсів в Чорному морі для визначення можливих лімітів і прогнозів допустимого вилову водних біоресурсів та розробка оптимальних режимів їх рибогосподарської експлуатації : звіт НДР. URL: https://darg.gov.ua/files/22/12_22_zvit2.pdf (дата звернення: 01.09.2025).
7. Деренько О. О. Удосконалення інструментів регулювання ринку продукції аквакультури. *Інтелект XXI*. 2017. № 6. С. 38–40.
8. Миськовець Н. П. Аналіз сучасного стану та перспективи розвитку рибного господарства України. *Бізнес Інформ*. 2020. № 3. С. 104–111. DOI: 10.32983/2222-4459-2020-3-104-111.
9. Офіційний сайт Державного агентства рибного господарства України : веб-сайт. URL: <https://darg.gov.ua/> (дата звернення: 01.09.2025).
10. Продовольча та сільськогосподарська організація Об'єднаних Націй (FAO). Рациональне використання рибного борошна в аквакультурі. Серія «FAO Innovation for Blue Transformation». Рим : FAO, 2025. URL: <https://www.fao.org/4/ab470e00.htm> (дата звернення: 01.09.2025).
11. Сіненко І. О. Організаційні та економічні механізми регулювання рибальства та аквакультури. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2018. № 4. С. 122–130. URL: <http://ppeu.stu.cn.ua/article/view/205676> (дата звернення: 01.09.2025).
12. Спосіб підвищення продуктивності природної кормової бази ставів : пат. 25980 Україна, МПК A01K 61/00 (2006.01) / Хижняк М. І.,

- Чужма Н. П., Базаєва А. М. ; заявник і патентовласник Дніпропетров. держ. аграр. ун-т. – № 200709664 ; заявл. 27.08.2007 ; опубл. 27.08.2007, Бюл. № 13. 3 с.
13. Чемерис В. А., Душка В. І., Максим В. Л. Стан та перспективи розвитку аквакультури в Україні. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Економічні науки*. 2016. Т. 18. № 2. С. 169–175. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/smlnues_2016_18_2_35 (дата звернення: 01.09.2025).
 14. Шіма Х., Асагура Т., Саката К. [та ін.] Склад і режим згодовування кормів для покращення коефіцієнта конверсії корму в сталому рибництві з використанням крохмалю. *Міжнародний журнал молекулярних наук*. 2024. Т. 25, № 14. С. 7921. DOI: 10.3390/ijms25147921.
 15. Francis G., Makkar H. P. S., Becker K. Antinutritional Factors Present in Plant-Derived Alternate Fish Feed Ingredients and Their Effects in Fish. *Aquaculture*. 2001. Vol. 199. P. 197–227. DOI: 10.1016/S0044-8486(01)00526-9.
 16. Glencross B. D., Baily J., Berntssen M. H. G. [et al.] Risk assessment of the use of alternative animal and plant raw material resources in aquaculture feeds. *Reviews in Aquaculture*. 2020. Vol. 12 (2). P. 703–758.
 17. Tacon A. G. J., Metian M. Fish matters: importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply. *Reviews in Fisheries Science*. 2013. Vol. 21 (1). P. 22–38. DOI: 10.1080/10641262.2012.753405.
 18. The state of world fisheries and aquaculture. Measures to improve resilience. Rome : FAO, 2020. 205 p.
 19. Thompson K. R., Muzinic L. A., Engler L. S. [et al.] Effects of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality. *Aquaculture Research*. 2004. Vol. 35 (7). P. 659–668. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2004.01063.x.
 20. Vdovenko N., Baidala V., Burlaka N. [et al.] Management mechanism of agrarian economic system: composition, functioning and factors of development in Ukraine. *Problems and Perspectives in Management*. 2018. Vol. 16. Iss. 2. P. 179–189. DOI: 10.21511/ppm.16(2).2018.16.

REFERENCES

1. Bahdai, T. (2016). Korop zvychaynyy u vodnykh ekosystemakh ta akvakulturi [Common carp in aquatic ecosystems and aquaculture]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiya*, (20), 182–186 [in Ukrainian].

2. Vdovenko, N.M., Pavlenko, M.M., & Sinenok, I.O. (2020). Orhanizatsiino-ekonomichni zasady rozvytku rybalstva y akvakultury v Ukraini [The Organizational and Economic Bases for the Development of Fishing and Aquaculture Industry in Ukraine]. *Biznes Inform*, (4), 221–228. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-4-221-228> [in Ukrainian].
3. Vozniuk, R.R., & Sychov, M.Iu. (2023). Efektyvnist vykorystannia kombikormiv z riznymi rivniamy fermentovanoho soyevoho shrotu ER500 pry vyroshchuvanni klariyevoho soma (*Clarias gariepinus*) do tovarnoyi masy [Efficiency of using mixed fodder with different levels of fermented soybean meal ER500 for the cultivation of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) to market weight]. *Ahroekolohichnyy zhurnal*, (4), 73–79 [in Ukrainian].
4. Derzhavne ahentstvo rybnoho hospodarstva Ukrayiny (n.d.). Ofitsiynyy sayt Derzhavnogo ahentstva rybnoho hospodarstva Ukrayiny [Official website of the State Agency of Fisheries of Ukraine]. URL: <https://darg.gov.ua/> [in Ukrainian].
5. Derzhavne ahentstvo Ukrainy z rozvytku melioratsii, rybnoho hospodarstva ta prodovolchkykh prohram (2024). Naukovo-biolohichne obgruntuvannia «Otsinka stanu zapasiv vodnykh resursiv u Chornomu mori... na 2024 rik» [Scientific and biological justification «Assessment of the state of water resources... for 2024»]. veb-sait. URL: https://darg.gov.ua/files/25/12_22_nauka1.PDF [in Ukrainian].
6. Derzhavne ahentstvo Ukrainy z rozvytku melioratsii, rybnoho hospodarstva ta prodovolchkykh prohram (n.d.). veb-sait [State Agency of Ukraine for Development of Reclamation, Fisheries and Food Programs: website]. URL: <https://darg.gov.ua/> [in Ukrainian].
7. Derenko, O.O. (2017). Udoskonalennia instrumentiv rehuliuвання rynku produktsii akvakultury [Improving tools for regulating the market of aquaculture products]. *Intelekt XXI – Intelligence XXI*, (6), 38–40 [in Ukrainian].
8. Myskovets, N.P. (2020). Analiz suchasnoho stanu ta perspektyvy rozvytku rybnoho hospodarstva Ukrayiny [Analysis of the current state and prospects for the development of the fishing industry in Ukraine]. *Biznes Inform*, (3), 104–111. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-3-104-111> [in Ukrainian].
9. Derzhavne ahentstvo Ukrayiny z rozvytku melioratsiyi, rybnoho hospodarstva ta prodovolchkykh prohram (n.d.). veb-sait [State Agency of Ukraine for Melioration, Fisheries and Food Programs: website]. URL: <https://darg.gov.ua/> [in Ukrainian].
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2025). Responsible use of fishmeal in aquaculture. *FAO Innovation for Blue*

Transformation series. Rome: FAO. Available at: <https://www.fao.org/4/.../ab470e00.htm>

11. Sinenok, I.O. (2018). Orhanizatsiini ta ekonomichni mekhanizmy rehuliuвання rybalstva ta akvakultury [Organizational and economic mechanisms for regulating fisheries and aquaculture]. *Problemy i perspektyvy ekonomiky ta upravlinnia – Problems and prospects of economics and management*, (4), 122–130. <http://ppeu.stu.cn.ua/article/view/205676> [in Ukrainian].
12. Khyzhniak, M.I., Chuzhma, N.P., & Bazayeva, A.M. (2007). Sposib pidvyshchennia produktyvnosti pryrodnoyi kormovoyi bazy staviv [Method for increasing the productivity of the natural feed base of ponds]: pat. 25980 Ukraina. Dnipropetrov. derzh. ahrar. un-t, № 200709664, zayavl. 27.08.2007, publ. 27.08.2007, Biul. № 13. 3 p. [in Ukrainian].
13. Chemerys, V.A., Dushka, V.I., & Maksym, V.L. (2016). Stan ta perspektyvy rozvytku akvakultury v Ukraini [Status and prospects of aquaculture development in Ukraine]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterinaryarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho. Serii: Ekonomichni nauky. – Scientific Bulletin of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named after SZ Gzhytsky. Series: Economic Sciences*, 18 (2), 169–175. http://nbuv.gov.ua/UJRN/smlnues_2016_18_2_35 [in Ukrainian].
14. Shima, H., Asakura, T., Sakata, K., Koiso, M., & Kikuchi, J. (2024). Feed Components and Timing to Improve the Feed Conversion Ratio for Sustainable Aquaculture Using Starch. *International Journal of Molecular Sciences*, 25 (14), 7921. <https://doi.org/10.3390/ijms25147921>
15. Francis, G., Makkar, H.P.S., & Becker, K. (2001). Antinutritional Factors Present in Plant-Derived Alternate Fish Feed Ingredients and Their Effects in Fish. *Aquaculture*, 199, 197–227. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00526-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00526-9)
16. Glencross, B.D., Baily, J., Berntssen, M.H.G., Hardy, R., MacKenzie, S., & Tocher, D.R. (2020). Risk assessment of the use of alternative animal and plant raw material resources in aquaculture feeds. *Reviews in Aquaculture*, 12 (2), 703–758
17. Tacon, A.G.J., & Metian, M. (2013). Fish matters: importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply. *Reviews in Fisheries Science*, 21 (1), 22–38. <https://doi.org/10.1080/10641262.2012.753405>
18. The state of world fisheries and aquaculture. Measures to improve resilience. (2020). Rome: FAO. 205 p.
19. Thompson, K.R., Muzinic, L.A., Engler, L.S., Morton, S-R., & Webster, C.D. (2004). Effects of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits

- of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality. *Aquaculture Research*, 35 (7), 659–668. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01063.x>
20. Vdovenko, N., Baidala, V., Burlaka, N., & Diuk, A. (2018). Management mechanism of agrarian economic system: composition, functioning and factors of development in Ukraine. *Problems and Perspectives in Management*, 16 (2), 179–189. DOI: 10.21511/ppm.16(2).2018.16

Дата першого надходження рукопису до видання: 30.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

УДК 639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.4>

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-АКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТИЛЯПІЇ ЗА УМОВ ОПТИМІЗАЦІЇ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

Ларжевська Т.О. – аспірант

orcid.org/0009-0005-4012-0618

Херсонський державний аграрно-економічний університет

tatyanalar77@gmail.com

Здійснено дослідження загального функціонального статусу в організмі тилляпії при її вирощуванні з використанням басейнів рециркуляційної аквакультуральної системи. Проведений порівняльний аналіз ефективності впливу різної природи чинників (в якості кормового елементу та технологічного при вирощуванні) в загальній схемі підрощення та вирощування тилляпії. Експериментальним шляхом обґрунтовано доцільність використання технологічних чинників для тилляпії з метою поліпшення їх загальних фізіологічних процесів та підвищення в організмі рівня резистентності до інших чинників, які потенційно можуть викликати стрес або погіршувати онтогенез тилляпії. Здійснено комплексна оцінка умов вирощування для удосконалення фізіологічних, біохімічних, зоотехнологічних показників.

Встановлено практична цінність отриманих результатів щодо використання системи оптимізації вирощування тилляпії. в експериментальній групі тилляпії відрізнялась вищими темпами зростання, кращими функціонально-активними параметрами крові та більш ефективним використанням кормового ресурсу. Експериментальним шляхом встановлено, що використання системи біофлок при вирощуванні тилляпії сприяє поліпшенню загального стану водного середовища. В експериментальній групі у тилляпії зафіксовано вищі темпи розвитку та загальний стан організму, ніж в контрольній групі. Використання біофлоку сприяло поліпшенню гідрохімічних параметрів, особливо зменшенню вмісту амонію

Ріст та розвиток тилляпії у групі з біофлоком був на 16% вищим, а коефіцієнт конверсії корму кращим на 5% порівняно з контрольною групою. Презентовані результати досліджень надають підстави рекомендувати використання природних елементів при підгодівлі тилляпії та використання біофлоку при вирощуванні тилляпії. Система біофлоку може бути ефективним біологічним підходом при проведенні оптимізації вирощування тилляпії в умовах рециркуляційної аквакультуральної системи, забезпечуючи підвищену продуктивність та здоров'я риб. Одним із наступних кроків науково-дослідної роботи є аналіз якості м'яса (філе) тилляпії за умов використання різних технологічних чинників.

Ключові слова: тилляпія, рециркуляційна аквакультуральна система, технологічні чинники, біологічні, фізіологічні, біохімічні, зоотехнологічні показники.

Постановка проблеми. Задоволення потреб населення в рибній продукції залишається складним, в першу чергу, через не раціональну та надмірну експлуатацію доступних запасів ресурсів. Останні наукові та практичні роботи підкреслюють важливість питання якісних характеристик продукції аквакультури. Вектор має домінуючі позиції для споживачів [1,8]. Галузь аквакультури, рибного господарства з кожним роком стає однією з провідних та альтернативних для вирішення національних та світових питань подолання голоду для населення всіх країн та зменшення дефіциту споживання тваринного білка [16]. Ефективність введення сучасних технологій до карти виробництва продукції аквакультури залежить від біологічно-господарських особливостей об'єктів, яких вирощують.

Вирощування тепловодного об'єкта аквакультури – тилapia може стати одним із вирішень окреслених питань. Її біологічні характеристики надають можливість досягнути отримання якісного філе з повноцінним хімічним складом відносно за оптимальний період. Важливо звертати увагу не лише на якість годівлі, а й на якість водного середовища [5,18]. Оскільки швидке накопичення залишків корму, органічних речовин, а також токсичних неорганічних форм азоту є важливими аспектами, які потрібно враховувати. Повністю неможливо уникнути таких явищ, оскільки організм тилapia зберігає від 20 до 30 % поживних речовин корму. Решта виводиться з організму та зазвичай накопичується у водному середовищі вирощування гідробіонтів [18]. В результаті, галузь аквакультури в контексті інтенсивних технологій, оптимізаційних заходів має передбачати ризик погіршення якості води (високі ГДК продуктів-метаболітів) та низьке використання корму тилapia (високий водообмін, несприятливі інші чинники). Питання набуває актуальності в аквакультурі та практичної цінності за даним напрямом досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Чимало досліджень підверджують ефективність використання оптимізації умов годівлі, вирощування з використанням «екологічних» або наближених до них компонентів (це може бути фітопрепарати, природні речовини, мікрододорості тощо) [9,10,11,14]. Відомо, що при вирощуванні гідробіонтів у РАС (рециркуляційні аквакультуральні системи, басейни) важливо враховувати процеси гідрохімії, фільтрації [13,17].

При виборі об'єкту культивування у прісноводній аквакультурі тилapia *Oreochromis*, на сьогодні завойовує увагу, має ряд переваг. Автори відмічають в дослідження такі переваги: це безперервний тип розмноження, за оптимальних умов нерест відбувається інтервально (45-60 діб), раннє статеве дозрівання (від 3 до 7 міс.), можливість щорічного отримання нащадків в умовах РАС тощо. Основними факторами, що впливають на показники росту тилapia автори відмічають склад (ЗГР), якість корму, гене-

тична варіація, щільність посадки, швидкість годівлі, частота годівлі та якість води. Якість води також впливає на процеси травлення, ріст, захворювання та виживання. Для кращих показників росту тиліяпії у системі культивування корм повинен містити оптимальну кількість білка, ліпідів, вуглеводів, вітамінів та мінералів. Тому підгодівля та пошук альтернативних джерел протеїну є актуальним. Більшість авторів відмічають про актуальність таких досліджень та акцентують увагу на природних компонентах та врахуванні особливостей фізіології [3,12,15,16].

Більшість досліджень в галузі аквакультури націлені на розвиток аспектів органічного виробництва продукції та використання енергозберігаючих технологій еко-спрямування зі зменшенням впливу на навколишнє середовище [15]. В літературних джерелах автори відмічають, що удосконалення елементів вирощування гідробіонтів, якості продукції та врахування зменшення тиску на екосистему має світовий рівень є актуальним та набуває практичної цінності, продовольчого рівня [7,15]. Сучасним питанням є використання Біофлоку як джерела органічних сполук, фітостеролів та антибактеріальних речовин [2,4]. Дослідження підтверджують позитивний вплив не лише на гідрохімію середовища, де вирощують гідробіонтів, а й на імунні властивості. В літературі відмічають автори, що цінність біофлоку як компонента оптимізації умов вирощування гідробіонтів змінюються залежно від умов навколишнього середовища, використання вуглецю, кількості зважених речовин, відсотка солоності, а також від освітлення, бактеріальних параметрів [4].

Сьогодні, як і останні роки членами FAO активно відбувається реалізація поставленої мети: забезпечити більш ефективне управління аквакультурою та розширити її вплив на економіку і суспільство на світовому рівні з відповідним формуванням екосистемного підходу [6,15].

Мета дослідження полягала у проведенні експериментального дослідження та порівняльного аналізу оптимізації умов вирощування тиліяпії.

В кожній групі об'єктом дослідження була тиліяпії. Було сформовано групи експерименту: Контроль та Експеримент. Вирощували тиліяпію в рециркуляційних системах (РАС). Аналізи гідрохімічного стану водного середовища здійснювали шляхом систематичного відбору проб в у відповідності до загальноприйнятих методик в умовах лабораторії водних біоресурсів та аквакультури ХДАЕУ сумісно з практичною базою ферми [18,20].

Визначали швидкість розвитку тиліяпії шляхом зважування та розрахунку швидкості росту, приріст маси тиліяпії. Контролювали відсоток виживання риби впродовж всього періоду експерименту шляхом розрахунку кількості риби на початку та наприкінці дослідження. Оцінку промірів здійснювали за загальною схемою вимірів (рис. 1).

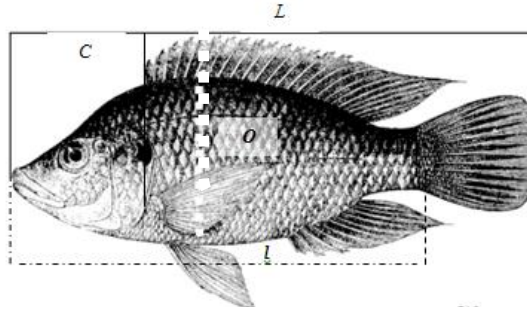


Рис. 1. Схема вимірів основних морфо-метричних показників тиліяпії*

*для зображення основних промірів була використана модель тиліяпії роду *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852)

Вимірювання проводилося за допомогою мірної стрічки та лінійки з точністю до 0,1 см. Масу тіла тиліяпії визначали на електронних терезах з точністю до 1г. Морфо-метричну оцінку проводили з використанням розрахунку індексів (*I*) тілобудови на основі здійснених промірів.

$$I_{\text{компактності}} = (O/L) * 100\% \quad (1.1)$$

O – обхват тіла, см, L – велика довжина тіла, см.

$$I_{\text{великоголовості}} = (C/L) * 100\% \quad (1.2)$$

C – ширина голови риби, см.

$$I_{\text{висоти тіла}} = (l/L) * 100\% \quad (1.3)$$

l – велика довжина тіла, см; L – велика довжина тіла, см.

$$I_{\text{прогонисті}} = (L/H) * 100\% \quad (1.4)$$

H – висота тіла риби, см.

Коефіцієнт вгодованості за Фультоном розраховували наступним чином:

$$K_6 = \frac{m}{l^3} * 100 \quad (1.5)$$

m – маса тіла риби, г; l – довжина тіла, см.

Для вивчення ефективності біофлоку в акваріумах об'ємом 200 л розміщували тиліяпію, яку годували 35 % ЗГР протеїну в експерименті, який позначено, як Б (з біофлоком) та 35 % в Контролі (К) без біофлоку.

Вуглеводно-азотне співвідношення 15:1, корм вносили в кожному акваріумі в кількості 1,5 % від загальної біомаси риби щодня гетеротрофних процесів. Враховували процеси перетворення залишків (біовідходів) на біофлок як природного корму у системі. Забезпечували постійну аера-

цію, підтримку джерела вуглецю (додавали для підтримки оптимального співвідношення C : N в якості субстрату органічної речовини для аеробного процесу).

В рециркуляційній аквакультуральній системі (РАС) підтримували температуру води: 27,3 – 29,1°C, ЩП (щільність посадки 20 екземплярів в кожному резервуарі). Дотримувались вимог та правил “Європейської конвенції захисту хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей” (Страсбург, 1986). При аналізі результатів значення відмінностей між вибірками оцінювали за допомогою ANOVA, відмінності вважалися достовірними при $P < 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення. Середня температура води (28°C, діапазон 26–30°C), концентрація розчиненого кисню від 6,2 до 7,3 мг/л, рН (6,7 діапазон 5,0–8,5) були в межах діапазону для тепловодних. Лужність була стабільною в контрольній групі (18–27 мг/л), а в експерименті з біофлоком зафіксували перепади (від 8 до 90 мг/л). Дослідження складу крові, швидкості розвитку показали результати позитивного впливу на склад крові біофлоку (Рис. 3-4).

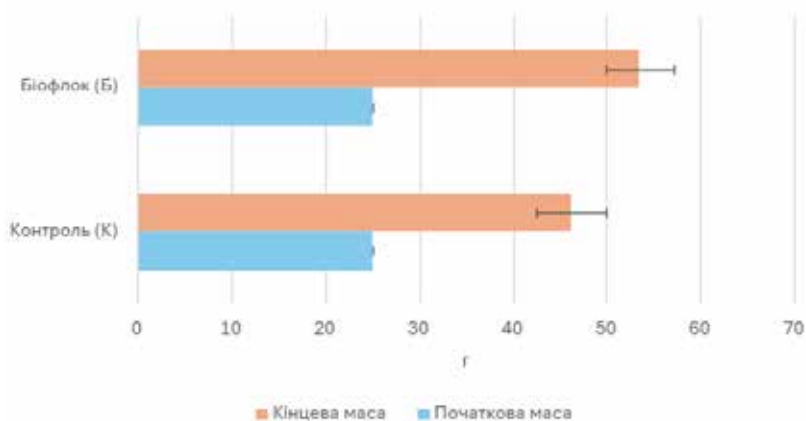


Рис. 2. Порівняльний аналіз темпів зростання тилapia за умов використання біофлоку та контрольної групи

Проведення дослідження показало, що використання біофлоку сприяло поліпшенню гідрохімічних параметрів в цілому при впровадженні його до системи. В роботах науковців за даною тематикою цей факт знаходить підтвердження, особливо зменшенню вмісту амонію та нітритів, що є критичними для здоров'я риб. Технологічні рішення щодо системи біофлоку ефективно циклізують азот (включно з токсичними формами), що дозволяє підтримувати стабільну якість води й оптимізувати середовище для тилapia [25].

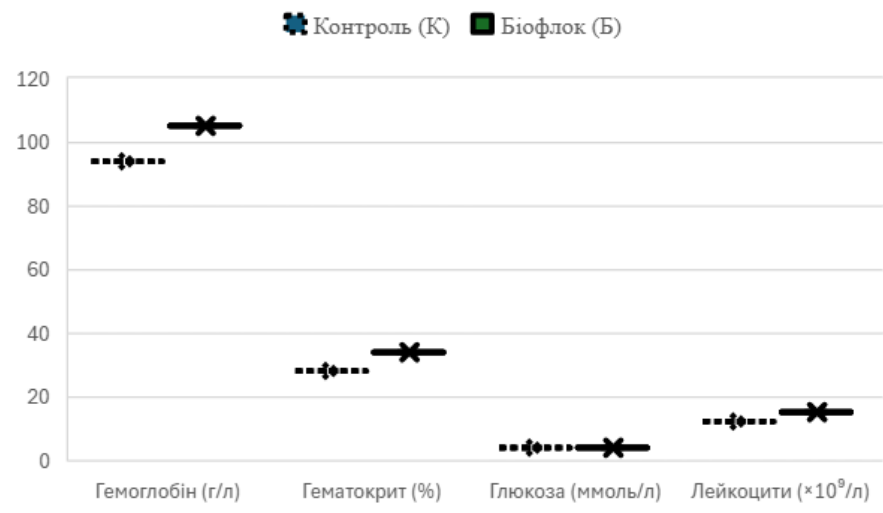


Рис. 3. Порівняльний аналіз розвитку тиліяпії за складом крові за умов використання біофлоку та контрольної групи

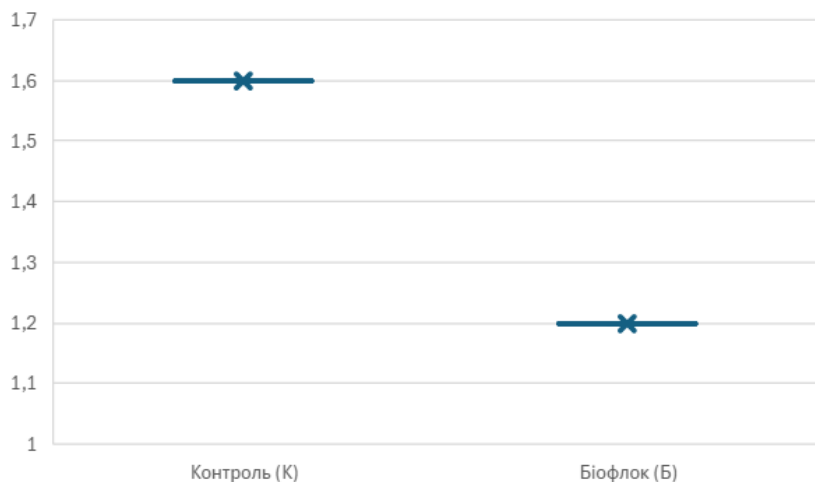


Рис. 4. Порівняльний аналіз конверсії корму у тиліяпії за умов використання біофлоку та контрольної групи

Результати проведених експериментальних досліджень демонструють, що ріст та розвиток тиліяпії у групі з біофлоком був на 16% вищим, а коефіцієнт конверсії корму кращим на 5% порівняно з контролем. Базуючись на отриманих результатах, можна відмітити, що такий ефект був зафіксований при проведенні експериментів в інших наукових роботах.

Зокрема, відбувалось поліпшення ефективності використання організмом тиліпії корму та стимулювався її розвиток [21, 22].

Гематологічні показники вказують на покращення загального фізіологічного стану риб експериментальної групи (Рис. 3). За умов використання технології біофлок відбувалось покращення кисневої функції крові, в межах норми збільшувалась кількість еритроцитів та вміст гемоглобіну у тиліпії. В наукових роботах інших авторів підтверджується такий ефект позитивного впливу на загальний фізіологічний стан організму тиліпії також через зміни по показникам гомеостазу. Автори також відмічають, що гематологічні показники (еритроцити, лейкоцити, гематокрит тощо) у тиліпії при використанні елементів біофлоку сприяють покращенню фізіологічного стану у риб. Але ж при цьому, науково цікавим є факт фіксування відсутності значної різниці за швидкістю розвитку тиліпії [23, 24]. Натомість, в наших дослідженнях така різниця була встановлена з акцентом на найкращий показник в експериментальній групі (Рис. 2). В свою чергу, що свідчить про актуальності продовження експериментальних досліджень за тематикою.

Система біофлоку може бути ефективним біологічним підходом до оптимізації вирощування тиліпії в умовах РАС, забезпечуючи підвищену продуктивність та здоров'я риб. Крім того, що біофлок в системі вирощування тиліпії поліпшує загальний розвиток, впливає на виживаність, а також на активність травних ферментів у тиліпії, що узгоджується з результатами інших авторів [23,24], він підтримує стабільні гідрохімічні параметри, знижують рівні токсичних форм азоту (амоній, нітрити) [26].

Оптимізація умов годівлі тиліпії за рахунок природних компонентів вплинула позитивно на організм риб (Рис. 5)

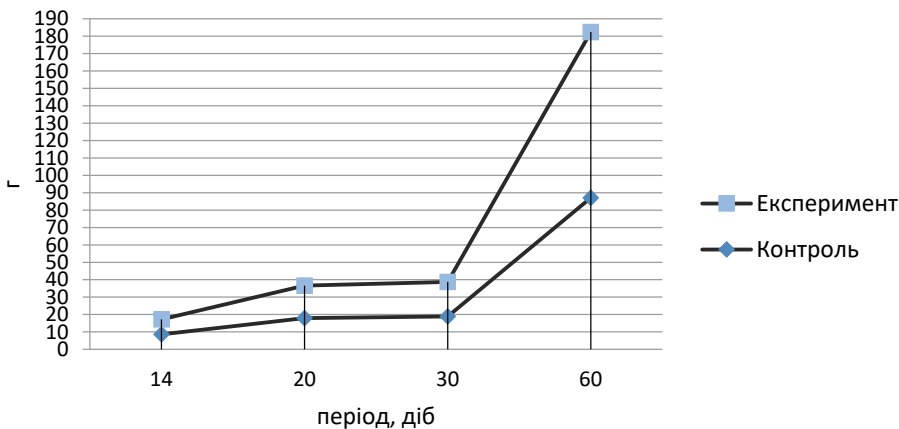
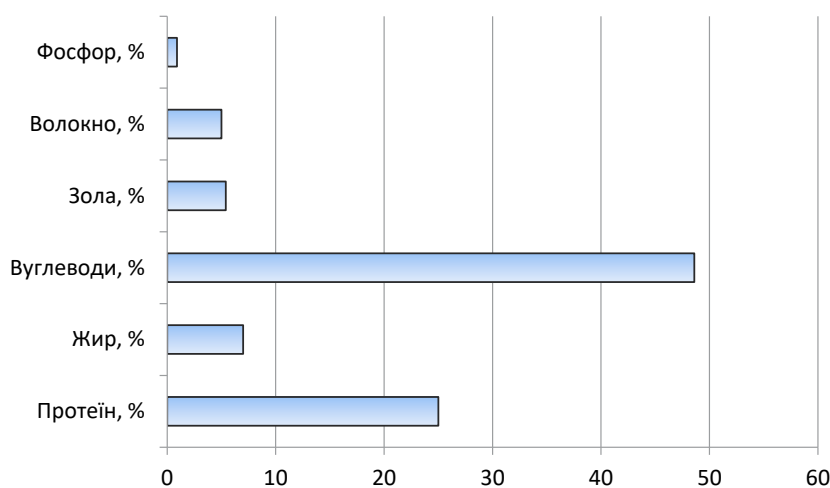


Рис. 5. Дослідження швидкості росту тиліпії в онтогенезі при підгодівлі, $M \pm m$, $n=15$

Якщо проаналізувати параметри росту тиліяпії, отримаємо наступні результати: активний розвиток спостерігався в період з 14 до 20 добового віку більше, ніж удвічі. Ймовірно, можна пояснити активацією фізіолого-біохімічних процесів. Різниця за масою тіла між двома видами тиліяпії складала 4,5 % та 4,7 % і 9,4 %.

Виходячи з представлених даних більш активного темпу розвитку тиліяпії з експерименту. Індекс компактності в контролі був 63, в експерименті 64,6%; індекс великоголовості – в контролі 24,2%, в експерименті вище і дорівнював 25,8%; індекс висоти тіла та прогонисті: 27,4 та 28,3%, а також 3,1 та 3,12 % відповідно.

Результати аналізу складу продукційного корму для тиліяпії продемонстровано на рис. 6.



*Рис. 6. Аналіз складу продукційного корму для тиліяпії
(Енергетична цінність, МДж 17,8; Енергія, що засвоюється, МДж12,5)*

Гідрохімічний моніторинг басейнів РАС показав відповідність рекомендованим параметрам. Найкращий режим був ефективним, оскільки механічна фільтрація комбінувалась з біологічною фільтрацією, яка ефективно видаляє органіку з відпрацьованої води. Впродовж всього періоду дослідження гідрохімічні та фізико-хімічні показники не перевищували допустимі ГДК для тиліяпії.

Результати вивчення динаміки змін амонію (NH_4^+) та нітритів (NO_2^-) у водному середовищі представлені у вигляді рисунків 7 та 8.

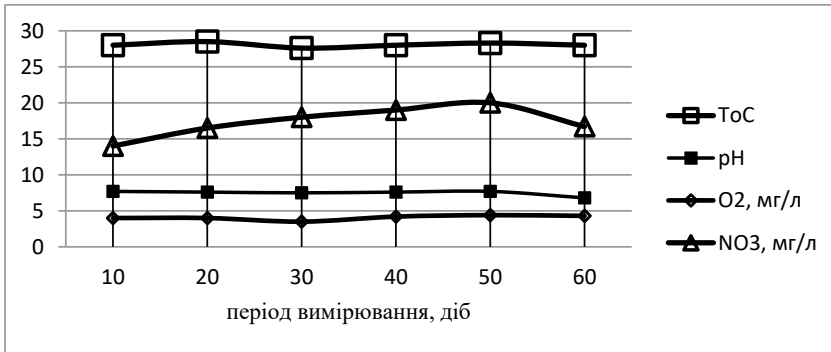


Рис. 7. Результати вивчення гідрохімічного режиму вирощування тилapia у РАС

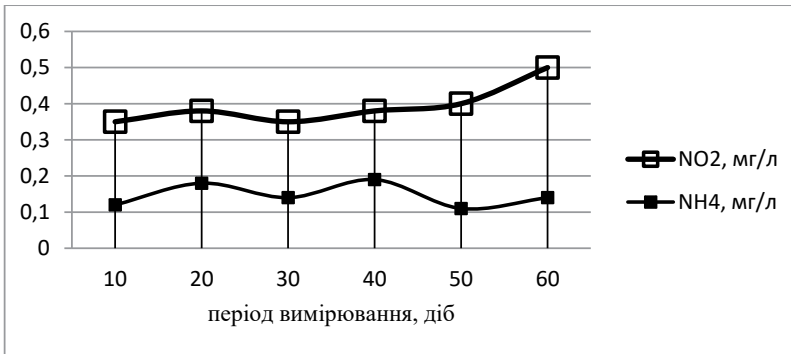


Рис. 8. Вивчення параметра амонію та нітратів водного середовища РАС при вирощуванні тилapia в полікультурі в аспекті часового простору

Висновки та пропозиції. Система з елементами біофлоку покращує ріст та розвиток тилapia. Покращення росту може пояснюватись кращою якістю води та безперервним виробництвом біофлорів з раціональним перерозподілом ресурсів. Різниця за масою тіла тилapia – 4,5 та 9,4 %. Індекси тілобудови тилapia в контролі були меншими, ніж в експерименті. В умовах РАС тилapia краще розвивалась при підгодівлі та з використанням біофлоку. Покращений гідрохімічний режим в експериментальній групі.

RESEARCH OF FUNCTIONAL-ACTIVE PARAMETERS OF TILAPIA UNDER OPTIMIZATION OF GROWING CONDITIONS

Larzhavska T.O. – PhD

orcid.org/0009-0005-4012-0618

Kherson State Agrarian and Economic University

tatyanalar77@gmail.com

A study of the general functional status in the body of tilapia during its cultivation using pools of a recirculating aquaculture system was carried out. A comparative analysis of the effectiveness of the influence of various natures of factors (as a feed element and technological during cultivation) in the general scheme of tilapia growth and cultivation was carried out. The feasibility of using technological factors for tilapia in order to improve their general physiological processes and increase the body's level of resistance to other factors that can potentially cause stress or worsen tilapia ontogenesis was experimentally substantiated. A comprehensive assessment of cultivation conditions was carried out to improve physiological, biochemical, zootechnological indicators.

The practical value of the results obtained in the use of the tilapia cultivation optimization system was established. In the experimental group, tilapia was distinguished by higher growth rates, better functional and active blood parameters and more efficient use of feed resources. It was experimentally established that the use of the biofloc system in tilapia farming contributes to the improvement of the general condition of the aquatic environment. In the experimental group, tilapia recorded higher rates of development and general condition of the organism than in the control group. The use of biofloc contributed to the improvement of hydrochemical parameters, especially the reduction of ammonium content.

The growth and development of tilapia in the biofloc group was 16% higher, and the feed conversion ratio was 5% better compared to the control group. The presented research results provide grounds to recommend the use of natural elements in tilapia feeding and the use of biofloc in tilapia farming. The biofloc system can be an effective biological approach in optimizing tilapia farming in a recirculating aquaculture system, ensuring increased productivity and fish health. One of the next steps in the research work is the analysis of the quality of tilapia meat (fillet) under the conditions of using various technological factors.

Key words: tilapia, recirculating aquaculture system, technological factors, biological, physiological, biochemical, zootechnological indicators.

ЛІТЕРАТУРА

1. Averchev O.V., Bidnyna I.O., Bondar O.I., Boyarkina L.V. Ecohydrological investigation of plain river section in the area of small hydroelectric power station influence: current state, challenges and prospects for research in natural sciences: collective monograph / Lviv-Toruń. Liha-Pres, 2019. P. 135–154.

2. Avnimelech Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*. 2007. Vol. 264, № 1 (4). P. 140–147 doi:10.1016/j.aquaculture.2006.11.025
3. Bilan M.V., Lieshchova M.A., Brygadyrenko V.V. Impacts on gut microbiota of rats with high-fat diet supplemented by herbs of *Melissa officinalis*, *Lavandula angustifolia* and *Salvia officinalis*. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2023. Vol. 14, № 2. P. 155–160. doi:10.15421/022323
4. Biofloc Technology. (n.d.). 2024. Retrieved from URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Biofloc_Technology (дата звернення 01.09.2025).
5. Boucetta S., Honcharova O., Kharfouchi S., Chala A., Aouati K., Can E. Assessment of food quality and antibiotic residue toxicity in Florida red tilapia *Oreochromis sp.* exposed to erythromycin. *Global NEST Journal*. 2025. Vol.3. <https://doi.org/10.30955/gnj.07073>
6. Guerriero G., Garcia G. Stress biomarkers and reproduction in fish. *Fish environ*. 2018. Vol. 2. P. 665–692
7. Honcharova O. V., Paraniak R. P., Hutyi B. V. Functional state of the body of freshwater fish under the influence of abiotic factors. Scientific Bulletin of S. Z. Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology: Series: *Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 21, № 90. P. 82–89 <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9014>
8. Honcharova O., Bekh V., Glamuzina B. Physiological and biochemical aspects of the carp organism in conditions of increasing their viability when stocking water bodies. *Animal Science and Food Technology*. 2023. Vol. 14, № 2. P. 28–43. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2023.28>
9. Honcharova O., Bekh V. Increase of resistance and improvement of adaptation and compensatory mechanisms of the body of juvenile fish under conditions of multitrophic aquaculture. *Animal Science and Food Technology*. 2024. Vol. 15, № 3. P.9-29 <https://doi.org/10.31548/animal.3.2024.09>
10. Honcharova O., Kutishchev P. Scientific and practical analysis of the state of the natural feed base in ponds of southern Ukraine under conditions of transformation of abiotic and biotic factors: monographe / Germany, 2023. P. 96-113 <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-24-03-008>
11. Mahmoud A., Ayman E.T., Ahmed N., El-Tarabily K., Mohamed E.A. El-H. Nutritional applications of species of *Spirulina* and *Chlorella* in farmed fish: A review. *Aquaculture, Volume*. 2021. Vol. 542. P. 736841 doi: <https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2024.146>
12. Pratiwy F.M., Pratiwi D.Y. The potentiality of microalgae as a source of DHA and EPA for aquaculture feed: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 2020. Vol. 8, № 4. P. 39-41.
13. Ringo E., Olsen R.E., Gifstad T.Ø., Dalmo R.A., Amlund H., Hemre G.- I., Bakke A.M. Prebiotics in aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition*. 2010. Vol. 16. P. 117-136. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00731.x>

14. Zazharskyi V.V., Davydenko P.O., Kulishenko O.M., Borovik I.V., Brygadyrenko V.V. Antimicrobial activity of 50 plant extracts. *Biosystems Diversity*. 2019b. Vol. 27, № 2. P. 163–169. doi: <https://doi.org/10.15421/011922>
15. Гончарова О.В. Синергічний ефект мультитрофності моделі аквакультури екологічно-безпечного спрямування. *Таврійський вісник*. 2024. № 140. С. 541–549 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.67>
16. Гончарова О.В. Аспекти нейрогуморальної регуляції функціональної активності організму риб за умов впливу абіотичних та біотичних чинників (огляд). *Рибогосподарська наука України*. 2023. № 2 (64). С. 83–108. <https://doi.org/10.15407/fsu2023.02.083>
17. Гриневич Н.Є. Вміст нітрифікуючих мікроорганізмів у воді реактора біофільтра установки замкнутого водопостачання за використання різних типів наповнювача. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2017. № 82. С. 184–187
18. Дехтярьов П. А., Євтушенко М. Ю., Шерман І. М. Фізіологія риб: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2014. 315 с.
19. Євтушенко М.Ю. Методологія та організація наукових досліджень: навчальний посібник. Київ: Центр навчальної літератури, 2020. 350 с.
20. Шерман І.М., Гончарова О.В. Еколого-фізіологічні основи акліматизації гідробіонтів: підручник. Херсон: Олді+, 2022. 130с.
21. Khanjani M. H., Alizadeh M., Mohammadi M., Sarsangi Aliabad H. Biofloc system applied to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) farming using different carbon sources: Growth performance, carcass analysis, digestive and hepatic enzyme activity. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 2021. 20(2), P. 490–513. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2021.123873>
22. Hwihy H., Zeina A., Abu Husien M., Eldamhougy K. Impact of Biofloc technology on growth performance and biochemical parameters of *Oreochromis niloticus*. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*. 2021. 25(5), P. 149–159.
23. Widanarni A., Ekasari J., Maryam S. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *Hayati Journal of Biosciences*. 2012. 19(2), P. 73–80. <https://doi.org/10.4308/hjb.19.2.73>
24. Stickney R. R., & Gatlin D. M. *Aquaculture: an introductory text*. Wallington, UK Cabi. 2022. 331.
25. Blatt T. L. S., et al. Environmental sustainability of Nile tilapia reared in a biofloc technology (BFT) system: dynamics of total carbon, nitrogen, phosphorus and production indicators. *Sustainability*. 2024. 17(13), P. 5670. <https://doi.org/10.3390/su17135670>

26. Sallam G.R., El Basuini M.F., Alhoshy M. *et al.* Strategic application of biofloc technology for optimizing physiological homeostasis and reproductive efficiency in red tilapia (*Oreochromis* spp.) broodstock under long-term rearing conditions. *Aquaculture International*. 2025. 33, P. 464. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-02141-2>

REFERENCES

1. Averchev, O.V., Bidnyna I.O., Bondar, O.I., & Boyarkina, L.V. (2019). Ecohydrological investigation of plain river section in the area of small hydroelectric power station influence. Current state, challenges and prospects for research in natural sciences: collective monograph: Lviv-Torun: Liha-Pres. <https://doi.org/10.36059/978-966-397-156-8/135-154>
2. Avnimelech, Y. (2007). Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*. Vol. 264, 1 (4), P. 140–147 doi:10.1016/j.aquaculture.2006.11.025
3. Bilan, M.V., Lieshchova, M.A., & Brygadyrenko, V. V. (2023). Impacts on gut microbiota of rats with high-fat diet supplemented by herbs of *Melissa officinalis*, *Lavandula angustifolia* and *Salvia officinalis*. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. Vol. 14, 2, P. 155–160. doi:10.15421/022323
4. Biofloc Technology. (n.d.). 2025. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Biofloc_Technology (01.09.2025)
5. Boucetta, S. Honcharova, O. Kharfouchi, S. Chala, A. Aouati, K., & Can, E. (2025). Assessment of food quality and antibiotic residue toxicity in *Florida red tilapia Oreochromis sp* exposed to erythromycin. *Global NEST Journal*. Vol. 3. <https://doi.org/10.30955/gnj.07073>
6. Guerriero, G., & Garcia, G. (2018). Stress biomarkers and reproduction in fish. *Fish environ*. Vol. 2, P. 665–692
7. Honcharova, O.V., Paraniak, R.P., & Hutyi, B.V. (2019). Functional state of the body of freshwater fish under the influence of abiotic factors. *Scientific Bulletin of S. Z. Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology*. Vol. 21 (90), P. 82–89 <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9014>
8. Honcharova, O., Bekh, V., & Glamuzina, B. (2023). Physiological and biochemical aspects of the carp organism in conditions of increasing their viability when stocking water bodies. *Animal Science and Food Technology*. Vol. 14 (2), P. 28–43. <https://doi.org/10.31548/animal.2.2023.28>
9. Honcharova, O., & Bekh, V. (2024). Increase of resistance and improvement of adaptation and compensatory mechanisms of the body of juvenile fish under conditions of multitrophic aquaculture. *Animal Science and Food Technology*, Vol. 15 (3), P. 9-29 <https://doi.org/10.31548/animal.3.2024.09>

10. Honcharova, O., & Kutishchev, P. (2023). Scientific and practical analysis of the state of the natural feed base in ponds of southern Ukraine under conditions of transformation of abiotic and biotic factors: monographic / Germany. P. 96-113 <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2023-24-03-008>
11. Mahmoud, A., Ayman, E.T., Ahmed, N., El-Tarabily K., & Mohamed, E.A. El-H. (2021). Nutritional applications of species of *Spirulina* and *Chlorella* in farmed fish: A review. *Aquaculture*. Vol. 542, 736841. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736841>
12. Pratiwy, F.M., & Pratiwi, D.Y. (2020). The potentiality of microalgae as a source of DHA and EPA for aquaculture feed: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. Vol. 8 (4), P. 39-41.
13. Ringo, E., Olsen R.E., Gifstad, T.Ø., Dalmo, R.A., Amlund, H., Hemre, G.-I. & Bakke, A.M. (2010). Prebiotics in aquaculture: a review. *Aquaculture Nutrition*. 16, P. 117-136. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00731.x>
14. Zazharskyi, V.V., Davydenko, P.O., Kulishenko, O.M., Borovik, I.V., & Brygadyrenko, V.V. (2019b). Antimicrobial activity of 50 plant extracts. *Biosystems Diversity*. Vol. 27 (2), P. 163–169. doi: <https://doi.org/10.15421/011922>
15. Honcharova, O.V. (2023). Aspekty neirohumoralnoi rehuliacii funktsionalnoi aktyvnosti orhanizmu ryb za umov vplyvu abiotychnykh ta biotychnykh chynnykiv (ohliad). [Aspects of neurohumoral regulation of the functional activity of the fish organism under the influence of abiotic and biotic factors (review)]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*. Vol. 2 (64), P. 83-108. doi: <https://doi.org/10.15407/fsu2023.02.083> [in Ukrainian]
16. Honcharova, O. (2024). Synerhichnyi efekt multyτροφnosti modeli akvakultury ekolohichno-bezpechnoho spriamuvannia. [Synergistic effect of multitrophicity of the ecologically safe aquaculture model]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*. Vol. 140, P. 541-549. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.67> [in Ukrainian]
17. Hrynevych, N.Ie. (2017). Vmist nityfikuiuchykh mikroorhanizmiv u vodi reaktora biofiltra ustanovky zamknutoho vodopostachannia za vykorystannia riznykh typiv napovniuvacha. [The content of nitrifying microorganisms in the water of the reactor biofilter installation of closed water supply for the use of different types of filler]. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Vol. 19 (82), P. 184–187. [in Ukrainian]
18. Dekhtiarov, P.A., Yevtushenko, M. Yu., & Sherman, I. M. (2014). *Fiziolohiia ryb: pidruchnyk*. 315. [Physiology of fish: a textbook]. Kyiv: Ahrarna osvita [in Ukrainian]
19. Yevtushenko, M.Iu. (2020). *Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen: navch. posib*. [Methodology and organization of scientific research a textbook]. Kyiv: Tsentr navchalnoi literatury [in Ukrainian]

20. Sherman, I.M., & Honcharova, O.V. (2022). *Ekoloho-fiziolohichni osnovy aklimatyzatsii hidrobiontiv: navch.posib.* [Ecological and physiological bases of acclimatization of hydrobionts: a textbook]. Kherson: Oldi+ [in Ukrainian]
21. Khanjani, M. H., Alizadeh, M., Mohammadi, M., & Sarsangi Aliabad, H. (2021). Biofloc system applied to Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) farming using different carbon sources: Growth performance, carcass analysis, digestive and hepatic enzyme activity. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(2), P. 490–513. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2021.123873>
22. Hwihiy, H., Zeina, A., Abu Husien, M., & Eldamhougy, K. (2021). Impact of Biofloc technology on growth performance and biochemical parameters of *Oreochromis niloticus*. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 25(5), P. 149–159.
23. Widanarni, A., Ekasari, J., & Maryam, S. (2012). Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *Hayati Journal of Biosciences*, 19(2), P. 73-80. <https://doi.org/10.4308/hjb.19.2.73>
24. Stickney, R. R., & Gatlin III, D. M. (2022). *Aquaculture: an introductory text*. Wallington, UK Cabi. 331.
25. Blatt, T. L. S., et al. (2025). Environmental sustainability of Nile tilapia reared in a biofloc technology (BFT) system: dynamics of total carbon, nitrogen, phosphorus and production indicators. *Sustainability*, 17(13), P. 5670. <https://doi.org/10.3390/su17135670>
26. Sallam, G.R., El Basuini, M.F., Alhoshy, M. et al. (2025). Strategic application of biofloc technology for optimizing physiological homeostasis and reproductive efficiency in red tilapia (*Oreochromis* spp.) broodstock under long-term rearing conditions. *Aquaculture International*, 33, P. 464. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-02141-2>

Дата першого надходження рукопису до видання: 22.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

УДК 639.3:338.439.5(477.52)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.5>

АКВАКУЛЬТУРА СУМЩИНИ: АНАЛІЗ ЛАНЦЮГА ДОДАНОЇ ВАРТОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

¹Михалко О.Г. – доктор філософії, доцент

orcid.org/0000-0002-0736-2296

¹Вечорка В.В. – д.с.г.н., професор

orcid.org/0000-0003-4956-2074

²Бєдункова О.О. – д.б.н., професор

orcid.org/0000-0003-4356-4124

³Коломійцева О.М. – к.с.г.н., доцент

orcid.org/0000-0002-0697-7715

⁴Вербельчук Т.В. – к.с.г.н., доцент

orcid.org/0000-0001-7334-4507

⁴Вербельчук С.П. – к.с.г.н., доцент

orcid.org/0000-0002-1136-5617

⁴Кобернюк В.В. – к.с.г.н., доцент

orcid.org/0000-0001-7037-8269

⁴Лавринюк О.О. – к.с.г.н., доцент

orcid.org/0000-0003-3145-3689

³Горчанок А.В. – к.с.г.н., доцент

orcid.org/0000-0003-0103-1477

¹Сумський національний аграрний університет

²Національний університет водного господарства та природокористування

³Дніпровський державний аграрно-економічний університет

⁴Поліський національний університет

snau.cz@ukr.net

Мета дослідження полягала у систематизації та критичному аналізі наукових джерел і практичних даних щодо формування ланцюга доданої вартості у прісноводній аквакультурі Сумської області на рівні дрібних виробників та домогосподарств задіяних в галузі. Особливу увагу приділено виявленню ключових факторів, що впливають на ефективність виробництва, логістику, переробку та збут рибної продукції в регіоні. Було оцінено кризові явища в галузі, які проявилися в різкому зниженні обсягів вилову водних біоресурсів, обумовленому військово-політичними подіями, деградацією інфраструктури, екологічними викликами та обмеженим доступом до інвестицій і технологій. Крім того, галузь характеризується низьким рівнем переробки, недостатнім охопленням сучасних маркетингових стратегій і обмеженою логістичною інфраструктурою. Методика дослідження включала аналіз статистичних даних, опитування малих виробників риби в регіоні, маркетингове дослідження споживчих переваг, картографування ланцюга доданої вартості, а також теоретичне узагальнення та порівняння практик з міжнародним досвідом. Застосовано комплексний міждисциплінарний

підхід для виявлення «вузьких місць» у регіональному ланцюзі доданої вартості. Результати дослідження свідчать, що більшість суб'єктів аквакультури у Сумській області є малими домогосподарствами, зосередженими переважно на ставковому рибористві. Основні витрати припадають на корми, логістику та закупівлю мальків. Переробка продукції, зберігання, брендинг та просування на ринок реалізуються вкрай обмежено, що знижує рентабельність. Водночас аквакультура має високий потенціал зростання, зокрема шляхом кооперації, впровадження сучасних технологій очищення води, інтенсивного рибориства, автоматизації та екологічної сертифікації. Системне покращення ланцюга доданої вартості у регіоні можливе за умови стратегічної підтримки держави, модернізації та розвитку переробної та логістичної інфраструктури. Дослідження має практичне значення для розробки регіональних програм підтримки аквакультури, підвищення конкурентоспроможності малих виробників та формування ефективної політики у сфері продовольчої безпеки.

Ключові слова: аквакультура, додана вартість, рибориство, переробка риби, виробництво риби.

Постановка проблеми. Прісноводна аквакультура постає сьогодні як один із перспективних секторів агропромислового комплексу України, відіграючи ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки країни та сприяючи сталому економічному розвитку сільських територій. У контексті глобальних викликів, пов'язаних зі зростанням населення та вичерпанням природних рибних запасів, світовий попит на рибопродукцію невпинно зростає, і аквакультура є ефективним інструментом для задоволення цього попиту. Вона пропонує не тільки високоякісний білковий продукт, але й створює нові робочі місця, диверсифікує сільськогосподарське виробництво та зменшує тиск на дикі популяції риб. Україна, з її значними водними ресурсами – річками, озерами та розгалуженою системою ставків – має колосальний потенціал для інтенсифікації аквакультури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сумська область, розташована у північно-східній частині України, займає особливе місце у цьому потенціалі. Її географічне положення (близькість до кордонів, значні річкові системи, такі як Сейм, Сула, Псел, Ворскла, Удай, та велика кількість озер і ставків) у поєднанні з природно-кліматичними умовами, що сприяють вирощуванню різноманітних видів прісноводних риб, створюють унікальні передумови для інтенсивного розвитку аквакультури [1, с. 33]. Поточний стан рибного господарства в регіоні, хоч і має свої виклики, є важливим компонентом місцевої економіки, надаючи місцевому населенню доступ до свіжої риби та підтримуючи зайнятість у сільських громадах. Однак, попри існуючий потенціал, галузь стикається з низкою проблем, які перешкоджають її повноцінному розвитку та інтеграції у сучасні ринкові умови [2, с. 53; 3].

Для системного вирішення цих проблем та максимізації економічного ефекту від виробництва риби критично важливим є глибоке розу-

міння та аналіз ланцюга доданої вартості (ЛДВ). Концепція ЛДВ охоплює сукупність послідовних етапів, через які продукт проходить від виробництва сировини до моменту, коли він досягає кінцевого споживача [4, с. 526; 5, с. 16]. На кожному з цих етапів – від вирощування рибосадкового матеріалу, відгодівлі та збору врожаю до переробки, логістики, маркетингу, дистрибуції та власне споживання – до продукту додається вартість [6, с. 64; 7]. Детальний аналіз ЛДВ дозволяє ідентифікувати так звані «вузькі місця» – етапи, де ефективність втрачається, витрати зростають непропорційно, або де потенціал для збільшення вартості залишається нереалізованим [8, с. 69; 9]. Виявлення таких критичних точок є фундаментальним для розробки ефективних стратегій, спрямованих на підвищення загальної ефективності галузі, покращення її конкурентоспроможності на внутрішньому та зовнішньому ринках, а також забезпечення її сталого розвитку [10, с. 132; 11, с. 75].

Формування ланцюга доданої вартості у сільському господарстві та аквакультурі має унікальні особливості, що відрізняють його від промислового виробництва [12]. По-перше, виробництво тут тісно пов'язане з біологічним циклом, що зумовлює значну залежність від природних та кліматичних факторів (температура, якість води, погодні умови) і створює високі біоризики (хвороби, шкідники, стихійні лиха), які важко контролювати [13, с. 5; 14, с. 425]. По-друге, часто спостерігається сезонність виробництва, особливо у ставковому рибництві, що впливає на ритмічність надходження сировини до переробних підприємств і вимагає адекватних рішень щодо зберігання та логістики [15, с. 1025]. Продукція аквакультури є «живим» або швидкопсувним товаром, що висуває жорсткі вимоги до умов транспортування та зберігання (температурний режим, насиченість киснем, гігієна) для збереження свіжості, якості та безпечності [16]. Крім того, на ці сектори значно впливає державне регулювання та політика субсидій, які можуть як стимулювати, так і стримувати розвиток окремих етапів ЛДВ. Історично сільське господарство та аквакультура характеризуються високою фрагментацією на початкових етапах виробництва, з домінуванням дрібних та середніх господарств, яким часто бракує ресурсів та можливостей для інтеграції в більш складні ланцюги, що ускладнює стандартизацію продукції та формування великих партій для ефективної переробки та дистрибуції [17; 18, с. 195].

Ключові фактори, що додають вартість в аквакультурі, виходять за рамки простої трансформації фізичної сировини. Вони включають: якість продукції (свіжість, безпечність, поживність, органолептичні властивості), контроль якої є критичним на всіх етапах [19]; форма продукції, де додана вартість значно зростає зі ступенем переробки, дозволяючи реалізувати продукцію глибокої переробки (філе, консерви, копченості, напівфабри-

кати) за вищою ціною завдяки зручності для споживача та довшому терміну зберігання [20]; брендинг та маркетинг, які мають вирішальне значення для створення впізнаваного та привабливого бренду, що дозволяє диференціювати продукцію та встановлювати преміальні ціни [21]; екологічна та соціальна відповідальність, що відкриває нові можливості для додавання вартості через сертифікацію як підтвердження відповідності виробництва високим екологічним та соціальним стандартам [22, с. 432]; а також інновації, що включають впровадження нових технологій вирощування, розробку покращених формул кормів, використання сучасних методів переробки та пакування, а також впровадження систем відстеження продукції, що додають значну вартість та підвищують ефективність ЛДВ [23; 24, с. 627].

На формування ЛДВ активно впливають сучасні тенденції у світовій аквакультурі. До них належать: глобалізація ринків, що збільшує обсяги міжнародної торгівлі та посилює конкуренцію, вимагаючи відповідності міжнародним стандартам якості та безпечності; зростання органічної та екологічної аквакультури як швидко зростаючого сегмента ринку, що відповідає запиту споживачів на здорові та екологічно чисті продукти; фокус на диференціації продукції, де виробники прагнуть відійти від сировинного товару, створюючи унікальні продуктові пропозиції (наприклад, риба, вирощена без антибіотиків, спеціалізовані корми, преміальні бренди); цифровізація та використання великих даних (впровадження IoT, сенсорів, аналізу даних для оптимізації процесів вирощування, логістики та збуту, що підвищує ефективність та зменшує витрати); а також інтеграція в ЛДВ через вертикальну та горизонтальну інтеграцію учасників, що дозволяє зменшити ризики, підвищити контроль якості та оптимізувати витрати [25, с. 408; 26, 193].

Формування ефективних ринкових відносин у будь-якій галузі економіки неможливе без глибокого розуміння процесів, які трансформують сировину у готовий продукт і доставляють його до кінцевого споживача. У цьому контексті концепція ланцюга доданої вартості (ЛДВ) набуває особливої актуальності [27, с. 478; 28, с. 935]. Вперше системно розроблена Майклом Портером у 1985 році, концепція ЛДВ вийшла за рамки простого аналізу витрат, запропонувавши інструмент для стратегічного аналізу діяльності компанії або цілої галузі. Портер розглядав ЛДВ як набір взаємопов'язаних видів діяльності, що створюють вартість [22, с. 430]. Ця вартість є сумою, яку споживачі готові заплатити за продукт або послугу. Згодом ця концепція еволюціонувала, поширившись від аналізу окремої фірми до аналізу цілих галузевих ланцюгів, включаючи взаємодію між різними стейкхолдерами: виробниками, постачальниками, переробниками, дистриб'юторами та споживачами [29; 30].

Ланцюг доданої вартості традиційно поділяється на кілька ключових етапів, кожен з яких значно підвищує цінність кінцевого продукту [31, с. 94]. Ці етапи охоплюють виробництво (первинне створення сировини, наприклад, вирощування рибопосадкового матеріалу та відгодівля риби до товарної маси в аквакультурі); переробку (трансформація сировини у складніші форми продукції, як-от філе, консерви або копчення, що часто включає пакування та маркування); логістику (переміщення продукції між етапами та до споживача, включно з транспортуванням, зберіганням та управлінням запасами); маркетинг та продажі (просування продукції на ринку, формування попиту, ціноутворення та безпосередня реалізація); дистрибуцію (розподіл продукції через оптові та роздрібні мережі); і, нарешті, споживання (безпосереднє використання продукту кінцевим користувачем) [32; 33, с. 428].

Господарства використовують як екстенсивні методи рибництва у природних водоймах, так і інтенсивні технології у спеціалізованих ставкових фермах. В останні роки зростає інтерес до застосування сучасних методів, таких як рециркуляційні системи водопостачання, що дозволяють збільшити продуктивність і мінімізувати екологічні ризики. Важливою особливістю галузі в регіоні є наявність фермерських господарств, які займаються не лише вирощуванням риби, а й переробкою та збутом рибної продукції. Це сприяє збільшенню доданої вартості та розвитку місцевої економіки [35, с. 63; 36, с. 142]. Звичайно, аквакультура Сумської області також стикається з викликами, серед яких знос інфраструктури, необхідність модернізації обладнання та вплив кліматичних змін. Для підтримки розвитку галузі потрібні інвестиції в технології, покращення управління водними ресурсами та підтримка з боку держави.

Мета дослідження полягала в систематизації та критичному аналізі наукових джерел і вивченні поточного стану щодо формування ланцюга доданої вартості в прісноводній аквакультурі Сумської області на рівні дрібних виробників та домогосподарств, з особливою увагою до виявлення ключових факторів, що впливають на ефективність виробництва, логістику, переробку та збут рибної продукції в регіоні, а також оцінкою кризових явищ у галузі. Окремий акцент буде зроблено на виявленні та дослідженні факторів, що є найбільш релевантними для природно-економічних умов Сумської області, а також на ідентифікації потенційних можливостей для підвищення ефективності та конкурентоспроможності регіональної продукції аквакультури.

Матеріали і методи дослідження. Для виконання цього дослідження ми використали наукові публікації вітчизняних та міжнародних авторів, які протягом останніх десятиліть зосереджувалися на аналізі стану та розвитку прісноводної аквакультури як в Україні загалом, так і у регіональ-

ному масштабі. Основу методики становив аналіз та порівняння ключових показників, що характеризують розвиток виробництва риби у прісноводній аквакультурі. Зокрема, це охоплювало вивчення динаміки обсягів виробництва риби, зміни у структурі видів, що вирощуються, а також динаміки та структури функціонування ринку рибопродукції на регіональному рівні. Крім того, для поглибленого дослідження особливостей формування ланцюга доданої вартості у прісноводній аквакультурі та виявлення потенційних резервів для підвищення ефективності галузі застосовувалися методи теоретичного узагальнення та монографічний підхід.

Методологія дослідження ланцюга доданої вартості аквакультури в Сумській області була здійснена на основі кількох ключових етапів, які забезпечили всебічне дослідження ринку, виробників риби та інших аспектів виробничого процесу.

Аналіз ринку

На першому етапі було проведено дослідження ринкової кон'юнктури. Вивчалися доступні статистичні дані щодо попиту та пропозиції на рибну продукцію в регіоні. Було визначено основні споживчі тренди та вивчено ціни на різні види риби, що дало змогу оцінити конкурентоспроможність місцевої продукції.

Опитування виробників риби

Було розроблено та впроваджено анкетування для фізичних-осіб підприємців, фермерів та домогосподарств зайнятих в галузі прісноводної аквакультури області, яке включало запитання про види вирощуваної риби, обсяги виробництва, використовувані технології та основні виклики у виробництві. Польові дослідження та інтерв'ю з виробниками дозволили зібрати детальну інформацію про потреби фермерів та їх бачення щодо покращення процесів, а також оцінити окремі елементи ланцюга доданої вартості у виробництві продукції аквакультури.

Маркетингове дослідження

Паралельно було проведено маркетингове дослідження для визначення потенційних ринків збуту продукції аквакультури як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. Це дослідження включало аналіз споживчих вподобань та оцінку ефективності різних каналів збуту.

Вивчення статистичних даних

Базуючись на державній статистиці та даних галузевих організацій, було проведено оцінку динаміки розвитку аквакультури в Сумській області. Було зібрано дані щодо обсягів виробництва.

Складання ланцюга доданої вартості

На основі отриманих даних було складено ланцюг доданої вартості для продукції аквакультури в регіоні, що охоплював етапи вирощування, переробки, транспортування та збуту риби. Кожен етап був проаналізова-

ний з метою виявлення можливостей для підвищення доданої вартості та оптимізації витрат.

Результати досліджень та їх обговорення. Обсяги добування водних біоресурсів на Сумщині в період з 2000 по 2022 рік мали тенденцію до спадання. Зокрема, з 2000 по 2017 рік спостерігався період зростання та відносної стабілізації. У 2000 році видобуток становив 1925 тон. Протягом наступних років ми бачимо тенденцію до збільшення, хоча й з деякими коливаннями. Так, у 2005 році показник зріс до 2329 тон. Попри невелике зниження у 2010 році до 2112 тон, обсяги знову почали зростати, досягнувши свого піку у 2015 році – 2534 тони. До 2017 року відбулося незначне зниження до 2422 тон. Цей тривалий період свідчить про те, що галузь добування водних біоресурсів на Сумщині була відносно стабільною та зростаючою, що, скоріш за все, було зумовлено сприятливими економічними умовами та сталим рибним промислом. Однак, починаючи з 2018 року, динаміка кардинально змінюється, вступаючи у період стагнації та помірною зниження, що тривав до 2020 року. Обсяги добування у 2018 році становили 2304 тони, що вже свідчило про продовження невеликого спаду. У 2019 році показник знизився до 1888 тон, а у 2020 році – до 1740 тон. Цей відрізок часу характеризується поступовим, але постійним зменшенням обсягів, що може вказувати на вплив початкових кризових явищ, зміни у державній регуляторній політиці або погіршення екологічних умов [37].

Найбільш критичний період, що характеризується стрімким спадом, припадає на 2021–2022 роки. У 2021 році показник різко скоротився до 1126 тон, а вже у 2022 році – до катастрофічних 655 тон. Таке різке падіння протягом двох років поспіль, ймовірно, є прямим наслідком значних зовнішніх шоків, зокрема повномасштабного вторгнення, яке мало руйнівний вплив на економіку, логістику та загальну безпеку рибогосподарської діяльності в регіоні. Це також може вказувати на поглиблення структурних проблем у самій галузі, що вимагають негайного та комплексного реагування (Рис. 1).



Рис. 1. Добування водних біоресурсів в Сумській області за 2000–2022 роки, т [36]

Динаміка добування водних біоресурсів у Сумській області пройшла шлях від періоду зростання та стабільності до помірного, а згодом і до різкого спаду. Особливо критичною є ситуація, що склалася у 2021–2022 роках, яка чітко вказує на глибоку кризу в галузі. Ця криза є результатом комплексу взаємопов'язаних факторів, що вимагають ретельного вивчення та розробки ефективних програм для відновлення та стабілізації рибогосподарської діяльності в регіоні [37].

Аналізуючи, як змінювалися обсяги виробництва біоресурсів включаючи продукцію аквакультури з 2019 по 2024 рік, ми також можемо відмітити негативну тенденцію. У 2019–2020 роках ситуація виглядала досить стабільною. У 2019-му як загальне виробництво, так і аквакультура трималися на одній позначці – 1887,7 тон. Це, до речі, говорить про те, що аквакультура тоді була основним двигуном виробництва. У 2020 році обидва показники трохи знизилися до 1740,3 тон, але їхня синхронність збереглася. Це свідчить про те, що аквакультура була тісно інтегрована в загальні виробничі процеси і залишалася головним джерелом загальних обсягів (Рис. 2).



Рис. 2. Обсяг добутих водних біоресурсів та аквакультури в Сумській області за 2019–2024 роки, т

к – дані не оприлюднюються з метою виконання вимог Закону України «Про офіційну статистику» щодо забезпечення гарантій органів державної статистики щодо статистичної конфіденційності.

Починаючи з 2021 року, ми бачимо різке скорочення – до 1125,8 тон. Такий спад, імовірно, був спричинений якимись зовнішніми чи внутрішніми кризовими факторами, можливо, економічними (наприклад, зменшення інвестицій) або екологічними (зміни клімату, забруднення, хвороби). Це показує, наскільки галузь вразлива до змін. У 2022 році негативна тенденція продовжилася: показники впали до 655,1 тон. Це може бути наслідком затяжної кризи або навіть якихось структурних змін, що змусили скоротити масштаби виробництва. Таке послідовне зниження протягом двох років, звісно, викликає питання щодо стійкості галузі та вказує на необхідність перегляду її політики [38].

В подальшому 2024 рік приніс позитивну динаміку – загальний обсяг зріс до 780,9 тон, а продукція аквакультури майже наздогнала його, сягнувши 761,7 тон. Це дає надію, що галузь починає відновлюватися після тривалого спаду, і аквакультура знову відіграє в цьому процесі ключову роль. Той факт, що обидва показники так близько один до одного, лише підтверджує, що структура виробництва й надалі сильно залежить саме від цього напрямку.

Отже, з 2019 по 2022 рік ми спостерігали системний спад у виробництві біоресурсів та аквакультури зокрема, що, ймовірно, було результатом поєднання економічних, екологічних та організаційних факторів. Проте 2024 рік показує чіткі ознаки відновлення та потенційний перехід до фази стабілізації, що є добрим знаком незважаючи на бойові дії. Загалом, ці дані чітко свідчать про високу залежність загального виробництва від аквакультури, і це необхідно враховувати при будь-якому стратегічному плануванні розвитку галузі.

Аналіз динаміки середньої ціни добутих водних біоресурсів, вимірної в гривнях за 1 тонну (грн/т), за період з 2018 по 2024 рік дозволяє виділити чітку тенденцію до поступового, а згодом і значного зростання ціни протягом досліджуваного періоду. У початковий період, з 2018 по 2021 рік, спостерігається відносно помірне, але стабільне зростання середньої ціни. У 2018 році ціна становила 32 689,9 грн/т, збільшившись до 35 034,8 грн/т у 2019 році, що демонструє річний приріст близько 7.1%. У 2020 році ціна зросла до 38 643,9 грн/т (зростання на 10.3% порівняно з попереднім роком), а у 2021 році досягла 39 007,2 грн/т (приріст на 0.9%). Такий поступовий підйом може бути обумовлений інфляційними процесами, зростанням собівартості виробництва, або незначним збільшенням попиту на внутрішньому ринку (Рис. 3).

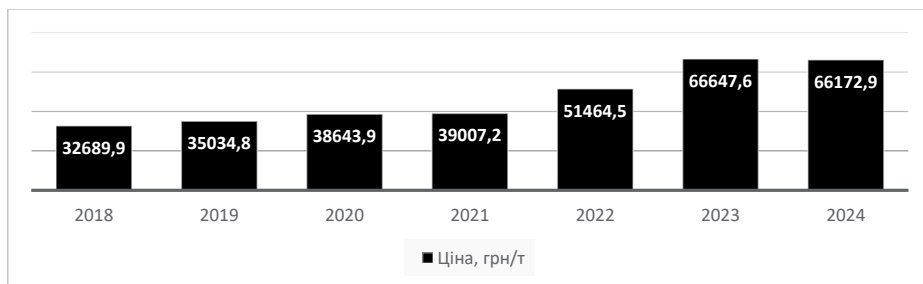


Рис. 3. Середня ціна добутих водних біоресурсів в Сумській області за 2018–2024 роки, грн за 1 т [39]

Найбільш суттєвий приріст середньої ціни спостерігається у період з 2022 по 2023 рік. У 2022 році ціна значно зросла до 51 464,5 грн/т, що

становить приріст на 32.0% порівняно з 2021 роком. Ця тенденція посилювалася у 2023 році, коли ціна досягла пікового значення – 66 647,6 грн/т, демонструючи приріст на 29.5% відносно 2022 року. Такий різкий стрибок, ймовірно, пов'язаний із впливом макроекономічних факторів, включаючи інфляцію, девальвацію національної валюти, зміни в логістичних ланцюгах та загальне зростання цін на продовольчі товари, спричинене геополітичною ситуацією [39, 40].

У 2024 році зафіксовано незначне зниження ціни до 66 172,9 грн/т, що становить падіння приблизно на 0.7% порівняно з 2023 роком. Ця незначна корекція може свідчити про певну стабілізацію ринку після періоду стрімкого зростання, або про досягнення цінової рівноваги між попитом та пропозицією. Незважаючи на це, загальний рівень цін у 2024 році залишається значно вищим за показники попередніх років. Аналіз середньої ціни добутих водних біоресурсів демонструє виражену висхідну динаміку протягом 2018–2024 років, особливо інтенсивну у 2022–2023 роках. Це свідчить про зростання ринкової вартості водних біоресурсів в Україні, що може бути як відображенням загальнооекономічних тенденцій, так і збільшенням собівартості вилову та вирощування [40].

В області функціонує 121 суб'єкт аквакультури, з них: 88 – фізичні–особи підприємці та 33 – юридичні особи, що становить 100 % від наявних (Рис. 4).



Рис. 4. Суб'єкти аквакультури Сумської області

Фізичні особи підприємці функціонують на рівні малих ферм та домогосподарств. Проведені дослідження показали розподіл видів риби, які вирощують у господарствах (Рис. 5).

Карп є найпопулярнішим видом, який вирощують 75 підприємців (97,4%). Товстолобик також широко поширений – його вирощують 67 респондентів (87%). Інші види риби вирощують 45 респондентів (58,4%).

Щуку розводять 27 респондентів (35,1%). Судака вирощують 21 виробник (27,3%). Отже, найбільш поширеними видами риб є карп і товстолобик, тоді як щука, судак та інші види зустрічаються рідше.

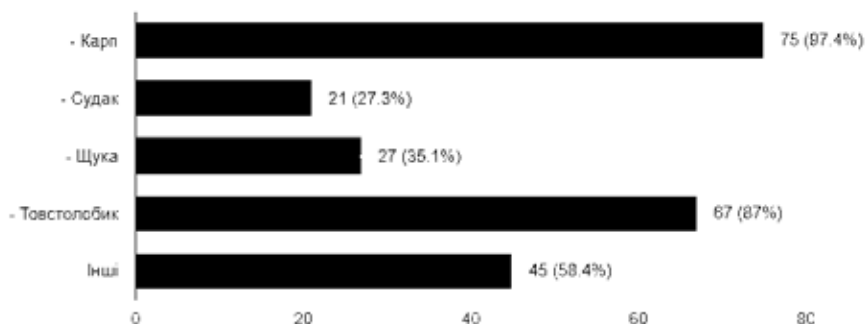


Рис. 5. Розподіл видів риб, які вирощуються малими виробниками в прісноводній аквакультурі Сумської області

Ставкове рибицтво також найбільш поширений різновид рибогосподарської діяльності у Сумській області, яка використовує високопродуктивні види риб для вирощування в спеціально обладнаних природних і штучних водоймах з метою отримання всілякої рибної продукції серед фізичних-осіб підприємців та місцевих фермерів. Цей метод використовують 98,7% домогосподарств, які здійснюють діяльність у сфері аквакультури регіону (Рис. 6).

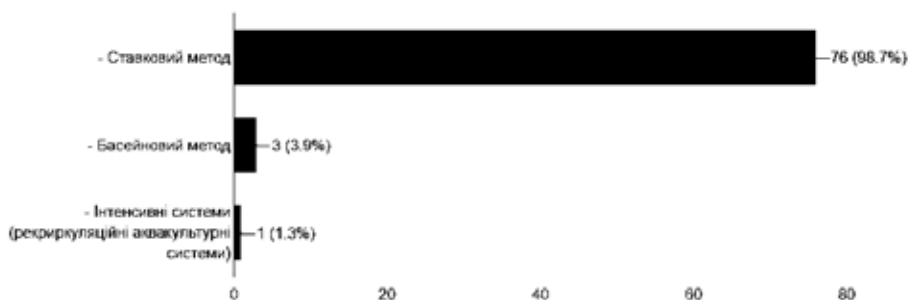


Рис. 6. Методи вирощування прісноводної риби в Сумській області, що використовуються малими виробниками в прісноводній аквакультурі Сумської області

Басейновий метод використовують 3,9% малих підприємців галузі. Інтенсивні рециркуляційні системи застосовуються лише 1 виробником риби.

За масштабами діяльності виробники продукції аквакультури на рівні домогосподарств та фізичних осіб підприємців не відрізняються великомасштабним виробництвом в регіоні. Більшість рибогосподарств (66,2%) використовують площі до 10 гектарів. Ще 32,8% займаються рибництвом на площах від 10 до 50 гектарів. Одне господарство використовує водойми площею, що перевищує 50 гектарів. Це вказує на те, що більшість рибогосподарств функціонують на відносно невеликих територіях (Рис. 7).

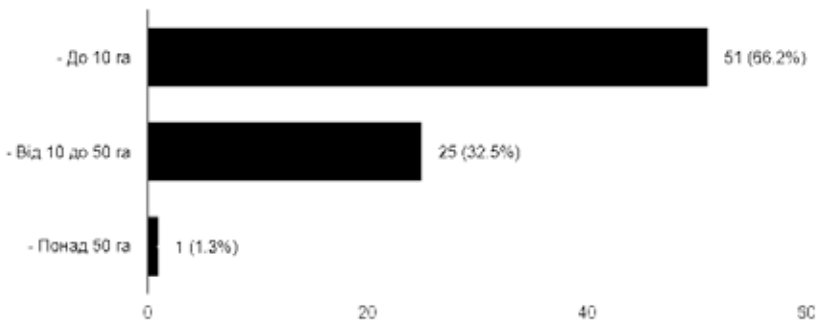


Рис. 7. Категорії малих виробників риби за площею водних об'єктів у Сумській області

Серед найбільш популярних технологій, які малі виробники прісноводних видів риби планували впровадити у виробництво в Сумській області можна виділити: автоматизовані системи годівлі риб, встановлення систем аерації та придбання обладнання для переробки риби включаючи копчення та в'ялення (Рис. 8).

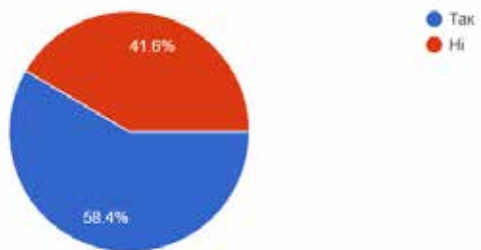


Рис. 8. Впровадження нових технологій для підвищення ефективності виробництва малими виробниками в прісноводній аквакультурі Сумської області

Ланцюг доданої вартості у прісноводній аквакультурі Сумщини являє собою послідовність ключових етапів, кожен з яких формує додану цін-

ність до кінцевої рибної продукції, що надходить на ринок. Умови області, включаючи наявність водних ресурсів (річки, водосховища, ставки), природно сприяють розвитку цієї галузі, проте ефективність реалізації ЛДВ залежить від збалансованості всіх його складових (Рис. 9).



Рис. 9. Ланцюг доданої вартості прісноводної аквакультури на рівні малих виробників галузі в Сумській області

Виробництво риби є базовим елементом ланцюга доданої вартості та охоплює весь цикл вирощування риби – від зариблення ставків мальком (переважно коропових видів) до досягнення товарної маси. Значна частка господарств області використовує ставкову технологію, а також інтегровані підходи із застосуванням комбікормів, що надходять від місцевих або суміжних аграрних підприємств. Виробництво формує початкову цінність продукту, і саме тут закладаються параметри якості, які зумовлюють подальшу рентабельність.

У Сумській області контроль якості води особливо актуальна стаття витрат у зв'язку з використанням відкритих водойм, що зазнають антропогенного впливу. Висока якість води забезпечує здоровий розвиток риби, зменшує втрати від хвороб і прямо впливає на споживчі характеристики продукції. Контроль здійснюється господарствами переважно власними силами або за підтримки місцевих лабораторій, проте потребує подальшого вдосконалення, включно з моніторингом за мікробіологічними та хімічними показниками.

На сьогодні лише окремі підприємства області здійснюють повноцінну переробку рибної продукції – зокрема, первинну обробку (потрошіння, патрання, філетування), а іноді й копчення. Часто реалізація відбувається у вигляді живої або охолодженої риби без глибокої переробки. Розвиток цехів з виробництва напівфабрикатів та вакуумного пакування є перспективним напрямом для підвищення доданої вартості.

Через обмеженість спеціалізованих складів і холодильних потужностей зберігання риби залишається слабкою ланкою в ЛДВ області. Більшість господарств змушені реалізовувати продукцію одразу після вилову,

що обмежує можливості масштабної переробки та довготривалого зберігання. Інвестиції в холодильну інфраструктуру (особливо в умовах кооперації) дозволили б істотно знизити втрати та стабілізувати поставки протягом року.

Логістичне забезпечення в регіоні здебільшого реалізується за рахунок власного транспорту господарств або через місцевих перевізників. Проте з огляду на потребу в збереженні температурного режиму під час транспортування живої та охолодженої продукції, існує потреба в спеціалізованих засобах доставки. Покращення логістики дозволить розширити географію збуту, включно з обласними центрами та мегаполісами (Київ, Харків).

Маркетинг продукції аквакультури найчастіше зводиться до інформування через соцмережі, місцеві ярмарки та сарафанне радіо. Брендуння продукції, участь у ярмарках, гастрономічних фестивалях, створення локальних торговельних марок, співпраця з ресторанами та магазинами – усе це поки недостатньо реалізовано, але має величезний потенціал для формування емоційної прив'язаності споживача та зростання цінності продукції.

Реалізація рибної продукції на Сумщині відбувається переважно через прямі продажі (в т. ч. з господарств), фермерські ринки та неформальні точки збуту. Лише поодинокі виробники мають налагоджені канали поставок у супермаркети чи мережі HoReCa. Створення регіонального логістично-дистрибуційного центру або кооперативних мереж збуту могло б суттєво змінити ситуацію на користь виробника.

Продажі – завершальна ланка ЛДВ, яка в Сумській області має чітко виражену сезонність (найактивніша влітку та перед святами). Продукція добре реалізується в межах області, але вихід на зовнішні ринки обмежений як логістикою, так і маркетинговою підтримкою. Наявність повного циклу з вирощування, переробки та просування дозволила б конкурувати не лише ціною, а й якістю та зручністю.

Витрати на виробництво кормів та мальків

Виробництво кормів для риби в Сумській області зазвичай відбувається через спеціалізовані комбікормові заводи або безпосередньо на рибних фермах, які використовують різні ресурси для створення поживних раціонів. За даними опитування виробників аквакультури регіону більшість із них використовує власноручно вироблені корми для годівлі риби. Найменш популярним є використання готового комбікорму. Однак, багато домогосподарств зайнятих у вирощуванні риби застосовують подвійний підхід комбінуючи корми власного виробництва з придбаними у комбікормових заводів (Рис. 10).



Рис. 10. Використання кормів за видами

Залежно від типу аквакультури, виробники адаптують формули кормів для певних видів риб, таких як короп, товстолобик або щука.

Більшість виробників риби регіону здійснюють одноразову годівлю риби протягом доби (80,5%). Лише 16,9% роздають корм двічі, а решта – менше 3,9% – більше двох разів на добу (Рис. 11).

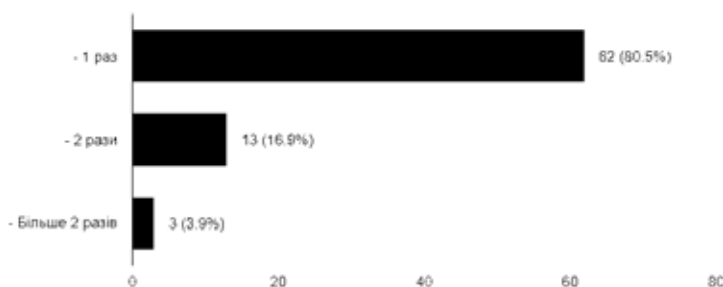


Рис. 11. Частота годівлі риби в домогосподарствах зайнятих в аквакультурі Сумської області

Процес вирощування риби складається з кількох основних етапів, і один з важливих аспектів цього процесу – закупівля мальків. Для багатьох виробників риби це є суттєвою статтею витрат, оскільки не всі можуть самостійно вирощувати молодняк. Багато рибних господарств змушені закуповувати мальків у спеціалізованих рибних фермах, які займаються їх розведенням. Це пов'язано з тим, що вирощування мальків потребує спеціальних умов, техніки та знань. В більшості домогосподарства купують певну кількість мальків кожного сезону, щоб забезпечити стабільне виробництво риби. Для багатьох виробників риби відсутність можливості самостійно вирощувати мальків стає серйозною проблемою, оскільки вони змушені витрачати великі кошти на закупівлю. Це також підвищує залежність від постачальників мальків і впливає на загальну рентабельність виробництва.

Витрати на годівлю риби в Сумській області

Найбільший вплив на бізнес мають витрати на корми для риби, а найменший – енергоносії. Зокрема, корми для риби (що включає як закупівлю готових комбікормів, так і витрати на виробництво власного корму) 85,7% домогосподарств вказали, як фактор, що є основною витратою для їх бізнесу. Енергоносії (витрати на електроенергію для роботи насосів, аераторів, систем рециркуляції води) лише 18,2% відчують як значний фактор впливу на їх витрати. Логістика та транспортування (витрати на транспортування кормів, малька, продукції до ринків збуту) 54,5% вважають достатньо відчутною по витратам статтею. Так як найнятих працівників у даній сфері не велика кількість, то зарплати як основним, так і сезонним працівникам (оплата праці персоналу, який здійснює догляд за рибою, обслуговування систем та веде облік) – фактор, який впливає на 24,7% підприємців (Рис. 12).

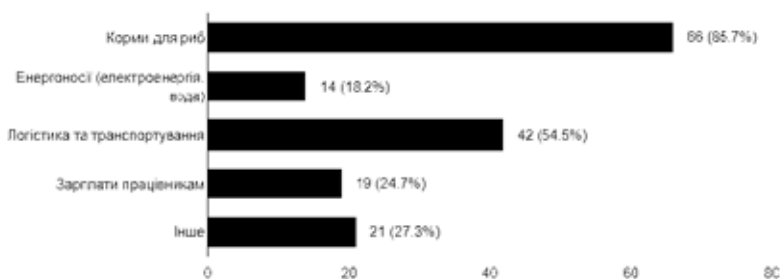


Рис. 12. Основні статті витрат в прісноводній аквакультурі Сумської області

Серед основних статей витрат 27,3% – різноманітні інші витрати, що також впливають на прибутковість бізнесу, але суттєвої ваги не мають. Сюди відносять: закупівлю малька – витрати на придбання молодих риби для подальшого вирощування; вода та підтримка її якості – витрати на забезпечення необхідного обсягу та якості води, що може включати оренду водойм або басейнів, а також фільтрацію та аерацію; ветеринарне обслуговування та профілактика хвороб – витрати на ветеринарні послуги, медичні препарати, вакцинацію та підтримку санітарних умов; технологічне обладнання – витрати на купівлю, обслуговування та модернізацію обладнання для догляду за рибою та автоматизацію процесів; адміністративні витрати – управлінські витрати, включаючи податки, ліцензії, оплату рахунків та інші фінансові витрати. Також витрати значною мірою залежать від вибраної технології вирощування (ставкове, басейнове чи інтенсивне), масштабу виробництва, а також умов господарювання.

Витрати на технологічне обладнання для вирощування риби

Технологічне забезпечення процесу вирощування риби є складовою процесу інтенсифікації аквакультури. Одночасно технічні засоби та пристрої як капіталовкладення потребують постійних витрат на їх амортизацію та оновлення і впливають на собівартість продукції. Технологічне забезпечення прісноводної аквакультури в Сумській області відіграє ключову роль у підвищенні продуктивності, стійкості та її економічної ефективності.

Результати опитування про типи обладнання, які використовуються для виробництва в аквакультурі показали, аераційні системи використовуються 29,9% виробників риби, системи фільтрації води використовують 10,4% підприємців, охолоджувальні системи використовуються лише 1,3% регіональних представників аквакультури, а найпопулярнішим типом є спеціалізоване обладнання для вилову риби, яке використовують 63,6% домогосподарств задіяних в цій галузі (Рис. 13).

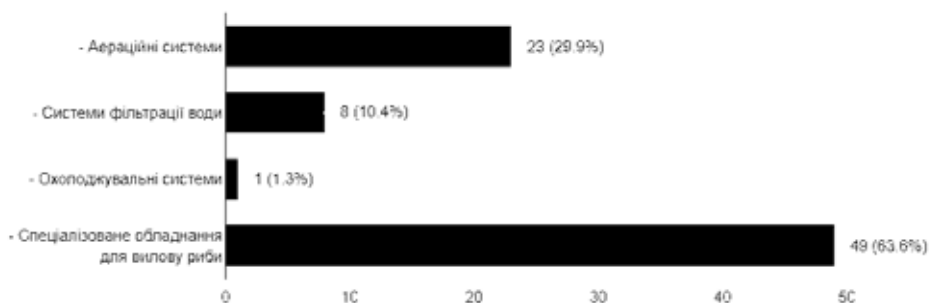


Рис. 13. Типи обладнання, що використовується для виробництва риби в Сумській області

Стан модернізації технологічного обладнання в аквакультурі Сумської області за останні роки має негативну динаміку, хоча процес впровадження новітніх технологій залишається поступовим. Домогосподарства продовжують оновлювати своє обладнання, зокрема, оновлюють системи для аерації води, фільтраційні системи та спеціалізоване обладнання для вилову риби. Проте модернізація є неповною, і більшість виробників все ще використовують традиційні методи вирощування риби та через негативні тенденції пов'язані із військово-політичною обстановкою в області відмовляються від оновлення основних виробничих фондів. Зокрема повідомлялося, що 50,6% домогосподарств взагалі не націлені на які-небудь суттєві капіталовкладення в оновлення технологічної складової до закінчення бойових дій в регіоні, менше половини підприємців галузі 40,3%

рідко витрачають на це кошти і лише 9,1% виробників риби здійснюють оновлення устаткування та обладнання регулярно (Рис. 14).

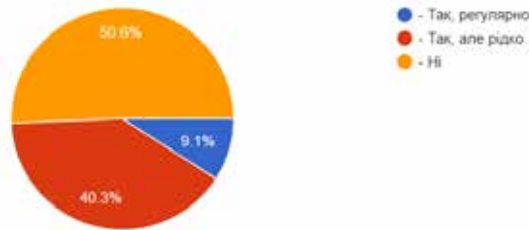


Рис. 14. Готовність виробників до оновлення технологічного обладнання для вирощування риби в прісноводній аквакультурі Сумської області

Витрати на контроль якості водного середовища та ветеринарні заходи

Контроль якості води відіграє ключову роль в аквакультурі, оскільки саме водне середовище забезпечує умови для життя, росту та розвитку водних організмів. Контроль якості води є фундаментом успішного ведення аквакультури, оскільки він безпосередньо впливає на всі етапи вирощування риби – від її здоров'я до продуктивності та екологічної стійкості. В той же час контроль якості води є статтею витрат виробників риби. Ця діаграма демонструє, що більшість рибоводів Сумської області (55,8%) регулярно проводять хімічні аналізи води, щоб контролювати її склад і якість. При цьому 35,1% використовують природні методи фільтрації, такі як рослинність або природні водойми, для очищення води. Механічні фільтри застосовуються лише у 5,2% випадків, що свідчить про менш поширене використання технологічних рішень для фільтрації. Однак, 18,2% рибоводів взагалі не проводять жодних заходів контролю якості води (Рис. 15).

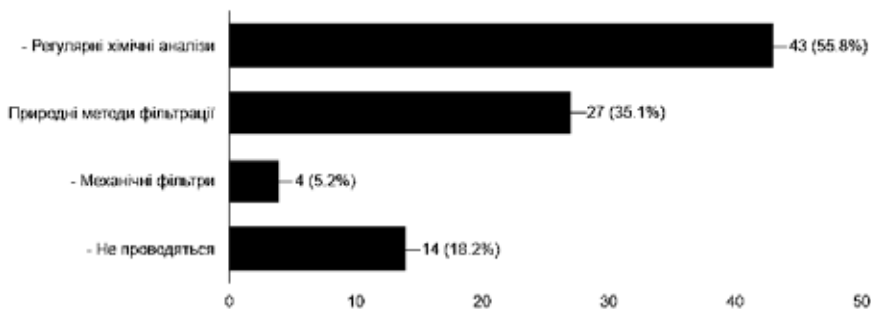


Рис. 15. Заходи контролю якості води в прісноводній аквакультурі Сумської області

В той же час за даними аналізу результатів опитування домогосподарств, задіяних у аквакультурі регіону більшість з них (88,3%) готові зробити капіталовкладення в автоматизовані системи очищення води, щоб знизити ризики поширення хвороб та втрати товарної риби (Рис. 16).

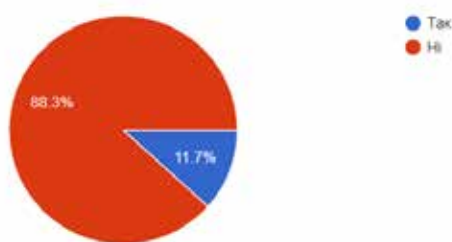


Рис. 16. Зацікавленість у придбанні автоматизованих систем для моніторингу стану води та риби в прісноводній аквакультурі Сумської області

Методи контролю якості води та захисту здоров'я риби відіграють ключову роль в аквакультурі, впливають на загальну продуктивність та стійкість систем вирощування риби, допомагають запобігати хворобам і знижувати фінансові втрати домогосподарства. Дані опитування підприємств у галузі аквакультури регіону свідчать, що фермери віддають перевагу природним і біологічним методам для підтримки здоров'я риби, а антибіотики використовуються мінімально. Зокрема природні методи (біологічний контроль) застосовуються найбільш часто – 59,7%, ветеринарний контроль займає друге місце за популярністю – його використовують 46,8% домогосподарств. Антибіотики застосовуються значно рідше – лише 6,5% виробників повідомили про їх використання (Рис. 17).

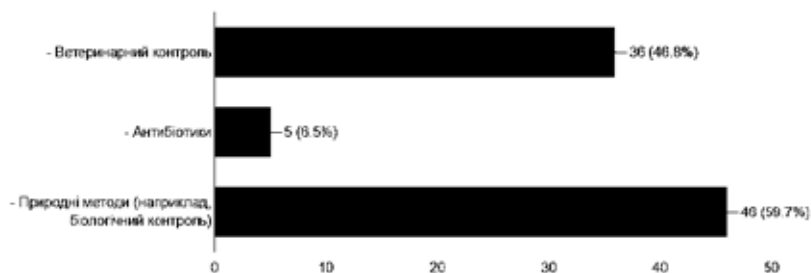


Рис. 17. Основні методи контролю якості та захисту здоров'я риби, що використовуються в прісноводній аквакультурі Сумської області

Витрати на охорону навколишнього середовища та підтримання біорізноманіття

Витрати на охорону навколишнього середовища та підтримання біорізноманіття відіграють важливу роль у розвитку аквакультури Сумської області. Вони сприяють стійкому розвитку галузі, захисту природних ресурсів і збереженню екосистем, що є ключовими для довгострокової продуктивності рибних господарств. Однак, незважаючи на всю важливість зазначеного питання лише 36,4% домогосподарств задіяних у вирощуванні риби в регіоні готові здійснювати витрати за даною статтею витрат (Рис. 18).

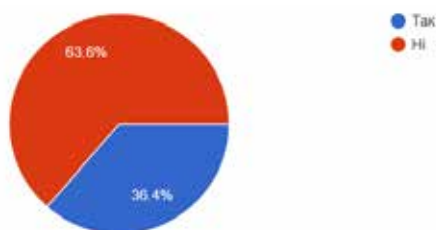


Рис. 18. Застосування методів зменшення впливу на навколишнє середовище в прісноводній аквакультурі Сумської області

При цьому аналіз опитування виробників риби області показав, що витрати на програми зі збереження біорізноманіття, які сприяють захисту рибних популяцій, особливо видів, мають важливе значення для екосистеми регіону та користуються популярністю серед домогосподарств пов'язаних із аквакультурою. Найбільш поширеним методом впливу на підтримання природного біорізноманіття є впровадження природних методів управління та мінімізація використання хімічних засобів впливу на біоценоз водного об'єкту, що допомагає підтримувати баланс між різними видами у водоймах, що запобігає перенаселенню або занепаду окремих популяцій (Рис. 19).

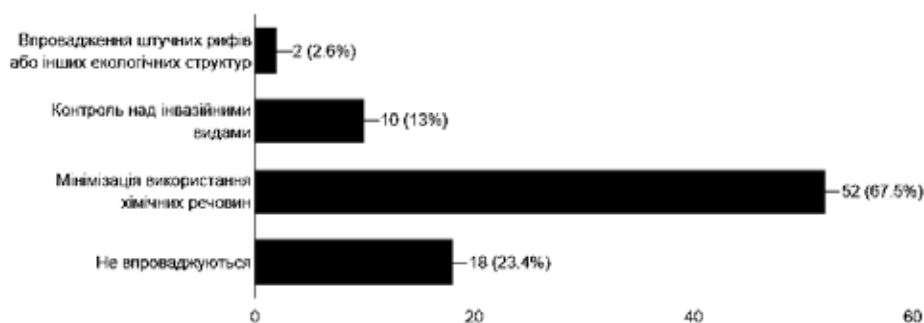


Рис. 19. Заходи здійснювані для збереження біорізноманіття виробниками в прісноводній аквакультурі Сумської області

Впровадження екологічних структур лише 2,6% виробників риби зазначили як ефективний варіант заходів націлених на збереження біорізноманіття на місцевому рівні. При цьому 13% домогосподарств в галузі аквакультури зосереджені на контролі інвазійних видів. А мінімізацію використання хімічних речовин 67,5% підприємців вважають найбільш важливим заходом. Нажаль 23,4% не впроваджують жодних екологічних заходів.

Проте відомо, що 68,8% регіональних виробників риби здійснюють заходи націлені на покращення місцевого біорізноманіття (Рис. 20).

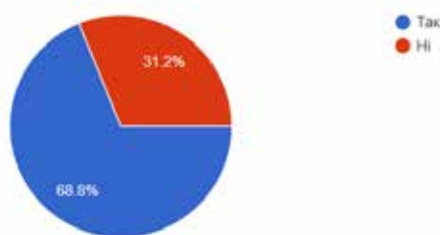


Рис. 20. Ступінь впровадження практик, спрямованих на покращення біорізноманіття в прісноводній аквакультурі Сумської області

Таким чином витрати на охорону навколишнього середовища та підтримання біорізноманіття в Сумській області є інвестицією у сталий розвиток, забезпечуючи не лише поточну продуктивність, але й екологічну стійкість на майбутнє, однак не всі домогосподарства задіяні в галузі усвідомлюють відповідальність за раціональне використання ресурсів.

Витрати на виробництво органічної аквакультури

В той час інвестиції в екологічно чисті технології допомагають знизити негативний вплив аквакультури на довкілля. Це включає використання технологій для скорочення викидів забруднюючих речовин, зменшення використання хімікатів та підтримку природних умов для розведення риби. Органічна аквакультура забезпечує виробництво екологічно чистої риби, яка відповідає суворим стандартам безпеки та якості. Це гарантує, що риба, яку споживають люди, не містить шкідливих хімічних речовин або штучних гормонів. Сертифікати органічної аквакультури підвищують довіру споживачів до продукції. Однак за даними опитування виробників риби в регіоні лише 10,4% підприємців мають подібні сертифікати. Хоча частка охочих значна і складає 53,2% проти 36,4% домогосподарств галузі, які не виробляють органічної риби (Рис. 21).

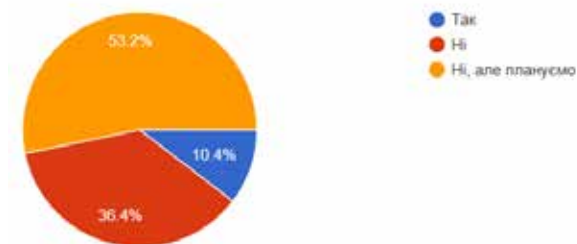


Рис. 21. Наявність сертифікатів екологічної безпеки серед виробників в прісноводній аквакультурі Сумської області

Перевірка якості продукції в аквакультурі, включаючи сертифікацію та дотримання санітарних норм, має критично важливе значення для забезпечення безпеки та якості рибних продуктів. Перевірка якості продукції є необхідною для запобігання потрапляння небезпечних або забруднених продуктів на ринок. Системи контролю забезпечують, що риба та інші водні організми відповідають встановленим санітарним нормам, що зменшує ризик харчових отруєнь та інших здоров'я проблем у споживачів. Витрати пов'язані із забезпеченням контролю якості продукції покладаються на товаровиробників, які здійснюють регулярні перевірки за встановленим графіком у більшості випадків 62,3%. Однак є частина домогосподарств – 24,7%, які не проводять перевірок якості вирощеної риби, що потребує виправлення (Рис. 22).

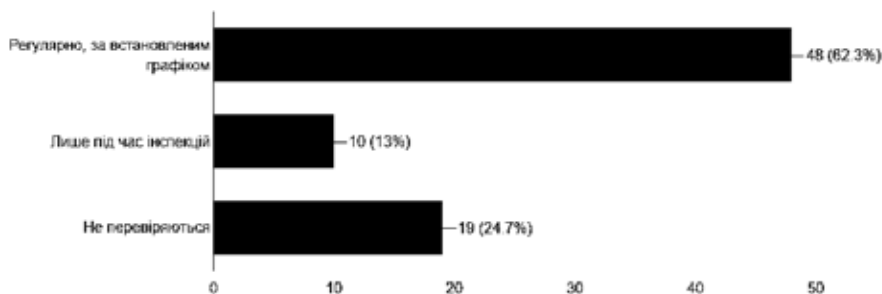


Рис. 22. Здійснення перевірок якості продукції аквакультури (сертифікація, санітарні норми) серед виробників риби Сумської області

Екологічні методи управління відходами серед домогосподарств в аквакультурі Сумської області спрямовані на мінімізацію негативного впливу аквакультури на навколишнє середовище та підтримання водних екосистем у чистоті. Основні підходи до управління відходами в аквакультурі регіону включають біологічне очищення водойм, компостування риб-

них відходів, контроль якості кормів, механічне очищення відходів. Однак, застосування даних практик викликає реальний інтерес лише у 36,4% виробників риби в області (Рис. 23).

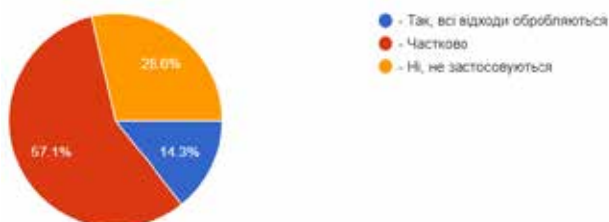


Рис. 23. Застосування екологічних методів управління відходами в прісноводній аквакультурі Сумської області

Витрати на переробку продукції

Рівень переробки риби серед домогосподарств у галузі аквакультури Сумської області є досить низьким. Згідно з опитуванням, 89,6% виробників не здійснюють жодної переробки риби, продаючи її у свіжому вигляді. Лише невеликий відсоток домогосподарств галузі вдається до таких методів переробки як 11,7% заморожування риби, 3,9% використання вакуумної упаковки, 3,9% консервування риби, 6,5% копчення (Рис. 24).

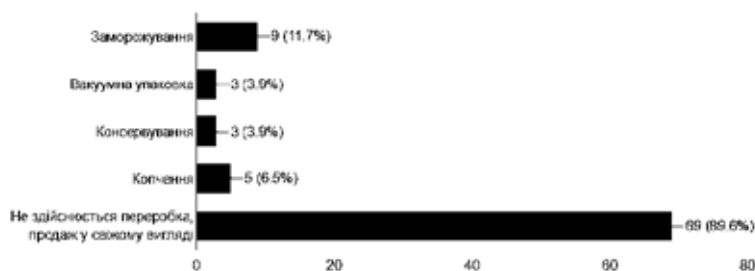


Рис. 24. Основні види переробки риби серед домогосподарств в прісноводній аквакультурі Сумської області

Це свідчить про те, що в аквакультурі Сумської області більшість господарств віддають перевагу прямому продажу риби без додаткової обробки. Зокрема лише 6,5% виробників риби в області мають власні потужності для переробки вирощеної риби (Рис. 25).

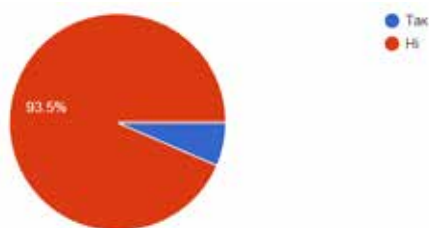


Рис. 25. Наявність власних потужностей для переробки риби серед виробників в прісноводній аквакультурі Сумської області

Зберігання риби перед продажем є критично важливим етапом у процесі постачання рибної продукції. Правильні умови зберігання забезпечують збереження якості, свіжості та безпеки продукту, а також можуть суттєво впливати на фінансові результати бізнесу. Правильні умови зберігання допомагають уникнути контамінації риби небезпечними мікроорганізмами або хімічними речовинами, що можуть бути шкідливими для здоров'я. Свіжа та якісна риба може продаватися за вищими цінами. Своєчасне зберігання продукції дозволяє максимізувати прибуток. Однак, особливості галузі вирощування прісноводної риби в регіоні формують вибір товаровиробниками способу зберігання, що уникає її охолодження або заморожування, а передбачає швидкий продаж відразу після вилову у 96,1% домогосподарств галузі, що значно знижує виробничі витрати. Лише 11,7% виробників зберігають виловлену рибу перед реалізацією у холодильниках або морозильних установках (Рис. 26).

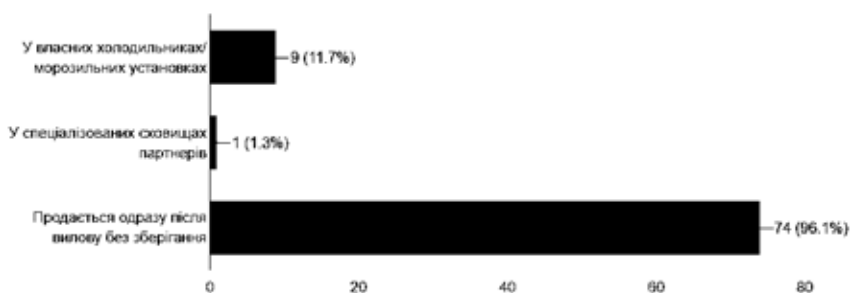


Рис. 26. Умови зберігання риби перед продажем серед виробників в прісноводній аквакультурі Сумської області

Витрати на транспортування та логістику

Транспортування риби в галузі аквакультури є важливою складовою ланцюга постачання, і його роль і витрати значно впливають на ефективність виробництва та фінансові результати підприємств. Для

збереження якості риби необхідно швидко доставляти її до споживачів або на ринок. Неправильні умови транспортування можуть призвести до втрати свіжості та якості, що негативно впливає на продажі. Транспортування риби вимагає дотримання певних температурних режимів, щоб уникнути псування. Витрати на охолоджувальні системи часто можуть бути значними, але вони є необхідними для підтримки якості продукції. Зважаючи на особливості транспортного сполучення та віддаленості ринків збуту від об'єктів вирощування риби товаровиробники в галузі аквакультури регіону віддають перевагу транспортуванню риби без використання систем охолодження – 88,3%. При цьому лише 11,7% підприємців використовують охолоджені транспортні засоби та 3,9% – морозильні вантажівки (Рис. 27).

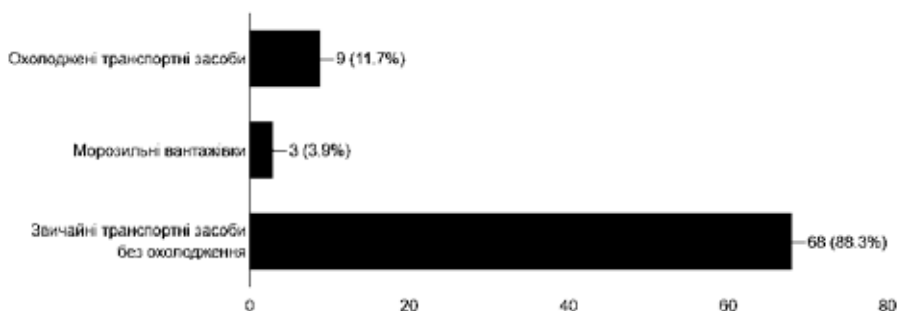


Рис. 27. Способи транспортування риби в прісноводній аквакультурі Сумської області

Таким чином, дотримання стандартів якості під час транспортування риби є критично важливим для збереження свіжості, безпеки та якості продукту. Система аналізу небезпек та критичних контрольних точок (НАССР) є важливою для забезпечення безпеки харчових продуктів, включаючи рибу. Вона допомагає ідентифікувати та контролювати потенційні небезпеки. Дотримання стандартів включає в себе контроль температури, вологості, правильну упаковку, дотримання санітарних норм, сертифікацію, моніторинг та документування процесів. Однак, серед виробників риби Сумщини на рівні домогосподарств та фізичних осіб підприємців дотримання вимог системи аналізу небезпек та критичних контрольних точок (НАССР) та міжнародних стандартів ще не набуло широкого поширення і застосовується на рівні 11,7% та 9,1% відповідно, а решта віддають перевагу національним та іншим стандартам якості (Рис. 28).

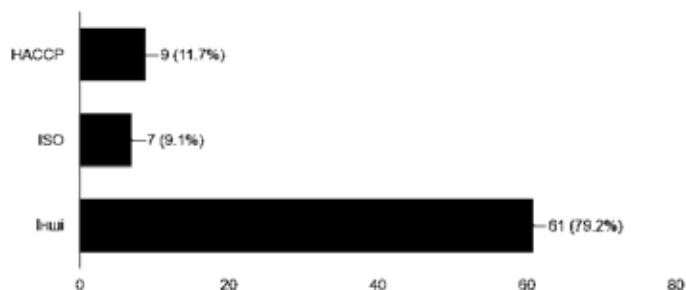


Рис. 28. Рівень дотримання стандартів якості під час транспортування

Витрати на маркетинг та збут

Ринки збуту прісноводної аквакультури в Сумській області мають важливе значення для розвитку галузі та економіки регіону. Прісноводна риба, вирощена в аквакультур регіону, активно продається в місцях її вилову та місцевих продуктових мережах (15,6%). Це зручний канал для гуртових споживачів, які цінують свіжу, локально вирощену продукцію. Жива та охолоджена риба користується попитом на місцевих ринках (88,3%), де роздрібні покупці можуть безпосередньо купувати продукцію у фермерів або в супермаркетах за куплену у місцевих постачальників (3,9%). Деякі підприємства закупають рибу для переробки включаючи переробку на філе, консерви, копчену рибу або інші рибні продукти. Переробка допомагає збільшити додану вартість продукції та забезпечити її тривале зберігання. Частина риби транспортується на підприємства для глибокої заморозки, що дозволяє продовжити термін її зберігання і забезпечити експорт за межі регіону. Частина прісноводної риби, вирощена в Сумській області, продається у великі міста України, такі як Харків та Полтава. Там існує значний попит на свіжу рибу як у ресторанах, так і в рибних магазинах (Рис. 29).

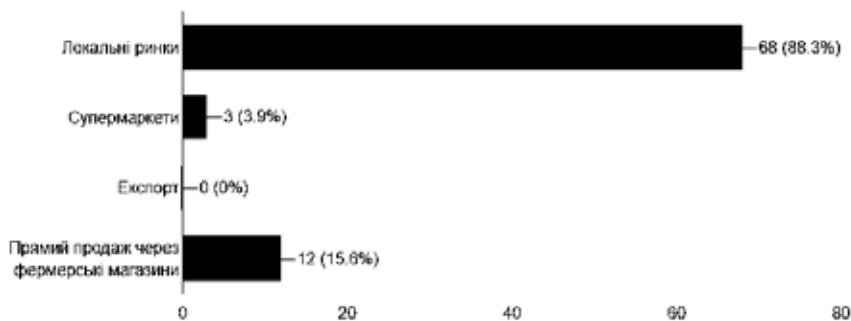


Рис. 29. Канали реалізації риби серед виробників в прісноводній аквакультурі Сумської області

Використання маркетингових стратегій допомагає підприємствам галузі аквакультури не тільки збільшити обсяги продажів, але й підвищити обізнаність громадськості про їхню продукцію, розширити ринки збуту та зміцнити зв'язок із кінцевим споживачем. При цьому найбільш результативні стратегії просування такі як реклама в ЗМІ, участь у виставках та бреднинг привертають увагу у 27,3%, 1,3% та 9,1% виробників риби відповідно, а решта 66,2% покладається на інші засоби поширення інформації про свій продукт (Рис. 30).



Рис. 30. Маркетингові стратегії для просування продукції серед виробників в прісноводній аквакультурі Сумської області

Сучасні методи маркетингу (Соціальні мережі, Інтернет-магазини та онлайн-торгівля, Екологічний та органічний брендінг, Фермерські ринки та локальні події) в аквакультурі допомагають виробникам риби та морепродуктів ефективніше просувати свою продукцію на ринок, привертаючи увагу споживачів і збільшуючи обсяги продажів. Проте, широко поширення ці методи серед домогосподарств галузі ще не набули, так як лише 35,0% виробників риби приділяють ним достатню увагу (Рис. 31).

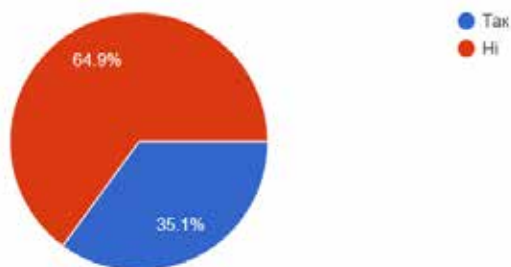


Рис. 31. Використання сучасних методів маркетингу (соціальні мережі, реклама) серед виробників в прісноводній аквакультурі Сумської області

Участь у виставках і ярмарках є важливою складовою маркетингової стратегії для виробників аквакультури. Це дозволяє не лише просувати свою продукцію, але й налагоджувати контакти з новими клієнтами, партнерами та вдосконалювати власну репутацію на ринку, підвищувати рівень продажів та розширювати ринки збуту. Домогосподарства задіяні в галузі аквакультури в Сумській області в основному (48,1%) не приймають участі у таких заходах, лише інколи відвідують менше половини (42,9%) та з постійною періодичністю – 9,1% виробників (Рис. 32).

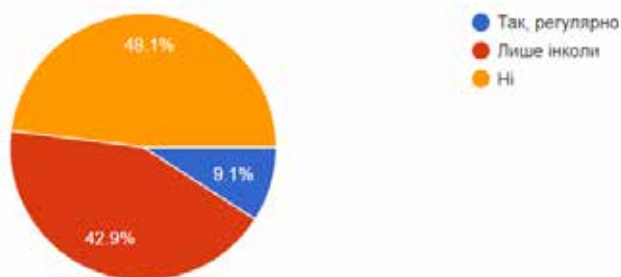


Рис. 32. Участь у виставках або ярмарках для просування продукції серед виробників в прісноводній аквакультурі Сумської області

Виробники аквакультури в Сумській області стикаються з низкою серйозних викликів, пов'язаних із військовими діями, інфраструктурними проблемами, економічними труднощами та екологічними факторами. Для вирішення цих проблем потрібні комплексні заходи, спрямовані на підтримку господарств, модернізацію технологій, покращення інфраструктури та підвищення безпеки діяльності (Рис. 33).

Таким чином прісноводна аквакультура області залежна від багатьох чинників і ланцюг доданої вартості у виробництві її продукції піддається дії і інших факторів, які чинять комплексний і взаємо підсилюючий вплив.

Інновації є центральним фактором підтримки якості продукції, впровадження сучасних тенденцій та цифровізації, а також залучення інвестицій. Це підкреслює, що технологічний розвиток є ключовим для оптимізації виробничих процесів, покращення характеристик продукції, адаптації до нових ринкових вимог та використання цифрових інструментів. Державна підтримка інновацій (наприклад, через гранти) може значно прискорити їх впровадження. Брендинг виникає на перетині якості продукції, сезонності виробництва та екологічної відповідальності. Сильний бренд допомагає диференціювати продукцію, формувати довіру споживачів та дозволяє встановлювати преміальні ціни, навіть за умови сезонності поставок, якщо якість та екологічність є високими. Маркетинг тісно

переплітається з формою продукції, сучасними тенденціями та цифровізацією, якістю продукції та брендингом. Ефективний маркетинг використовує привабливу форму продукції, адаптується до цифрових каналів просування та спирається на високу якість та сильний бренд для створення попиту. Органічність як специфічна вимога є перетином екологічної відповідальності та сучасних тенденцій, підкреслюючи зростаючий попит на екологічно чисту продукцію та вплив цього тренду на виробничі процеси.



Рис. 33. Інтегрована схема факторів впливу на ланцюг доданої вартості на рівні малих виробників в прісноводній аквакультурі Сумської області

Однак, з огляду на зазначені фактори, особливо у контексті Сумської області, військово-політична ситуація виступає як найсильніший дестабілізуючий чинник. Вона не лише прямо руйнує виробничі потужності та логістику, але й посилює негативний вплив інших факторів, таких як зростання собівартості (через дорожчі енергоресурси, перебої з поставками кормів), обмеження доступу до інвестицій та уповільнення впровадження інновацій. Зниження платоспроможності населення також напряму впливає на попит та можливості для реалізації продукції з високою доданою вартістю.

Таким чином, успішне функціонування та розвиток ланцюга доданої вартості в аквакультурі Сумської області вимагає комплексного управління усіма вищезазначеними факторами, з особливим акцентом на подолання викликів, спричинених зовнішніми шоками, та використання потенціалу для інновацій та диференціації продукції.

Висновки.

Сумська область володіє значним природним потенціалом для розвитку прісноводної аквакультури завдяки великій кількості водних ресур-

сів та сприятливим кліматичним умовам. Хоча галузь активно розвивається, особливо у вирощуванні коропа та товстолобика, вона стикається з серйозними проблемами, включаючи зношеність інфраструктури, потребу в модернізації та значний вплив військово-політичної ситуації. Ці виклики перешкоджають повній реалізації потенціалу та вимагають системного підходу до вирішення.

Концепція ланцюга доданої вартості є ключовим інструментом для аналізу ефективності аквакультури. Дослідження виявило, що основні етапи ЛДВ – виробництво, переробка, зберігання, логістика, маркетинг, дистрибуція та продажі – тісно взаємопов'язані. Проте, у Сумській області існують «вузькі місця», зокрема обмежені потужності для глибокої переробки, недостатній рівень розвитку логістичної та холодильної інфраструктури, а також слабкий маркетинг та брендинг, що стримує можливість для значного підвищення доданої вартості та рентабельності.

На ЛДВ аквакультури в області впливає комплекс взаємо підсилюючих факторів: біологічний цикл, якість продукції, форма продукції, сезонність, екологічна відповідальність, державне регулювання, сучасні тенденції, цифровізація та особливо – безпекова ситуація. Останній чинник є найбільш дестабілізуючим, руйнуючи логістику, знижуючи обсяги та інвестиції. Успішний розвиток галузі вимагає комплексного управління цими факторами, інвестицій в інновації, розвитку переробки, посилення державної підтримки та адаптації маркетингових стратегій до сучасних реалій.

Перспективи подальших досліджень. Подальші дослідження мають бути зосереджені на інтенсифікації виробництва через впровадження інноваційних технологій, а також на розширенні ланцюга доданої вартості шляхом розвитку глибокої переробки, модернізації логістики та активного маркетингу.

Подяки: немає.

Фінансування: немає.

Конфлікт інтересів: немає.

AQUACULTURE IN SUMY REGION: VALUE CHAIN ANALYSIS AND PROSPECTS

¹**Mykhalko O.G.** – PhD, Associate Professor
orcid.org/0000-0002-0736-2296

¹**Vechorka V.V.** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor
orcid.org/0000-0003-4956-2074

²**Biedunkova O.O.** – Doctor of Biological Sciences, Professor
orcid.org/0000-0003-4356-4124

³**Kolomiitseva O.M.** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
orcid.org/0000-0002-0697-7715

⁴**Verbelchuk T.V.** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
orcid.org/0000-0001-7334-4507

⁴**Verbelchuk S.P.** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
orcid.org/0000-0002-1136-5617

⁴**Koberniuk V.V.** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
orcid.org/0000-0003-3145-3689

⁴**Lavryniuk O.O.** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
orcid.org/0000-0003-3145-3689

³**Horchanok A.V.** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
orcid.org/0000-0003-0103-1477

¹Sumy National Agrarian University

²National University of Water and Environmental Engineering

³Dnipro State Agrarian and Economic University

⁴Polissia National University

snau.cz@ukr.net

The study aimed to systematize and critically analyze scientific sources and practical data regarding the formation of the value chain in freshwater aquaculture in the Sumy region at the level of small producers and households involved in the industry. Special attention was paid to identifying key factors affecting the efficiency of production, logistics, processing, and sale of fish products in the region. Crisis phenomena in the industry were assessed, which manifested in a sharp decrease in the volume of aquatic bioresources harvested, caused by military-political events, infrastructure degradation, environmental challenges, and limited access to investments and technologies. In addition, the industry is characterized by a low level of processing, insufficient coverage of modern marketing strategies, and limited logistics infrastructure. The research methodology included analysis of statistical data, a survey of small fish producers in the region, a marketing study of consumer preferences, value chain mapping, as well as theoretical generalization and comparison of practices with international experience. A comprehensive interdisciplinary approach was applied to identify «bottlenecks» in the regional value chain. The research results indicate that most aquaculture entities in the Sumy region are small households primarily focused on pond fish farming. The main costs are for feed, logistics, and the purchase of fingerlings. Product processing, storage, branding, and market promotion are implemented to a very limited extent, which reduces profitability. At the same time, aquaculture has high growth potential,

in particular through cooperation, the introduction of modern water purification technologies, intensive fish farming, automation, and environmental certification. Systemic improvement of the value chain in the region is possible with strategic state support, modernization, and development of processing and logistics infrastructure. The study has practical significance for the development of regional aquaculture support programs, increasing the competitiveness of small producers, and forming an effective policy in the field of food security.

Key words: aquaculture, value added, fish farming, fish processing, fish production.

ЛІТЕРАТУРА

1. Максименко Н. В., Федяй В. А. Оцінка ефективності природно-заповідного фонду Сумської області за індексом інсуляризованості. *Фізична географія та геоморфологія*. 2021. № 1–3 (105–107). С. 30–34. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.56>
2. Злобін Ю. А., Панченко С. М., Складар В. Г. Оцінка природно-заповідного фонду Сумської області. *Заповідна справа в Україні на межі тисячоліть: матеріали конференції*. Канів, 1999. С. 51–54.
3. Кудлай Є. За рік на Сумщині виростили тисячу тонн риби. *Данкор: веб-сайт*. URL: <https://dancor.sumy.ua/news/newsline/482396?block=block-photos-05&page=0&start=0&tab=1> (дата звернення: 03.06.2025).
4. Ababouch L., Nguyen K., Souza M., Fernandez Polanco J. Value chains and market access for aquaculture products. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2023. Vol. 54, № 4. P. 527–553. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12964>
5. Максименко А. Методологічні підходи до дослідження глобальних ланцюгів вартості. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України*. 2019. № 138 (4). С. 14–18. DOI: <https://doi.org/10.36818/2071-4653-2019-4-3>
6. Гахович Н. Г., Кушніренко О. М. Розвиток циркулярних ланцюгів доданої вартості для зростання стійкості української промисловості в умовах постковіду. *Український соціум*. 2020. № 3 (74). С. 62–77. DOI: <https://doi.org/10.15407/socium2020.03.062>
7. Кернасук Ю. Рибництво: стан і перспективи розвитку. *Агробізнес: веб-сайт*. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichniyi-hektar/item/14164-rybnystvo-stand-i-perspektyvy-rozvytku.html> (дата звернення: 03.06.2025).
8. Cumming G., Hunter-Thomson K., Young T. Local food 2.0: How do regional, intermediated, food value chains affect stakeholder learning? A case study of a community-supported fishery (CSF) program. *Journal of Environmental Studies and Sciences*. 2020. Vol. 10, № 1. P. 68–82. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13412-019-00568-6>

9. Waite R., Beveridge M., Brummett R., Castine S., Chaiyawannakarn N., Kaushik S. Improving productivity and environmental performance of aquaculture. *World Resources Institute*. Washington DC, 2014. URL: <https://afrialliance.org/solutions/improving-productivity-and-environmental-performance-aquaculture> (дата звернення: 03.06.2025).
10. Beske P., Land A., Seuring S. Sustainable supply chain management practices and dynamic capabilities in the food industry: A critical analysis of the literature. *International Journal of Production Economics*. 2014. Vol. 152. P. 131–143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.026>
11. Крисанов Д. Ф., Варченко О. М. Агропродовольчі ланцюги: ключові проблеми створення та розвитку. *Економіка і прогнозування*. 2017. № 1. С. 72–91. DOI: <https://doi.org/10.15407/eip2017.01.072>
12. Andres L., Ponsioen T., Shubitidze G., Chobaniani N., Kotyza P., Smutka L. Freshwater aquaculture value chain analysis in Georgia. 2022. URL: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33259.82725> (дата звернення: 03.06.2025).
13. Dey M. M., Bjørndal T., Lem A. Guest editors' introduction: Value chain dynamics in aquaculture and fisheries. *Aquaculture Economics & Management*. 2015. Vol. 19, № 3. P. 3–7. DOI: <https://doi.org/10.1080/13657305.2015.996679>
14. Saguin K. Mapping access to urban value chains of aquaculture in Laguna Lake, Philippines. *Aquaculture*. 2018. Vol. 493. P. 424–435. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.07.004>
15. Newton R. W., Little D. C. Mapping the impacts of farmed Scottish salmon from a life cycle perspective. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 2017. Vol. 23, № 5. P. 1018–1029. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1344-6>
16. Башняк Г., Дуплій Н., Литвиненко Л., Присяжнюк І., Яремчук П. Зелена книга: Аналіз рибної галузі України. *БРДЮ: веб-сайт*. URL: <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2024/07/ZK-Analiz-rybnoi-galuzi-Ukrai-ny.pdf> (дата звернення: 03.06.2025).
17. Engle C. R., Quagraine K. K., Dey M. M. *Seafood and aquaculture marketing handbook*. 2nd ed. Wiley-Blackwell, 2016. URL: <https://aquafishersp.oregonstate.edu/biblio/seafood-and-aquaculture-marketing-handbook-2nd-edition> (дата звернення: 03.06.2025).
18. Lim G. Value chain upgrading: Evidence from the Singaporean aquaculture industry. *Marine Policy*. 2016. Vol. 63. P. 191–197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.10.00>
19. Кернасюк Ю. Новий ланцюг вартості. *Агротаймс: веб-сайт*. URL: <https://agrotimes.ua/article/novyj-lancyug-vartosti/> (дата звернення: 03.06.2025).
20. Partelow S., Nagel B., Gentry R., Gephart J., Rocha J. Archetypes of aquaculture development across 150 countries. *Aquaculture*. 2025. Vol. 595, Part 1. P. 741484. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741484>

21. Dasgupta S., Durborow R. Small-scale marketing of aquaculture products (SRAC Publication No. 350). *Kentucky State University*, 2009. URL: https://aquaculture.ca.uky.edu/sites/aquaculture.ca.uky.edu/files/srac_350_small_scale_marketing_of_aquaculture_products.pdf (дата звернення: 03.06.2025).
22. Bush S. R., Belton B., Little D. C., Islam M. S. Emerging trends in aquaculture value chain research. *Aquaculture*. 2019. Vol. 498. P. 428–434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.077>
23. Gao X., Li C., Elahi E., Abro M. I., Cui Z. Technological innovation, product quality and upgrading of manufacturing value chain: Empirical evidence from China. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, № 9. P. 7289. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15097289>
24. Lee H. L., Schmidt G. Using value chains to enhance innovation. *Production and Operations Management*. 2017. Vol. 26. P. 617–632. DOI: <https://doi.org/10.1111/poms.12665>
25. Арчибісова Д. С., Рижкова Г. С. Концептуальна модель розвитку марикультури в Україні та світі. *Економіка і суспільство*. 2016. № 6. С. 407–413. URL: https://economyandsociety.in.ua/journals/6_ukr/70.pdf (дата звернення: 03.06.2025).
26. Якимець О. О. Напрями аквакультури в національному законодавстві. *Науковий вісник Національної академії внутрішніх справ*. 2015. № 1. С. 190–196. URL: <https://elar.navs.edu.ua/server/api/core/bitstreams/1ed19c5f-249b-4302-aad8-0b87bdfd17d1/content> (дата звернення: 03.06.2025).
27. Боярин М. В., Боярин С. В., Волошин В. У. Природно-заповідна мережа верхів'я басейну річки Прип'ять. *Таврійський науковий вісник. Екологія, іхтіологія та аквакультура*. 2024. № 137. С. 474–481. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.56>
28. Acharjee D. C., Alam G. M. M., Gosh K., Haque A. B. M. M., Hossain M. I. Fish value chain and the determinants of value addition decision: Empirical evidence from Bangladesh. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2023. Vol. 54, № 4. P. 931–944. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12941>
29. Ali H., Haque M. M., Murshed-e-Jahan K. Transformation of the farm segment of the aquaculture value chain in southern Bangladesh. *Aquaculture*. 2025. Vol. 596, № 1. P. 741730. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741730>
30. Martinell Peñalosa D. Aquaculture value chain analysis. In: *An Introduction to Sustainable Aquaculture*. 1st ed. Routledge, 2024. P. 13. URL: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003174271-12/aquaculture-value-chain-analysis-daniel-pe%C3%B1alosa-martinell> (дата звернення: 03.06.2025).

31. El-Sayed A. F. M., Dickson M. W., El-Naggar G. O. Value chain analysis of the aquaculture feed sector in Egypt. *Aquaculture*. 2015. Vol. 437. P. 92–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.11.033>
32. Aarstad J., Jakobsen S.-E., Fløysand A., Kvitastein O. A. Sustainability and innovation across the aquaculture value chain. *Frontiers in Aquaculture*. 2024. Vol. 3. DOI: <https://doi.org/10.3389/faquc.2024.1384722>
33. Ahmed N., Azra M. N. Aquaculture production and value chains in the COVID-19 pandemic. *Current Environmental Health Reports*. 2022. Vol. 9, № 3. P. 423–435. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40572-022-00364-6>
34. Liverpool-Tasie L. S. O., Wineman A., Amadi M. U., Gona A., Emenekwe C. C., Fang M., Olunuga O., Onyeneke R. U., Sunday N., Taiwo A. M., Reardon T., Belton B. Rapid transformation in aquatic food value chains in three Nigerian states. *Frontiers in Aquaculture*. 2024. Vol. 3. DOI: <https://doi.org/10.3389/faquc.2024.1302100>
35. Дітріх І. В. Тенденції і перспективи світового ринку риби та морепродуктів. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2014. № 2. С. 62–65. URL: <http://global-national.in.ua/archive/2-2014/13.pdf> (дата звернення: 03.06.2025).
36. Кухарець С. М., Овдіюк В. М., Овдіюк О. М. Теорія та методологія аквакультурних систем і технологій. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2022. № 2 (12). С. 138–149. URL: http://wra-journal.ksauniv.ks.ua/archives/2022/2_2022/9.pdf (дата звернення: 03.06.2025).
37. Статистичний щорічник України за 2022 рік. *Статистичний збірник*. URL: <https://stat.gov.ua/sites/default/files/2024-02/Збірник%20Статистичний%20щорічник%20України%202022%20рік.pdf> (дата звернення: 03.06.2025).
38. Огляд виробництва продукції аквакультури в Україні за даними статистичної форми 1а-риба (річна) за 2019 рік. *Статистичний збірник*. URL: http://darg.gov.ua/files/15/02_26_akva.pdf (дата звернення: 03.06.2025).
39. Головне управління статистики в Сумській області. *Статистичний збірник*. URL: <https://sumy.ukrstat.gov.ua/?menu=1337&level=3> (дата звернення: 03.06.2025).
40. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України, 2018. *Статистичний збірник*. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2018/zb/07/zb_bsoph2017_pdf.pdf (дата звернення: 03.06.2025).

REFERENCES

1. Maksymenko, N. V., & Fediai, V. A. (2021) Otsinka efektyvnosti pryrodno-zapovidnoho fondu Sumskoi oblasti za indeksom insuliiarizovanosti [Assessment of the effectiveness of the nature reserve fund of Sumy region

- by the insularity index]. *Physical geography and geomorphology*. Vol. 1–3(105–107), pp. 30–34. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.56>
2. Zlobin, Yu. A., Panchenko, S. M., & Skliar, V. H. (1999) Otsinka pryrodno-zapovidnoho fondu Sumskoi oblasti [Assessment of the nature reserve fund of Sumy region]. *Reserve business in Ukraine on the verge of millennia: conference proceedings*. Kaniv, pp. 51–54.
 3. Kudlai, Ye. (2024) Za rik na Sumshchyni vyrostyly tysiachu tonn ryby [A thousand tons of fish were grown in Sumy region in a year]. URL: <https://dancor.sumy.ua/news/newline/482396?block=block-photos-05&page=0&start=0&tab=1> (accessed 03 June 2025)
 4. Ababouch, L., Nguyen, K., Souza, M., & Fernandez Polanco, J. (2023) Value chains and market access for aquaculture products. *Journal of the World Aquaculture Society*, Vol. 54(4), pp. 527–553. <https://doi.org/10.1111/jwas.12964>
 5. Maksymenko, A. O. (2019) Metodolohichni pidkhody do doslidzhennia hlobalnykh lantsiuhiv vartosti [Methodological approaches to the study of global value chains]. *Socio-economic problems of the current period of Ukraine*, Vol. 4(138), pp. 14–18. <https://doi.org/10.36818/2071-4653-2019-4-3>
 6. Gakhovych, N. H., & Kushnirenko, O. M. (2020) Rozvytok tsyrkuliarnykh lantsiuhiv dodanoi vartosti dlia zrostannia stiikosti ukrainskoi promyslovosti v umovakh postkovidu [Development of circular value chains to increase the resilience of Ukrainian industry in post-COVID conditions]. *Ukrainian Society*, Vol. 3(74), pp. 62–77. <https://doi.org/10.15407/socium2020.03.062>
 7. Kernasiuk, Yu. (2019) Rybnytstvo: stan i perspektyvy rozvytku [Fish farming: status and development prospects]. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/14164-rybnytstvo-stan-i-perspektyvy-rozvytku.html> (accessed 03 June 2025)
 8. Cumming, G., Hunter-Thomson, K., & Young, T. (2020) Local food 2.0: How do regional, intermediated, food value chains affect stakeholder learning? A case study of a community-supported fishery (CSF) program. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, Vol. 10(1), pp. 68–82. <https://doi.org/10.1007/s13412-019-00568-6>
 9. Waite, R., Beveridge, M., Brummett, R., Castine, S., Chaiyawannakarn, N., & Kaushik, S. (2014) Improving productivity and environmental performance of aquaculture. Washington DC: World Resources Institute. URL: <https://afrialliance.org/solutions/improving-productivity-and-environmental-performance-aquaculture> (accessed 03 June 2025)
 10. Beske, P., Land, A., & Seuring, S. (2014) Sustainable supply chain management practices and dynamic capabilities in the food industry A critical analysis of the literature. *International Journal of Production*, Vol. 152, pp. 131–143. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2013.12.026>

11. Krysanov, D. F., & Varchenko, O. M. (2017) Ahroprodnovolchi lantsiuhy: kliuchovi problemy stvorennia ta rozbudovy [Agri-food chains: Key problems of creation and development]. *Economics and forecasts*, Vol. (1), pp. 72–91. <https://doi.org/10.15407/eip2017.01.072>
12. Andres, L., Ponsioen, T., Shubitidze, G., Chobaniani, N., Kotyza, P., & Smutka, L. (2022) Freshwater aquaculture value chain analysis in Georgia. URL: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33259.82725> (accessed 03 June 2025)
13. Dey, M. M., Bjørndal, T., & Lem, A. (2015) Guest editors' introduction: Value chain dynamics in aquaculture and fisheries. *Aquaculture Economics & Management*, Vol. 19(3), pp. 3–7. <https://doi.org/10.1080/13657305.2015.996679>
14. Saguin, K. (2018) Mapping access to urban value chains of aquaculture in Laguna Lake, *Philippines*. *Aquaculture*, Vol. 493, pp. 424–435. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.07.004>
15. Newton, R. W., & Little, D. C. (2017) Mapping the impacts of farmed Scottish salmon from a life cycle perspective. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 23(5), pp. 1018–1029. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1344-6>
16. Bashnyak, H., Duplii, N., Lytvynenko, L., Prysiashniuk, I., & Yaremchuk, P. (2020) Zelena knyha: Analiz rybnoi haluzi Ukrainy [Green Paper: Analysis of the Fisheries Industry of Ukraine]. URL: <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2024/07/ZK-Analiz-rybnoi-galuzi-Ukrai-ny.pdf> (accessed 03 June 2025)
17. Engle, C. R., Quagrainie, K. K., & Dey, M. M. (2016) Seafood and aquaculture marketing handbook (2nd ed.). Wiley-Blackwell. URL: <https://aquafishersp.oregonstate.edu/biblio/seafood-and-aquaculture-marketing-handbook-2nd-edition> (accessed 03 June 2025)
18. Lim, G. (2016) Value chain upgrading: Evidence from the Singaporean aquaculture industry. *Marine Policy*, Vol. 63, pp. 191–197. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.10.00>
19. Kernasiuk, Yu. (2024) Novyi lantsiuh vartosti [New Value Chain]. URL: <https://agrotimes.ua/article/novyj-lancyug-vartosti/> (accessed 03 June 2025)
20. Partelow, S., Nagel, B., Gentry, R., Gephart, J., & Rocha, J. (2025) Archetypes of aquaculture development across 150 countries. *Aquaculture*, Vol. 595(Part 1), pp. 741484. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741484>
21. Dasgupta, S., & Durborow, R. (2009) Small-scale marketing of aquaculture products (SRAC Publication No. 350). Kentucky State University. URL: https://aquaculture.ca.uky.edu/sites/aquaculture.ca.uky.edu/files/srac_350_small_scale_marketing_of_aquaculture_products.pdf (accessed 03 June 2025)
22. Bush, S. R., Belton, B., Little, D. C., & Islam, M. S. (2019) Emerging trends in aquaculture value chain research. *Aquaculture*, Vol. 498, pp. 428–434. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.077>

23. Gao, X., Li, C., Elahi, E., Abro, M. I., & Cui, Z. (2023) Technological Innovation, Product Quality and Upgrading of Manufacturing Value Chain: Empirical Evidence from China. *Sustainability*, Vol. 15(9), pp. 7289. <https://doi.org/10.3390/su15097289>
24. Lee, H. L. & Schmidt, G. (2017) Using Value Chains to Enhance Innovation. *Prod Oper Manag*, Vol. 26, pp. 617–632. <https://doi.org/10.1111/poms.12665>
25. Archybisova, D. S., & Ryzhkova H. S. (2016) Kontseptualna model rozvytku marykultury v Ukraini ta sviti [Conceptual model of mariculture development in Ukraine and the world]. *Economy and Society*. Vol. 6, pp. 407–413. Retrieved from: https://economyandsociety.in.ua/journals/6_ukr/70.pdf
26. Yakyments, O. O. (2015) Napriamy akvakultury v natsionalnomu zakonodavstvi [Aquaculture trends in national legislation]. *Bulletin of the National Academy of Internal Affairs*, Vol. 1, pp. 190–196. Retrieved from: <https://elar.navs.edu.ua/server/api/core/bitstreams/1ed19c5f-249b-4302-aad8-0b87bdfd17d1/content>
27. Boyaryn, M. V., Boyaryn, S. V., & Voloshyn, V. U. (2024) Pryrodno-zapovidna merezha verkhivya basynu richky Prypiat. Ekolohiia, ikhtiolohiia ta akvakultura [Nature reserve network of the upper reaches of the Pripjat River basin]. *Tavria Scientific Bulletin*. Vol. 137, pp. 474–481. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.56>
28. Acharjee, D. C., Alam, G. M. M., Gosh, K., Haque, A. B. M. M., & Hossain, M. I. (2023) Fish value chain and the determinants of value addition decision: Empirical evidence from Bangladesh. *Journal of the World Aquaculture Society*, Vol. 54(4), pp. 931–944. <https://doi.org/10.1111/jwas.12941>
29. Ali, H., Haque, M. M., & Murshed-e-Jahan, K. (2025) Transformation of the farm segment of the aquaculture value chain in southern Bangladesh. *Aquaculture*, Vol. 596(1), pp. 741730. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741730>
30. Martinell Peñalosa, D. (2024) Aquaculture value chain analysis. In *An Introduction to Sustainable Aquaculture* (1st ed., p. 13). Routledge. URL: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003174271-12/aquaculture-value-chain-analysis-daniel-pe%C3%B1alosa-martinell> (accessed 03 June 2025)
31. El-Sayed, A. F. M., Dickson, M. W., & El-Naggar, G. O. (2015) Value chain analysis of the aquaculture feed sector in Egypt. *Aquaculture*, Vol. 437, pp. 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.11.033>
32. Aarstad, J., Jakobsen, S.-E., Fløysand, A., & Kvitastein, O. A. (2024) Sustainability and innovation across the aquaculture value chain. *Frontiers in Aquaculture*, Vol. 3. <https://doi.org/10.3389/faq.2024.1384722>

33. Ahmed, N., & Azra, M. N. (2022) Aquaculture Production and Value Chains in the COVID-19 Pandemic. *Current environmental health reports*, Vol. 9(3), pp. 423–435. <https://doi.org/10.1007/s40572-022-00364-6>
34. Liverpool-Tasie, L. S. O., Wineman, A., Amadi, M. U., Gona, A., Emenekwe, C. C., Fang, M., Olunuga, O., Onyeneke, R. U., Sunday, N., Taiwo, A. M., Reardon, T., & Belton, B. (2024) Rapid transformation in aquatic food value chains in three Nigerian states. *Frontiers in Aquaculture*, Vol. 3. <https://doi.org/10.3389/faquc.2024.1302100>
35. Ditrikh, I. V. (2014) Tendentsii i perspektyvy svitovoho rynku ryby ta moreproduktiv [Trends and prospects of the world fish and seafood market]. *Global and national problems of the economy: electronic scientific professional publication*, Vol. 2, pp. 62–65. Retrieved from: <http://global-national.in.ua/archive/2-2014/13.pdf>
36. Kukharets, S. M., Ovdiuk, V. M., & Ovdiuk, O. M. (2022) Teoriia ta metodolohiia akvakulturnykh system i tekhnolohii [Theory and methodology of aquaculture systems and technologies]. *Theory and methodology of aquaculture systems and technologies*, Vol. 2(12), pp. 138–149. Retrieved from: http://wra-journal.ksauniv.ks.ua/archives/2022/2_2022/9.pdf
37. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2022) *Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy za 2022 rik* [Statistical Yearbook of Ukraine for 2022]. URL: <https://stat.gov.ua/sites/default/files/2024-02/Zbirnyk%20Statystychnyi%20shchorichnyk%20Ukrainy%202022%20rik.pdf> (accessed 03 June 2025)
38. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2019) *Ohliad vyrobnytstva produktsii akvakultury v Ukraini za danymy statystychnoi formy 1a-ryba (richna) za 2019 rik* [Overview of aquaculture production in Ukraine according to statistical form 1a-fish (annual) for 2019]. URL: http://darg.gov.ua/files/15/02_26_akva.pdf (accessed 03 June 2025)
39. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2025) *Holovne upravlinnia Statystyky v Sumskii oblasti* [Main Department of Statistics in Sumy Region]. URL: <https://sumy.ukrstat.gov.ua/?menu=1337&level=3> (accessed 03 June 2025)
40. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2018) *Statystychnyi zbirnyk «Balansy ta spozhyvannia osnovnykh produktiv kharchuvannia naselenniam Ukrainy, 2018»* [Statistical Yearbook «Balances and Consumption of Basic Food Products by the Population of Ukraine, 2018»]. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2018/zb/07/zb_bsoph2017_pdf.pdf (accessed 03 June 2025)

Дата першого надходження рукопису до видання: 14.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

УДК 639.3.09:639.3.043:577.175.3:577.15
DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.6>

ВПЛИВ ЕКСТРАКТУ ГРИБА ШИЇТАКЕ (*LENTINULA EDODES*) НА АНТИОКСИДАНТНИЙ ЗАХИСТ ТА ГОРМОНАЛЬНИЙ ПРОФІЛЬ У МОЛОДІ РУСЬКОГО ОСЕТРА (*ACIPENSER GUELLENSTAEDTII* BRANDT, 1856)

¹Солопова Х.Я. – к. вет. н.

orcid.org/0000-0002-9772-7745

²Бернакевич О.М. – к. с.-г. н., с.н.с.

orcid.org/0000-0002-9144-8534

²Кориляк М.З. – к. с.-г. наук

orcid.org/0000-0001-8235-5400

^{3,4}Віщур О.І. – д. вет. н., професор

orcid.org/0000-0003-4503-3896

¹Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України

²Львівська дослідна станція Інституту рибного господарства

Національної академії аграрних наук України

³Інститут біології тварин Національної академії аграрних наук України

⁴Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
ім. С.З. Гжицького

khrystyna.solopova@gmail.com

У статті представлено результати експериментальних досліджень, щодо впливу препарату під комерційною назвою «Шіїтаке екстракт *Fungipapa Lentinula edodes*» на активність системи антиоксидантного захисту та гормональний профіль в молоді руського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1856) за умов вирощування в РАС. Окрім переваг вирощування осетрів в РАС має і низку недоліків, котрі призводять до виникнення стресу, зниження темпів росту й опірності осетрів (Zhang et al., 2025).

З огляду на це, заслуговує на увагу екстракт гриба шіїтаке, який містить низку біологічно активних речовин, ключовою серед яких є полісахарид лентинан (близько 30 % загальної маси плодового тіла).

Для досліджень використовували молодь руського осетра з початковою масою $140,8 \pm 1,2$ г. У два акваріуми, об'ємом $0,5 \text{ м}^3$ кожний, було посаджено по 7 екземплярів руського осетра (контрольна і дослідна групи). Щільність посадки риби відповідала існуючим нормам. Риби обох груп отримували сухий корм Alltech Supreme – 15 у відповідності з нормами годівлі. Особи дослідної групи додатково до вказаного корму додавали досліджуваний екстракт гриба шіїтаке у кількості 0,1 %. Для цього готовий сухий екстракт розмішували з водою та рівномірно наносили на поверхню сухого корму спреєм, висушували і проводили годівлю відповідно до їхнього віку та вагових показників. Тривалість експерименту

становила 28 діб. Після завершення дослід у сироватці крові риб визначали вміст кортизолу та трийодтироніну, а в тканинах печінки – активність СОД та каталази, а також вміст дієнових кон'югатів та ТБК-активних продуктів.

Проведені дослідження показали, що додавання до корму осетрів екстракту гриба шиїтаке спричиняє інгібуючий вплив на інтенсивність процесів перекисного окиснення ліпідів, про що свідчить вірогідно менший вміст ТБК-активних продуктів у тканинах печінки осетрів на тлі зниження супероксиддисмутазної активності. За дії чинників екстракту гриба шиїтаке у крові осетрів констатовано зростання вмісту трийодтироніну та вірогідне зменшення рівня кортизолу, що вказує на зниження стресової реакції та стабілізацію метаболічного гомеостазу організму осетрів за умов вирощування у РАС.

Ключові слова: осетри, шиїтаке, лентинан, кортизол, трийодтиронін, АОС, РАС.

Постановка проблеми. Рециркуляційні аквакультурні системи (РАС) – це сучасна технологія для вирощування осетрів, яка має багато переваг, зокрема: повністю контрольоване людиною середовище (контроль температури, рН, концентрації розчиненого кисню); замкнута система мінімізує контакт з інфекційними та інвазійними агентами; інтенсивне та цілорічне вирощування [10, 11]. Незважаючи на низку переваг наявні й певні недоліки. Так, окрім високих капітальних та операційних витрат є вразливість до технічних збоїв та стрес у риб через акустичний шум, різкі зміни температури або щільності посадки. Як відомо, акустичний шум, котрий виникає внаслідок роботи насосів та фільтрів у РАС, безпосередньо впливає на рівень кортизолу та антиоксидантних ферментів у крові риб [30].

З метою зменшення негативного впливу на організм осетрів при вирощуванні їх у РАС використовують біологічні методи для забезпечення метаболічного гомеостазу. Зокрема застосовують вітаміни та мінерали, пре-, про- та синбіотики, біологічно активні речовини та фітобіологічні добавки, додаючи їх у корми [11]. Однією із таких біологічно активних речовин є лентинан – це природний полісахарид (β -глюкан), що міститься в кількості близько 30% в грибах шиїтаке (*Lentinula edodes*) і є основною його активною сполукою. Окрім лентинану у грибах шиїтаке містяться вітаміни (особливо групи В та D), мінерали (калій, магній, залізо, цинк, селен), амінокислоти та клітковина [23]. Лентинан, як β -глюкан, вважається ефективним імуностимулятором завдяки своїй здатності зв'язуватися з різними рецепторами на лейкоцитах, що призводить до стимуляції імунних реакцій, включаючи бактерицидну активність, продукцію цитокінів та здатність до виживання на клітинному рівні [27]. В окремих дослідженнях показано, що він може взаємодіяти з певними рецепторами на макрофагах, продукуючи різні цитокіни та відповідно опосередковано активувати інші імунні клітини, враховуючи Т- та В-лімфоцити [23].

Разом з цим відомо, що лентинан проявляє антиоксидантні властивості, захищаючи організм осетрових від шкідливого впливу вільних радикалів, які можуть викликати окиснювальний стрес та пошкоджувати клітини [5].

З огляду на взаємозв'язок імунної й антиоксидантної систем захисту, а також враховуючи наші попередні дослідження, де встановлено, що застосування даного екстракту в процесі вирощування руського осетра від личинок до життестійких стадій протягом 28-ми діб привело до пришвидшення темпу середньодобового росту протягом останнього тижня в 1,6 раза, зумовлюючи збільшення середньої маси тіла в кінці експерименту на 27,4 % відносно контрольної групи. Також встановлено, що кумулятивне виживання протягом 28-ми діб експерименту становило у контрольній групі 31,7%, у першій дослідній групі – 47,3 % та у другій дослідній – 85 % [31]. Оскільки, застосування досліджуваного екстракту є доцільним з огляду на біологічний та економічний ефект, подальші дослідження були спрямовані на вивчення його впливу на маркери стресу, тиреоїдну ланку та активність антиоксидантних ензимів і вміст продуктів ПОЛ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що кортизол та трийодтиронін (Т3) у риб це основні гормони які впливають на метаболізм, розвиток та стресові реакції, а їхній взаємозв'язок в основному проявляється через стрес-метаболічний баланс. Тобто при підвищенні кортизолу відбувається зниження Т3, зокрема через стрес та адаптацію до умов середовища існування. При відсутності стресу тиреоїдні гормони підтримують ріст і розвиток, а кортизол відповідає за регуляцію іонного гомеостазу, обмін речовин, енергетичний баланс. Отже, за дії стрес-факторів підвищується кортизол, який може впливати на тиреоїдну систему. Є дані, що під час стресової відповіді в риб взаємодіють гіпофізарна, кортизолова та тиреоїдна системи [13].

За технології вирощування японського осетра (*Acipenser schrenckii*, Brandt, 1869) у РАС, при збільшенні щільності посадки спостерігалось значне підвищення рівня кортизолу в крові, натомість рівні трийодтироніну і вільного трийодтироніну знижувались, тоді як тироксин (Т4) залишався стабільним [12]. Ці дані підтверджують деструктивний вплив недотримання оптимальних норм щільності посадки на метаболізм осетрів. Це адаптивна відповідь організму риб на хронічний стрес, що пригнічує метаболізм і ріст при дефіциті ресурсів. Також досліджено, що за дії високих доз кортизолу, зокрема, введення його дорослим самкам білуги (*Huso huso*, Linnaeus, 1758) для моделювання стресу, рівні Т3 та Т4 в сироватці крові значно зросли, також спостерігалось підвищення глюкози, ліпідів, холестерину. Тобто кортизол модифікує метаболічні показники. Отже, в даному

випадку за хронічного підвищення кортизолу відбувається не пригнічення, а підвищення тиреоїдної активності [14].

У літературі наявні дослідження стосовно впливу стресу, спричиненого дією певних препаратів на активність СОД, каталази та кортизолу у мальків севрюги (*Acipenser stella Pallas, 1771*) [16]. Констатовано також зростання рівня кортизолу у крові риб за умов транспортування [17].

Кортизол через мембранні та внутрішньоклітинні шляхи рецепторів може стимулювати утворення АФК, та активувати сигнальні каскади, що пов'язані з енергетичним метаболізмом і мітохондріальною активністю [15]. Гормон кортизол є важливим регулятором нейроендокринних стресових реакцій у кісткових риб [12,14,15]. Він переважно впливає на тканини-мішені через геномний шлях, який включає взаємодію з цитоплазматичними глюкокортикоїдними рецепторами, і тим самим модулюючи експресію генів стресової реакції. Кортизол також може забезпечувати швидкий ефект через негеномні шляхи, які не включають транскрипцію генів. Хоча кортизол-опосередковані геномні шляхи добре описані у кісткових риб, негеномні шляхи до кінця не вивчені [15].

В умовах аквакультури епізоди масової смертності личинок часто пов'язані з періодами переходу до іншого раціону живлення [19, 20]. Гормони щитоподібної залози відіграють вирішальну роль у розвитку та метаморфозі личинок, включаючи перехід від ендегенного до екзогенного живлення, і тому використовуються в аквакультурі для стимулювання викльову з ікри, росту та виживаності багатьох видів риб. Наприклад, екзогенне введення трийодтироніну озерному осетру (*Acipenser fulvescens Rafinesque, 1817*) покращує виживаність та темпи росту на ранніх критичних етапах переходу живлення [19].

Встановлено, що кортизол регулює локальну біодоступність Т3 у синегальської камбали (*Solea senegalensis Kaup, 1858*) через дейодування зовнішнього кільця (outer ring deiodination – ORD) при якому з тироксину видаляється один атом йоду із зовнішнього кільця тирозинового скелета, що перетворює його на активніший гормон трийодтиронін органоспецифічним способом [18].

Лентинан добре відомий як імуностимулятор, але дослідження його потенційної користі для риб недостатні. Наявні результати дослідження застосування добавки лентинану у великоротого окуня (*Micropterus salmoides Lacepède, 1802*) показали, що добавка може сприяти росту, підвищувати активність антиоксидантних ферментів у крові та печінці, зміцнювати імунну систему та підвищувати стійкість до хвороб [21].

Додавання лентинану до раціону азіатського морського окуня (*Lates calcarifer Bloch, 1790*) покращило ріст, гематобіохімічні параметри, стійкість до хвороб спричинених *S. Agalactiae* та експресію генів росту й імунітету.

Дослідженнями встановлено, що багаторазові ін'єкції β -глюкану, отриманого з ячменю, можуть покращити імунну відповідь та стійкість до захворювань у молоді *L. Rohita* проти інфекцій, спричинених умовно-патогенними мікроорганізмами *A. Hydrophila* та *E. Tarda* [24]. β -глюкани – це глюкозні полімери, присутні в клітинних стінках рослин, грибів та бактерій, які мають імуностимулювальну дію у риб [25]. Оскільки вони подібні з грибковими або бактеріальними грамнегативними полісахаридами, риби розпізнають ці полісахариди як чужорідні агенти. Після їх дії імунна система риб розвиває запальну реакцію, подібну до реакції на хворобу, забезпечуючи захист від умовно-патогенних інфекцій [26].

В свою чергу антиоксидантна система в осетрових риб є складним та ефективним механізмом, що дозволяє їм адаптуватися до мінливих умов зовнішнього середовища [5].

Постановка завдання. Представники родини *Acipenseridae*, в тому числі й молодь руського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*), демонструють високу чутливість до стрес-факторів, що в свою чергу проявляється змінами в ендокринній регуляції. Біологічно активні речовини лентинану, володіють метаболічними, імуностимулювальними й антиоксидантними властивостями, проте їхній вплив на гормонально-антиоксидантний баланс осетрових риб досліджено недостатньо. Аналіз даних літератури показав, що проведені дослідження у цьому напрямі є фрагментарні і потребують детального вивчення. У попередніх наших дослідженнях було показано позитивний вплив екстракту гриба шиїтаке на темпи росту і виживаність руського осетра в процесі вирощування від личинок до життєстійких стадій [31].

З огляду на це, завданням дослідження було з'ясувати вплив екстракту гриба шиїтаке на рівень біомаркерів стресових станів у осетрів, зокрема кортизолу і трийодтироніну та систему антиоксидантного захисту. Це дозволить оцінити можливість використання вказаного препарату для підвищення стійкості риб до стресових чинників при вирощуванні у РАС. Разом з цим, отримані результати сприятимуть удосконаленню технології вирощування молоді осетрових риб.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проведено із забезпеченням оптимальних параметрів утримання осетрів та дотриманням загальноприйнятих методик проведення експериментів у рибництві [20]. Об'єктом дослідження була молодь руського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1856), яку отримали із заплідненої ікри в рециркуляційній аквакультурній системі (РАС) Львівської дослідної станції Інституту рибного господарства НААН. У даному експерименті використовували молодь руського осетра з початковою масою $140,8 \pm 1,2$ г. У два акваріуми, об'ємом $0,5 \text{ м}^3$ кожний, було посаджено по 7 екземп-

лярів руського осетра (контрольна і дослідна групи). Щільність посадки риб відповідала існуючим нормам. Риби обох груп отримували сухий корм Alltech Corpens Supprime – 15 у відповідності з існуючими нормами годівлі. Особи дослідної групи додатково до вказаного корму додавали досліджуваний екстракт гриба шиїтаке у кількості 0,1 %. Для цього готовий сухий екстракт, розмішували з водою і рівномірно наносили на поверхню сухого корму спреєм, висушували і проводили годівлю відповідно до їхнього віку та вагових показників. Тривалість експерименту – 28 діб. Температурний режим підтримували на рівні $20,0 \pm 1,5^{\circ}\text{C}$. Гідрохімічний режим відповідав необхідним вимогам для вирощування осетрових риб.

Після завершення дослідів у сироватці крові риб визначали вміст кортизолу та трийодтироніну, а в тканинах печінки – активність антиоксидантних ензимів: СОД та каталази, а також вміст дієнових кон'югатів та ТБК-активних продуктів.

Концентрацію дієнових кон'югатів визначали за методом, що ґрунтується на реакції оптичної густини гептанізопропанольного екстракту ліпідів. Визначення концентрації ТБК-активних продуктів проводили спектрофотометрично за кольоровою реакцією між малоновим діальдегідом і тіобарбітуровою кислотою, яка протікає в кислому середовищі та при дії високої температури, утворюючи триметилловий комплекс (Коробейникова, 1989). Активність супероксиддисмутази (СОД) визначали за методом, що базується на відновленні нітротетразолію синього супероксидними радикалами, які утворюються у результаті реакції між феназинметасульфатом і відновленою формою нікотинаміддинуклеотиду (Дубиніна, 1983). Визначення активності каталази проводили, використовуючи метод, що ґрунтується на утворенні стійкої кольорової комплексної сполуки за реакції пероксиду водню з солями амоній молібдату (Корольок, 1988). Визначення вказаних показників у біологічному матеріалі риб проводили згідно зазначених методик, які описані у довіднику [29]. Визначення вмісту білка проводили за методом Бредфорда [32].

Визначення вмісту кортизолу і вільного трийодтироніну у сироватці крові проводили методом імуноферментного аналізу на апараті Labline 100, використовуючи набори для визначення фірми Astra biotech (Cortisol kit, Free T3 kit).

Одержані цифрові дані опрацьовували методами варіаційної статистики, використовуючи стандартний пакет статистичних програм Microsoft Excel. Визначали середні арифметичні величини (M), середню квадратичну помилку (m) і вірогідність різниць (P) між досліджуваними середньоарифметичними величинами. Статистично вірогідну різницю отриманих показників оцінювали за t -критерієм Стьюдента [2]

Результати досліджень та їх обговорення. Стан системи антиоксидантного захисту (САЗ) у досліджуваних осетрів за впливу екстракту гриба шийтаке оцінювали за активністю ензимної ланки й інтенсивністю процесів пер оксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) у тканинах печінки риб. У даному випадку ензимна ланка АОС представлена супероксиддисмутазою (СОД) і каталазою; продукти ПОЛ – дієновими кон'югатами і ТБК-активними продуктами.

Як відомо, під впливом низки факторів, зокрема і стресових чинників, порушується баланс процесів ПОЛ-САЗ. Інтенсифікація процесів ПОЛ призводить до утворенням високоактивних ліпідних радикалів. А також порушення в системі САЗ та ПОЛ можуть бути спричинені гіперпродукцією речовин, які виконують функцію антиокисників і захищають клітини від надлишкового утворення продуктів ПОЛ. ТБК-активні продукти є кінцевими продуктами пероксидного окиснення ліпідів й індикатором окисного стресу в організмі, тоді як СОД є репрезентативним маркером антиоксидантної системи.

Результати проведених досліджень показали, що застосування у раціоні осетрів дослідної групи екстракту гриба шийтаке спричиняє інгібуючий вплив на інтенсивність процесів пероксидного окиснення ліпідів у тканинах печінки, і особливо їх кінцевих продуктів (таблиця 1).

Таблиця 1. Активність СОД і каталази та вміст дієнових кон'югатів і ТБК-активних продуктів у тканинах печінки молоді руського осетра за застосування у їх раціоні екстракту гриба шийтаке ($M \pm m, n=3$)

Досліджувані показники	Контроль	Дослід
СОД, Ум. Од/хв. мг Б	1,94 $\pm$ 0,13	1,34 $\pm$ 0,08**
Каталаза, Мкмоль H ₂ O ₂ /хв. х мг білка	49,41 $\pm$ 0,320	49,96 $\pm$ 0,147
Дієнові кон'югати, С (нмоль /мг білка)	2,35 $\pm$ 0,14	2,30 $\pm$ 0,14
ТБК-активні продукти, (нмоль /мг білка)	1,82 $\pm$ 0,25	0,95 $\pm$ 0,32*

Так, вміст ТБК-активних продуктів у тканинах печінки осетрів дослідної групи був в 1,9 раза менший, ніж у контрольній. Зниження вмісту продуктів ПОЛ, і особливо ТБК-активних продуктів у тканинах печінки осетрів дослідної групи можна пояснити зниженням ферментативної активності досліджуваних ензимів. Більшою мірою це виражено за дослідження супероксиддисмутазної активності, ключового ензиму САЗ. Так, у печінці осетрів цієї групи стосовно контрольної виявлено нижчу на 30,9 % супероксиддисмутазну активність. Вірогідних змін щодо активності каталази у печінці осетрів контрольної і дослідної груп нами не зафіксовано.

Таким чином, отримані дані свідчать про інгібуючий вплив екстракту гриба шиїтаке на інтенсивність процесів пероксидного окиснення ліпідів у тканинах печінки осетрів, що ймовірно зумовлено комплексною дією чинників досліджуваного екстракту на активність ключового ензиму системи антиоксидантного захисту.

Одержані нами результати досліджень вмісту рівня кортизолу та ТЗ представлені у таблиці 2. З даних таблиці бачимо, що застосування у раціоні осетрів екстракту з гриба шиїтаке спричиняло зниження вмісту кортизолу у сироватці крові, його рівень вірогідно зменшився на 38,8 % стосовно контрольної групи. При цьому вміст трийодтироніну в осетрів дослідної групи зріс на 28,8 %. Можемо припустити, що підвищення метаболічно активного гормону щитоподібної залози ймовірно також впливатиме на обмінні процеси в організмі руського осетра, спричиняючи стимулювальну дію. Однак ці дані потребують подальшого детального вивчення.

Таблиця 2. Вміст кортизолу та трийодтироніну у сироватці крові молоді руського осетра за застосування у їх раціоні екстракту гриба шиїтаке ($M \pm m, n=3$)

Досліджувані гормони	Контроль	Дослід
Трийодтиронін (ТЗ), пмоль/л	2,60± 0,43	3,34±0,44
Кортизол, нмоль/л	857,82±127,08	525,41±7,92***

Одержані результати досліджень мають також і практичне значення, адже підтверджують, що додавання екстракту гриба шиїтаке, який містить близько 30 % лентинану до корму осетрових риб може підвищувати їхню стійкість до стресу при вирощуванні в РАС, а зростання рівня ТЗ може свідчити про активізацію метаболізму та ростових процесів.

Висновки. Додавання до корму осетрів екстракту гриба шиїтаке спричиняє інгібуючий вплив на інтенсивність процесів пероксидного окиснення ліпідів, про що свідчить вірогідно менший вміст ТБК-активних продуктів у тканинах печінки осетрів на тлі зниження супероксиддисмутазної активності. За дії чинників екстракту гриба шиїтаке у крові осетрів констатовано зростання вмісту трийодтироніну та вірогідне зменшення рівня кортизолу, що вказує на зниження стресової реакції та стабілізацію метаболічного гомеостазу організму осетрів за умов вирощування у РАС.

Подяки. Немає.

Фінансування. Отримані результати є складовою програми фундаментальних наукових досліджень НААН на 2021–2025 рр.:

32.«Система комплексного наукового забезпечення рибного господарства на внутрішніх водоймах України» («Рибництво та рибальство») за

завданням 32.00.00.05. Ф «Розроблення біотехнологічних методів підвищення життєстійкості осетрових риб у ранньому онтогенезі» (№ держреєстрації 0121U108908).

Конфлікт інтересів. У цій роботі конфлікт інтересів авторів відсутній.

EFFECT OF SHIITAKE (*LENTINULA EDODES*) MUSHROOM EXTRACT ON THE STATUS OF ANTIOXIDANT PROTECTION SYSTEM AND THE HORMONAL PROFILE OF THE RUSSIAN STURGEON (*ACIPENSER GUELLENSTAEDTII* BRANDT, 1856) JUVENILES

¹ *Solopova K. Ya. – Candidate of Veterinary Sciences
orcid.org/0000-0002-9772-7745*

² *Bernakevych O.M. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher
orcid.org/0000-0002-9144-8534*

² *Koryliak M.Z. – Candidate of Agricultural Sciences
orcid.org/0000-0001-8235-5400*

^{3,4} *Vishchur O.I. – Doctor of veterinary sciences, Professor
orcid.org/0000-0003-4503-3896*

¹ *Institute of Fisheries of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*

² *Lviv Experimental Station of the Institute of Fisheries of National Academy
of Agrarian Sciences of Ukraine*

³ *Institute of animal biology of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*

⁴ *Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies
khrystyna.solopova@gmail.com*

The article presents the results of experimental studies on the effect of the drug under the commercial name “Shiitake extract Fungipapa *Lentinula edodes*” on the activity of the antioxidant defense system and hormonal profile in young Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1856) under conditions of cultivation in a recirculating aquaculture system (RAS). In addition to the advantages of growing sturgeon in RAS, there are a number of disadvantages that lead to stress, reduced growth rates, and reduced resistance in sturgeon (Zhang et al., 2025).

For the study, young Russian sturgeon with an initial weight of 140.8 ± 1.2 g were used. Seven Russian sturgeon were placed in each of two aquariums, each with a volume of 0.5 m³ (control and experimental groups). The stocking density of the fish complied with existing standards. Fish from both groups were fed Alltech Coppens Suprime – 15 dry feed in accordance with feeding standards. In addition to the specified feed, the experimental group was given 0.1% of the studied shiitake mushroom extract. To do this, the prepared dry extract was mixed with water and evenly sprayed onto the surface of the dry feed, dried, and fed according to their age and weight. The experiment lasted 28 days. After completion of the experiment, the content of cortisol

and triiodothyronine was determined in the blood serum of fish, and the activity of SOD and catalase, as well as the content of diene conjugates and TBC-active products, was determined in liver tissues.

The studies showed that adding shiitake mushroom extract to sturgeon feed has an inhibitory effect on the intensity of lipid peroxidation processes, as evidenced by a significantly lower content of TBA-active products in the liver tissues of sturgeons against the background of a decrease in superoxide dismutase activity. Under the influence of shiitake mushroom extract, an increase in triiodothyronine content and a probable decrease in cortisol levels were observed in sturgeon blood, indicating a reduction in stress response and stabilization of metabolic homeostasis in sturgeon under conditions of cultivation in a recirculating aquaculture system.

Key words: sturgeons, shiitake, lentinan, cortisol, triiodothyronine, AOS, RAS.

ЛІТЕРАТУРА

1. Желтов Ю. О. Методичні вказівки з проведення дослідів по годівлі риб. *Рибне господарство*. 2003. Вип. 62. С. 23–28.
2. Камінський В. Ф., Буслаєва Н. Г. Основи прикладного математичного аналізу в сільськогосподарських дослідженнях. Методичні рекомендації. Київ, 2011. 28 с.
3. Posner L. P., Harms C. A., Smith S. A. Sedation, anesthesia, analgesia and euthanasia. *Fish diseases and medicine*. 2019. P. 283-304.
4. Thyroid hormone regulates mitochondrial respiration as well as antioxidant defense in teleosts too / Oommen, O. V. et al. *Endocrinology Reproductive*. 2006. № 10, P. 96-105.
5. Effect of crowding stress on growth performance, the antioxidant system and humoral immunity in hybrid sturgeon / Bi B. et. al. *Aquaculture Reports*. 2023. Vol. 28. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101468>
6. Dawood M.A.O., Noreldin A.E. Sewilam H. Blood biochemical variables, antioxidative status, and histological features of intestinal, gill, and liver tissues of African catfish (*Clarias gariepinus*) exposed to high salinity and high-temperature stress. *Environ Sci Pollut Res*. 2022. Vol. 29. P. 56357–56369 <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19702-0>
7. Oxidative Stress and Neurotoxicity Biomarkers in Fish Toxicology / Formicki G., et.al. *Antioxidants*. 2025. Vol.14(8). P. 939. <https://doi.org/10.3390/antiox14080939>
8. Oxidative stress and endocrine endpoints in white sucker (*Catostomus commersoni*) from a river impacted by agricultural chemicals / Dorval. J. et. al. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2005. Vol. 24(5). P. 1273-1280. <https://doi.org/10.1897/03-523.1>
9. Relationship between cortisol and glucose as physiological stress indicators during growth season in juvenile Siberian sturgeon *Acipenser baerii* / Eagderi, S., et. al. *Journal of Fisheries*. 2020. Vol. 8(3). P. 873-877. <https://doi.org/10.17017/j.fish.191>

10. Інструменти формування пропозиції при виробництві руського осетра в системі розвитку глобального економічного середовища / Шарило, Ю. Є. та ін. Посібник. Київ, 2023. 99 с.
11. Андрющенко А. І., Вовк Н. І., Кондратюк В. М. (2018). Осетрівництво. Ставе осетрівництво: підручник. Том II. Київ, 2018. 612 с.
12. Li D., Liu Z., Xie C. Effect of stocking density on growth and serum concentrations of thyroid hormones and cortisol in Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*. *Fish physiology and biochemistry*. 2012. Vol. 38(2). P. 511-520.
13. Peter M. S. The role of thyroid hormones in stress response of fish. *General and Comparative Endocrinology*. 2011. Vol. 172(2). P. 198-210. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2011.02.023>
14. Poursaeid S., Falahatkar B., Van Der Kraak, G. Short-term effects of cortisol implantation on blood biochemistry and thyroid hormones in previtellogenic great sturgeon *Huso huso*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2015. Vol.179. P. 197-203. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2014.09.039>
15. Cortisol induces reactive oxygen species through a membrane glucocorticoid receptor in rainbow trout myotubes / Espinoza, M. B. et. all. *Journal of Cellular Biochemistry*. 2017. Vol. 118(4). P. 718-725. <https://doi.org/10.1002/jcb.25676>
16. Protective effects of HSP Inducer on diazinon-exposed stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) fry: Insights on HSP70 gene expression, immune response, and enzyme indices / Vahdatirad L. et. all. *Plos one*. 2023. Vol. 18(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294188>
17. Refaey M. M., Li D. Transport stress changes blood biochemistry, antioxidant defense system, and hepatic HSPs mRNA expressions of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Frontiers in Physiology*. 2018. Vol. 9. P. 1628. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01628>
18. Effects of cortisol and thyroid hormone on peripheral outer ring deiodination and osmoregulatory parameters in the Senegalese sole (*Solea senegalensis*) / Arjona F. J., et. all. *Journal of Endocrinology*. 2011. Vol. 208 (3). P. 323-330. <https://doi.org/10.1530/JOE-10-0416>
19. Weinrauch A. M., Bouyoucos I. A., Anderson W. G. Exogenous triiodothyronine application increases survivorship in larval lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*): molecular and endocrine regulation of appetite, growth, and stress axes. *Aquaculture*. 2023. Vol. 571. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739454>
20. Endogenous cortisol production and its relationship with feeding transitions in larval lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) / Earhart M. L., et.all. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2020. Vol. 249. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2020.110777>

21. Effects of dietary lentinan on growth performance, nonspecific immunity and disease resistance to *Aeromonas hydrophila* in largemouth bass (*Micropterus salmoides*) / Wang Y., et. all. *Aquaculture Reports*. 2023. Vol. 32. P. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101696>
22. Dietary lentinan improves growth, haemato-biochemical indices, resistance to *Streptococcus agalactiae* infection and expression of immune genes in Asian seabass, *Lates calcarifer* / Pathinathan P., et all. *Aquaculture*. 2024. Vol. 580(1). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740299>
23. Bioactive polysaccharides from medicinal mushrooms: A review on their isolation, structural characteristics and antitumor activity / Garcia J., et. all. *Food Bioscience*. 2022. Vol.49. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101955>
24. Semwal A., Kumar A., Kumar N. A review on pathogenicity of *Aeromonas hydrophila* and their mitigation through medicinal herbs in aquaculture. *Heliyon*.2023.Vol. 9(3).<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14088>
25. Effects of single and multi-strain probiotics on the growth, hemato-immunological, enzymatic activity, gut morphology and disease resistance in Rohu, *Labeo rohita* / Saravanan K., et. all. *Aquaculture*. 2021. Vol. 540. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736749>
26. The immunomodulatory effect of laminaran [β (1, 3) D glucan] on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., anterior kidney leucocytes after intraperitoneal, peroral and peranal administration / Dalmo R. A., et. all. *Journal of fish diseases*. 1996. Vol. 19(6). P. 449-457. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.1996.d01-97.x>
27. β -Glucan: mode of action and its uses in fish immunomodulation / Hadiuzzaman M., et. all. *Frontiers in Marine Science*. 2022. Vol. 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.905986>
28. Cortisol levels reveal species-specific stress condition in fish from PFAS polluted rivers / Schumann S., et. all. *Chemosphere*. 2024. Vol. 363. <https://doi.org/10.3390/ijerph20136237>.
29. Лабораторна діагностика у ветеринарній медицині / В. В. Влізлю та ін. Довідник. 2-ге видання. Львів, 2014. 152 с.
30. Underwater noise impairs the health of juvenile hybrid sturgeon based on blood parameters / Pan Y., et. all. *Aquatic Ecology*. 2025. Vol. 59. P. 725-740. <https://doi.org/10.1007/s10452-025-10191-0>
31. Вплив екстракту гриба шийтаке (*Lentinula edodes*) на ріст та опірність організму молоді руського осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1856) / Ю. М. Забитівський та ін. *Рибогосподарська наука України*. 2025. № 2. С. 173–191. <https://doi.org/10.61976/fsu2025.02.173>
32. Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytic Biochemistry*. 1976. Vol. 72. P. 248–254.

REFERENCES

1. Zheltov Yu. O. (. 2003) Metodichni vkazivky z provedennia doslidiv po hodivli ryb. [Methodological guidelines for conducting experiments on fish feeding.]. Rybne hospodarstvo. Vol. 62. 23–28. [in Ukrainian].
2. Kaminskyi V. F., Buslaieva N. H. (2011) Osnovy prykladnoho matematychnoho analizu v silskohospodarskykh doslidzhenniakh. Metodichni rekomendatsii. [Fundamentals of applied mathematical analysis in agricultural research. Methodological recommendations]. Kyiv. 28. [in Ukrainian].
3. Posner L. P., Harms C. A., Smith S. A. (2019). Sedation, anesthesia, analgesia and euthanasia. In *Fish diseases and medicine*. CRC Press. 283-304.
4. Oommen O. V., Sreejith P., Beyo R. S., Divya L., Vijayasree A. S., Manju M. (2006). Thyroid hormone regulates mitochondrial respiration as well as antioxidant defense in teleosts too. *J Endocrinol Reprod*. Vol. 10, 96-105.
5. Bi B., Yuan Y., Zhao Y., He M., Song H., Kong L., Gao Y. (2023). Effect of crowding stress on growth performance, the antioxidant system and humoral immunity in hybrid sturgeon. *Aquaculture Reports*. Vol. 28. 101468. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101468>
6. Dawood M.A.O., Noreldin A.E. Sewilam H. (2002) Blood biochemical variables, antioxidative status, and histological features of intestinal, gill, and liver tissues of African catfish (*Clarias gariepinus*) exposed to high salinity and high-temperature stress. *Environ Sci Pollut Res*. Vol. 29, 56357–56369 <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19702-0>
7. Formicki G., Goc Z., Bojarski B., Witeska M. (2025). Oxidative Stress and Neurotoxicity Biomarkers in Fish Toxicology. *Antioxidants*. Vol. 14(8). 939. <https://doi.org/10.3390/antiox14080939>
8. Dorval J., Leblond V., Deblois C., Hontela A. (2005). Oxidative stress and endocrine endpoints in white sucker (*Catostomus commersoni*) from a river impacted by agricultural chemicals. *Environmental Toxicology and Chemistry*. Vol. 24(5). 1273-1280. <https://doi.org/10.1897/03-523.1>
9. Eagderi S., Poorbagher H., Hasanlipour A., Çiçek E. (2020). Relationship between cortisol and glucose as physiological stress indicators during growth season in juvenile Siberian sturgeon *Acipenser baerii*. *Journal of Fisheries*. Vol. 8(3). 873-877. <https://doi.org/10.17017/j.fish.191>
10. Vdovenko N. M., Sharylo Yu. Ye., Dmytryshyn R. A., Medvedenko L. K., Herasymchuk, V. V., Fedorenko M. O. (2023). Instrumenty formuvannia propozytsii pry vyrobnytstvi ruskoho osetra v systemi rozvytku hlobalnoho ekonomichnoho seredovyshcha. [Tools for forming supply in the production of Russian sturgeon in the system of development of the global economic environment. Manual]. Kyiv. 99. [in Ukrainian].

11. Andriushchenko A. I., Vovk N. I., Kondratiuk V. M. (2018). Osetrivnytstvo. Stavove osetrivnytstvo: pidruchnyk. [Sturgeon farming. Pond sturgeon farming: a textbook] Tom II. Kyiv: Oberih. 612. [in Ukrainian].
12. Li D., Liu Z., Xie C. (2012). Effect of stocking density on growth and serum concentrations of thyroid hormones and cortisol in Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*. *Fish physiology and biochemistry*. Vol. 38(2). 511-520.
13. Peter M. S. (2011). The role of thyroid hormones in stress response of fish. *General and Comparative Endocrinology*. Vol. 172(2). 198-210. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2011.02.023>
14. Poursaeid S., Falahatkar B., Van Der Kraak G. (2015). Short-term effects of cortisol implantation on blood biochemistry and thyroid hormones in previtellogenic great sturgeon *Huso huso*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. Vol. 179. 197-203. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2014.09.039>
15. Espinoza M. B., Aedo J. E., Zuloaga R., Valenzuela C., Molina A., Valdés J. A. (2017). Cortisol induces reactive oxygen species through a membrane glucocorticoid receptor in rainbow trout myotubes. *Journal of Cellular Biochemistry*. Vol. 118(4). 718-725. <https://doi.org/10.1002/jcb.25676>
16. Vahdatiraad L., Heidari B., Zarei S., Sohrabi T., Ghafouri H. (2023). Protective effects of HSP Inducer on diazinon-exposed stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) fry: Insights on HSP70 gene expression, immune response, and enzyme indices. *Plos one*. Vol. 18(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294188>
17. Refaey M. M., Li D. (2018). Transport stress changes blood biochemistry, antioxidant defense system, and hepatic HSPs mRNA expressions of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Frontiers in Physiology*. Vol. 9. 1628. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01628>
18. Arjona F. J., Vargas-Chacoff L., Martin del Rio M. P., Flik G., Mancera J. M., Klaren P. H. (2011). Effects of cortisol and thyroid hormone on peripheral outer ring deiodination and osmoregulatory parameters in the Senegalese sole (*Solea senegalensis*). *Journal of Endocrinology*. Vol. 208(3). 323-330. <https://doi.org/10.1530/JOE-10-0416>
19. Weinrauch A. M., Bouyoucos I. A., Anderson W. G. (2023). Exogenous triiodothyronine application increases survivorship in larval lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*): molecular and endocrine regulation of appetite, growth, and stress axes. *Aquaculture*. Vol. 571. 739454. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739454>
20. Earhart M. L., Ali J. L., Bugg W. S., Jeffries K. M., Anderson W. G. (2020). Endogenous cortisol production and its relationship with feeding transitions in larval lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*). *Comparative Biochemistry*

- and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. Vol. 249. 110777. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2020.110777>
21. Wang Y., Liu W., Li X., Xin Y., Tang Y., Xiao H., Li S. (2023). Effects of dietary lentinan on growth performance, nonspecific immunity and disease resistance to *Aeromonas hydrophila* in largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture Reports*. Vol. 32. 101696. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101696>
 22. Pathinathan P., Arumugam U., Elangovan P., Nathan F., Baboonsundaram A., Antony C. (2024). Dietary lentinan improves growth, haemato-biochemical indices, resistance to *Streptococcus agalactiae* infection and expression of immune genes in Asian seabass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*. Vol. 580. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.740299>
 23. Garcia J., Rodrigues F., Saavedra M. J., Nunes F. M., Marques G. (2022). Bioactive polysaccharides from medicinal mushrooms: A review on their isolation, structural characteristics and antitumor activity. *Food Bioscience*. Vol. 49. 101955. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101955>
 24. Semwal A., Kumar A., Kumar N. (2023). A review on pathogenicity of *Aeromonas hydrophila* and their mitigation through medicinal herbs in aquaculture. *Heliyon*. Vol. 9(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14088>
 25. Saravanan K., Sivaramakrishnan T., Praveenraj J., Kiruba-Sankar R., Haridas H., Kumar S., Varghese B. (2021). Effects of single and multi-strain probiotics on the growth, hemato-immunological, enzymatic activity, gut morphology and disease resistance in Rohu, *Labeo rohita*. *Aquaculture*. Vol. 540. 736749. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736749>
 26. Dalmo R. A., Bogwald J., Ingebrigtsen K., Seljelid R. (1996). The immunomodulatory effect of laminaran [β (1, 3)-D-glucan] on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., anterior kidney leucocytes after intraperitoneal, peroral and peranal administration. *Journal of fish diseases*. Vol. 19(6). 449-457. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.1996.d01-97.x>
 27. Hadiuzzaman M., Moniruzzaman M., Shahjahan M., Bai S. C., Min T., Hossain Z. (2022). β -Glucan: mode of action and its uses in fish immunomodulation. *Frontiers in Marine Science*. Vol. 9. 905986. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.905986>
 28. Schumann S., Negrato E., Piva E., Pietropoli E., Bonato M., Irato P., Bertotto D. (2024). Cortisol levels reveal species-specific stress condition in fish from PFAS polluted rivers. *Chemosphere*. Vol. 363. 142925. <https://doi.org/10.3390/ijerph20136237>
 29. Vlizlo V. V., Slivinska S.H., Maksymovych I. A., Leno M. I., Halias V. L. (2014) Laboratorna diahnozyka u veterynarnii medytsyni. [Laboratory diagnostics in veterinary medicine]. Lviv. 152 s. [in Ukrainian].

30. Pan Y., Gao Y., Shi Y., Xu J., Fan H., Khan F. U., Hu M. (2025). Underwater noise impairs the health of juvenile hybrid sturgeon based on blood parameters. *Aquatic Ecology*. Vol. 59. 1-16. <https://doi.org/10.1007/s10452-025-10191-0>
31. Zabytivskiy Yu. M., Koryliak M. Z., Bobeliak L. Y., Kachai H. V. (2025) Vplyv ekstraktu hryba shyitake (*Lentinula edodes*) na rist ta opirnist orhanizmu molodi ruskoho osetra (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1856). [Effect of shiitake mushroom extract (*Lentinula edodes*) on growth and resistance of juvenile Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1856)]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*. Vol. 2. 173–191. <https://doi.org/10.61976/fsu2025.02.173> [in Ukrainian].
32. Bradford M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analitic Biochemistry*. Vol. 72. 248–254.

Дата першого надходження рукопису до видання: 28.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

УДК 639.3:006.3(4+477)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.7>

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО СЕРТИФІКАЦІЇ АКВАКУЛЬТУРИ: ДОСВІД ЄС ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

¹Трохименко В.З. – к. с.-г. н., доцент

orcid.org/0000-0002-1763-3141

¹Ковальчук Т.І. – к. с.-г. н., доцент

orcid.org/0000-0002-8682-3280

¹Матковська С.І. – к. с.-г. н., доцент

orcid.org/0000-0002-8019-5498

²Павлюк С.К. – головний аудитор СКБХП, ДСТУ ISO 22000; аудитор ДСТУ ISO 14001, ДСТУ EN ISO 22716, аудитор з атестації виробництв, аспірант

orcid.org/0009-0004-7615-963X

²Філінська Т.Г. – к. тех. н., доцент,

orcid.org/0009-0009-7921-1989

¹Поліський національний університет

²Навчально-науковий інститут «Український державний
хіміко-технологічний університет»

trohimenkovita@ukr.net

У статті здійснено порівняльний аналіз системи сертифікації аквакультури в Україні та країнах Європейського Союзу. Розглянуто нормативно-правові основи, міжнародні стандарти (GLOBALG.A.P., ASC, Organic EU), а також механізми простежуваності та контролю якості продукції. Визначено ключові відмінності між українською та європейською моделями сертифікації, окреслено виклики та перспективи гармонізації. Результати дослідження можуть бути використані для розробки національної стратегії інтеграції України у європейський ринок аквакультури. Сертифікація аквакультури в Європейському Союзі базується на інтегрованому підході, який охоплює екологічні, соціальні та економічні аспекти виробництва. Основними напрямками є органічне виробництво, екологічна відповідальність, безпечність харчових продуктів та добробут працівників. ЄС активно впроваджує цифрову простежуваність, знижує вплив на довкілля та стимулює використання сталих ресурсів. Попит на сертифіковану продукцію зростає, особливо серед великих ритейлерів і свідомих споживачів. В Україні сертифікація аквакультури лише набирає обертів. Деякі виробники вже проходять сертифікацію за європейськими стандартами, зокрема органічними. В Україні відсутній цілісний закон про аквакультуру, що охоплює всі аспекти виробництва, екології, безпеки та сертифікації. Проте відсутність національного єдиного стандарту ускладнює гармонізацію з вимогами ЄС. Основними бар'єрами залишаються недостатня обізнаність виробників, висока вартість сертифікації та обмежений доступ до акредитованих органів. Бракує фахівців, які володіють знаннями про міжнародні стандарти, аудит, HACCP, ISO тощо. Сертифікація потребує інвестицій у документацію, аудит, модернізацію виробництва – що є складним для малих і середніх

господарств. Ми вбачаємо вирішення цих проблем наступним чином: розробка національного стандарту аквакультури, гармонізованого з європейськими нормами, запроваджувати освітні програми та тренінги для виробників і аудиторів. Дуже важлива державна підтримка сертифікації – гранти, компенсації, пільги, а також інтеграція в експортні ланцюги через кооперацію та маркетинг.

Ключові слова: аквакультура, сертифікація, стандартизація, Україна, Європейський Союз, GLOBALG.A.P., ASC, простежуваність.

Постановка проблеми. Аквакультура – це вирощування водних організмів (риби, ракоподібних, моллюсків, водоростей) у контрольованих умовах. Вона є важливою складовою аграрного сектору, що має стратегічне значення для продовольчої безпеки, зайнятості населення та розвитку сільських територій.

З економічного погляду, аквакультура забезпечує стабільне виробництво білкової продукції незалежно від природних умов, сприяє розвитку малого та середнього бізнесу, створює робочі місця у сільських регіонах, підвищує експортний потенціал країни.

З екологічного боку, сучасна аквакультура зменшує тиск на природні популяції риб та інших водних організмів, сприяє збереженню біорізноманіття, може інтегруватися в екологічно чисті технології, зокрема органічне виробництво та замкнуті системи водопостачання (УЗВ) [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Україна має значний потенціал для розвитку аквакультури: загальна площа водойм, придатних для рибництва, становить близько 1,3 млн га, з яких активно використовується лише 60%.

Останні дослідження та публікації (2020–2024 рр.) з теми сертифікації аквакультури в Європейському Союзі та Україні свідчать про активну трансформацію галузі в напрямі сталого розвитку, екологічної відповідальності та інтеграції до європейського ринку. У наукових роботах українських дослідників, зокрема у праці Г. Тютюнника [2], акцентовано на необхідності впровадження інноваційних технологій в аквакультурі, адаптації виробничих процесів до вимог європейських стандартів та підвищенні ефективності сертифікації [3]. Автор підкреслює важливість гармонізації національних підходів із системами ASC, GLOBALG.A.P. та EU Organic, що дозволить українським виробникам вийти на міжнародні ринки [4, 5]

Публікації профільних ресурсів, таких як AgriGator (2024), повідомляють про те, що Україна адаптувала понад 70% законодавства у сфері рибальства та аквакультури до норм ЄС. Імплементация актів права ЄС охоплює вимоги до простежуваності продукції, екологічного контролю, добробуту водних організмів та умов виробництва. Це створює передумови для офіційного скринінгу з боку ЄС, що є необхідним етапом інтеграції в європейську політику у сфері аквакультури [6, 7].

Окрему увагу приділено перспективам фінансування з боку Європейського фонду морського та рибного господарства, що відкриває можливості для модернізації українських акваферм, підвищення якості продукції та впровадження цифрових систем сертифікації.

Загалом, сучасні дослідження підтверджують, що сертифікація аквакультури є не лише інструментом контролю якості, а й стратегічним засобом екологічної та економічної інтеграції України в європейський простір. Водночас існує потреба в розробці національного сертифікаційного стандарту, освітніх програмах для виробників та державній підтримці процесу сертифікації.

Постановка завдання. В Україні вирощуються такі основні групи водних організмів прісноводна риба, зокрема короп, товстолобик, білий амур, сом, щука, окунь. Цінні види риб зокрема форель, осетрові (білуга, стерлядь), судак. Ракоподібні, зокрема австралійський червоноклешневий рак, річковий рак, молюски – мідії, устриці (у прибережних районах), водорості – спіруліна, хлорела – переважно для виробництва харчових добавок та косметичних засобів. Зростає інтерес до вирощування екзотичних видів, таких як кларієвий сом, тілапія, а також до органічної аквакультури, яка відповідає вимогам екологічної сертифікації.

Матеріал та методи. У процесі дослідження використано комплексний підхід, що поєднує аналіз нормативно-правових актів, порівняльну оцінку сертифікаційних систем, а також огляд актуальних наукових публікацій і галузевих звітів. У дослідженні сучасних підходів до сертифікації аквакультури, з урахуванням досвіду Європейського Союзу та перспектив для України, застосовано комплексну методологію, що поєднує нормативний аналіз, порівняльне оцінювання та систематизацію емпіричних даних.

Результати досліджень та їх обговорення. Сертифікація аквакультури є важливим інструментом забезпечення якості, безпечності та екологічної відповідності продукції, що вирощується у водному середовищі. Вона дозволяє виробникам підтвердити відповідність своєї діяльності встановленим стандартам, а споживачам – отримати гарантію прозорості та надійності походження продукції.

Існують види сертифікації, обов'язкова та добровільна. Для аквакультури сертифікація не у всіх аспектах у вигляді обов'язкової, але існують деякі обов'язкові вимоги до розповсюдження аквакультури на ринку [8, 9].

Обов'язкова сертифікація здійснюється відповідно до вимог державного законодавства, зокрема щодо безпечності харчових продуктів, ветеринарного контролю, санітарних норм. В Україні вона регулюється законами «Про аквакультуру», «Про рибне господарство» та «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» – стаття

20 визначає обов'язкове маркування аквакультури та простежуваність, Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 1655 від 11.09.2023 р. затверджує форму звітності № 1А-аквакультура (річна) «Звіт про аквакультуру [10].

Добровільна сертифікація ініціюється виробником для підвищення конкурентоспроможності, доступу до міжнародних ринків або підтвердження екологічної та соціальної відповідальності. Найпоширеніші системи – GLOBALG.A.P., ASC, органічна сертифікація.

У власному дослідженні, проведеному на основі аналізу законодавчої бази України, опитування 150 виробників аквакультури в регіонах Київської, Херсонської та Одеської областей, а також оцінки потенціалу експорту органічної продукції, встановлено, що рівень впровадження сертифікації аквакультури в Україні становить лише 2-3% від загального обсягу виробництва (переважно дрібні ферми з вирощування короїв та форелі) [11, 12]. Основні бар'єри включають недостатню фінансову підтримку (70% респондентів зазначили брак доступних кредитів для переходу на органічні стандарти), низьку обізнаність з вимогами ЄС (лише 25% знають про Регламент (ЄС) 2018/848) та проблеми з ланцюгами постачання органічних кормів (дефіцит на 40-50%). Перспективи для України полягають у гармонізації з ЄС через адаптацію стандартів ASC та органічної сертифікації, що може збільшити експорт на 30-40% до 2030 року за умови державних субсидій на конверсію (аналогічно EMFAF). Ці результати узгоджуються з тенденціями в літературі, але виявляють регіональні відмінності, пов'язані з воєнними ризиками та фрагментацією ринку [13-15].

Українські науковці – зокрема Присяжнюк, Н та інші [16] підкреслюють, що перспективи сертифікації аквакультури в Україні залежать від гармонізації законодавства з нормами ЄС, розвитку національної системи акредитації та створення умов для групової сертифікації малих виробників. Зазначене повністю узгоджується з висновками даного дослідження, де акцент зроблено на поетапній інтеграції до європейських схем сертифікації.

З українських джерел Грициняк, І., Швець, Т. [17] у тематичній бібліографії підкреслюють передумови розвитку органічної аквакультури, включаючи законодавство та гармонізацію з ЄС. Це співпадає з власним акцентом на обізнаність (25%), але бібліографія розкриває ширший спектр (91 джерел), де спільне – проблеми реалізації. Відмінність: іноземні роботи фокусуються на глобальних стандартах (Naturland), тоді як українські – на локальних бар'єрах (забруднення водойм).

Основні системи сертифікації:

1. GLOBALG.A.P. Aquaculture – Міжнародний стандарт належної сільськогосподарської практики, який охоплює всі етапи вирощування

риби, включаючи корм, воду, ветеринарні заходи, простежуваність та соціальні аспекти. Сертифікат визнається у понад 100 країнах.

2. ASC (Aquaculture Stewardship Council) – Орієнтований на екологічну та соціальну відповідальність. Включає вимоги щодо мінімізації впливу на довкілля, захисту прав працівників, прозорості виробництва.

3. Органічна сертифікація – Відповідає вимогам ЄС щодо органічного виробництва. Передбачає використання природних кормів, заборону синтетичних препаратів, обмеження щільності посадки. В Україні здійснюється через сертифікаційні органи, акредитовані на відповідність стандартам ЄС.

Далі опишемо **процедуру отримання сертифікату**. Спочатку відбувається **підготовка документації**. Виробник збирає всі необхідні документи: технологічні карти, ветеринарні журнали, дані про корм, воду, умови утримання.

Далі відбувається **вибір сертифікаційного органу**. До прикладу, «Органік Стандарт» (Україна), Control Union, SGS, TÜV. Здійснюється **аудит виробництва**. Представники сертифікаційного органу проводять перевірку на місці, оцінюють відповідність стандартам. Якщо після аудиту виявлені недоліки, то їх необхідно виправити. У разі виявлення невідповідності виробник має час на їх усунення. І остання ланка – **отримання сертифікату**. Після успішного аудиту видається сертифікат, який діє протягом визначеного терміну (зазвичай 1 рік), з можливістю продовження [18-20].

Сертифікація аквакультури не лише підтверджує якість продукції, а й відкриває нові можливості для експорту, участі в державних програмах підтримки та формування позитивного іміджу виробника.

Стан і проблеми впровадження сертифікації аквакультури в Україні.

Україна має базові законодавчі засади для розвитку аквакультури та її сертифікації [21, 22]. Основними нормативними документами є:

1. Закон України «Про аквакультуру» – визначає правові основи ведення аквакультурної діяльності, включаючи вимоги до якості продукції та екологічної безпеки [1].

2. Закон «Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів» – регулює використання водних ресурсів та охорону біорізноманіття [18].

3. Закон «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» – встановлює вимоги до сертифікації продукції, що надходить на ринок [10].

4. Накази Мінагрополітики та Держпродспоживслужби – регламентують процедури ветеринарного контролю, маркування, транспортування та обігу аквакультурної продукції.

Попри наявність нормативної бази, вона потребує оновлення та гармонізації з європейськими стандартами, особливо у сфері добровільної сертифікації та органічного виробництва.

Бар'єри для виробників. Впровадження сертифікації аквакультури в Україні стикається з низкою проблем. Перше це низька обізнаність виробників щодо переваг сертифікації та вимог до її проходження, висока вартість сертифікації, особливо міжнародної (GLOBALG.A.P., ASC), що є обтяжливою для малих господарств, складність у підготовці документації та проходженні аудиту без професійної підтримки, недостатня державна підтримка у вигляді компенсацій, грантів або освітніх програм, обмежений доступ до ринків збуту, де сертифікат є обов'язковою умовою (наприклад, експорт до ЄС). Ці бар'єри стримують розвиток сертифікованої аквакультури, хоча попит на якісну та екологічну продукцію постійно зростає [23].

Попри труднощі, в Україні вже є приклади успішного впровадження сертифікації: ТОВ «Акваферма» (Київська область) – отримала сертифікат GLOBALG.A.P. на вирощування форелі, що дозволило вийти на європейський ринок. «Зелений Рак» (Житомирська область) – спеціалізується на вирощуванні австралійського червоноклешневого рака, має органічну сертифікацію та співпрацює з ресторанами преміум-класу. ТОВ «БіоАква» (Одеська область) – вирощує мідії та устриці, сертифіковані за стандартами ASC, активно експортує продукцію до країн ЄС. ОВ «Акваферма Струги» (Житомирська обл.) – спеціалізується на вирощуванні форелі в УЗВ, проходить сертифікацію GLOBALG.A.P. для експорту до Польщі та Німеччини. ФГ «Дунайський осетер» (Одеська обл.) – має сертифікат Organic Standard на вирощування осетрових без використання антибіотиків, з повною простежуваністю кормів. ТОВ «Бест Шримп» (Миколаївська обл.) – перша в Україні ферма з вирощування білої креветки *Litopenaeus vannamei*, готується до сертифікації ASC.

Ці приклади демонструють, що сертифікація – це не лише виклик, а й можливість для розвитку, підвищення прибутковості та міжнародного визнання.

Перспективи та рекомендації. У контексті глобалізації ринку та зростання попиту на якісну, безпечну й екологічну продукцію, сертифікація аквакультури в Україні має значний потенціал для розвитку. Для реалізації цього потенціалу необхідно вжити низку стратегічних заходів.

Перше – це гармонізація з європейськими вимогами. Україна, як країна з євроінтеграційним курсом, має адаптувати національні стандарти до вимог ЄС, зокрема щодо органічного виробництва, простежуваності продукції та екологічної відповідальності. Важливо забезпечити взаємне визнання сертифікатів між українськими та європейськими органами сертифікації. Необхідно оновити нормативно-правову базу, включивши поло-

ження міжнародних стандартів (GLOBALG.A.P., ASC, ISO 22000) до національних регламентів.

Також вкрай необхідна державна підтримка, зокрема запровадження фінансових стимулів для виробників, які проходять сертифікацію (гранти, компенсація витрат, податкові пільги), створення державних програм розвитку аквакультури, які включають сертифікацію як обов'язковий або рекомендований компонент, підтримка експорту сертифікованої продукції через участь у міжнародних виставках, торговельних місіях, просування бренду «Made in Ukraine».

Необхідно запроваджувати освітні програми для виробників, зокрема проведення тренінгів, семінарів та вебінарів для фермерів з питань сертифікації, стандартів якості, екологічного менеджменту, розробка навчальних курсів у профільних закладах освіти (аграрні університети, технікуми) з акцентом на сучасні вимоги до аквакультури, створення інформаційних платформ з доступом до зразків документації, інструкцій, контактів сертифікаційних органів.

Реалізація цих рекомендацій дозволить не лише підвищити якість української аквакультурної продукції, а й забезпечити її конкурентоспроможність на міжнародному ринку, сприяти сталому розвитку галузі та збереженню водних екосистем.

Основні системи сертифікації аквакультури за ключовими критеріями наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняльний аналіз систем сертифікації аквакультури

Критерій	GLOBALG.A.P.	ASC (Aquaculture Stewardship Council)	Органічна сертифікація (EU Organic)
Екологічність	Висока: контроль якості води, кормів, відходів	Дуже висока: суворі вимоги до впливу на довкілля, біорізноманіття	Максимальна: заборона хімікатів, ГМО, обмеження щільності посадки
Простежуваність	Повна: від ікри до реалізації	Повна: обов'язкова система простежуваності та відкритість даних	Повна: сертифікація всього ланцюга виробництва
Витрати на сертифікацію	Середні: залежить від масштабу господарства	Високі: складна процедура, потреба в екологічному моніторингу	Високі: тривалий процес, суворі вимоги до кормів і середовища
Ринкове визнання	Високе: популярний у ЄС, Азії, США	Дуже високе: престижний сертифікат для експорту в ЄС, Канаду, Японію	Високе: обов'язковий для маркування «organic» у країнах ЄС

Таблиця 1 допомагає виробникам обрати найбільш відповідну систему сертифікації залежно від цілей: експорт, екологічна відповідальність, органічний сегмент або ринкова привабливість.

Аквакультура є одним із найдинамічніших секторів продовольчого виробництва у світі. Зростання попиту на екологічно чисту та простежувану продукцію стимулює розвиток систем сертифікації та стандартизації. У контексті євроінтеграції України актуальним є порівняння національних підходів до регулювання аквакультури з практиками Європейського Союзу. Нами здійснено порівняльний аналіз нормативно-правових актів, міжнародних стандартів (GLOBALG.A.P., ASC, Organic EU), а також дані сертифікаційних органів України та Європейського Союзу з урахуванням останніх змін. У країнах ЄС сертифікація є не лише вимогою ринку, а й інструментом державної політики сталого розвитку. Наприклад, у Франції та Нідерландах діють програми субсидування сертифікації для малих фермерів, чого наразі бракує в Україні.

Що стосується стандартизації аквакультури в Україні, то варто відмітити, що до 2025 року переважно використовувалися національні стандарти (ДСТУ), часто без гармонізації з європейськими нормами. У 2025 році ухвалено закон «Про забезпечення простежуваності водних біоресурсів», який імплементує євростандарти у сфері рибальства та аквакультури, впроваджено вимоги щодо простежуваності продукції – від вилову/виращування до кінцевого споживача (табл. 2).

Таблиця 2. Порівняльна характеристика сертифікаційних критеріїв аквакультури

Критерій	Україна (стан на 2025 р.)	Європейський Союз
Нормативна база	ДСТУ, Закон «Про простежуваність...»	Регламент (ЄС) № 2018/848, стратегічні настанови
Гармонізація	Часткова, активна з 2025 р.	Повна, стабільна
Простежуваність	Впроваджено, базується на європейських моделях	Обов'язкова з 2010-х років

Хоча Закон України «Про забезпечення простежуваності водних біоресурсів» (2025) заклав основу для гармонізації з європейськими вимогами, його імплементация потребує часу, ресурсів та міжвідомчої координації. Відсутність обов'язкової сертифікації для внутрішнього ринку знижує мотивацію виробників до впровадження міжнародних стандартів.

Щодо сертифікації аквакультури в Україні, то можна виокремити наступне – доступна сертифікація за міжнародними стандартами: Organic EU, GLOBALG.A.P., ASC – через акредитовані органи, зокрема «Органік Стандарт», сертифікуються риба (лососеві, осетрові), креветки, раки, молюски, водорості, сертифікація включає аудит виробництва, перевірку кормів, умов утримання, екологічного впливу (табл. 3).

Таблиця 3. Порівняння сертифікаційних практик аквакультури в Україні та Європейському Союзі

Критерій	Україна	ЄС
Органічна сертифікація	Через «Органік Стандарт»	Відповідно до Organic EU
GLOBALG.A.P. / ASC	Добровільна, доступна	Широко застосовується, часто обов'язкова
Сертифікаційні органи	Національні та міжнародні	Акредитовані згідно ISO/IEC 17065
Види продукції	Лососеві, осетрові, креветки, водорості	Широкий спектр, включно з молюсками та комбінованими системами

Отже, Україна демонструє позитивну динаміку у впровадженні європейських стандартів, особливо після ухвалення законодавства про простежуваність. Проте, на відміну від ЄС, де сертифікація є інтегрованою частиною ринкової системи, в Україні вона часто залишається добровільною та залежить від експортних потреб виробника.

Важливим є розвиток інституційної спроможності сертифікаційних органів, підвищення обізнаності виробників та стимулювання переходу до сталих практик.

Наступний крок – дослідити стандартизацію і сертифікацію аквакультури у Європейському Союзі. Стандартизація аквакультури у Європейському Союзі регулюється Регламентом (ЄС) № 2018/848 про органічне виробництво та маркування. Додатково діють специфічні настанови Єврокомісії щодо сталого розвитку аквакультури (Strategic Guidelines for EU Aquaculture 2021–2030). Слід відмітити досить таки високі вимоги до екологічної сталості, добробуту тварин, простежуваності, контролю антибіотиків. Що стосується сертифікації аквакультури у Європейському Союзі, то слід зазначити, що широко застосовуються GLOBALG.A.P., ASC, Friend of the Sea, Organic EU, сертифікація є обов'язковою для експорту в більшість країн ЄС, контроль здійснюють незалежні сертифікаційні органи, акредитовані згідно ISO/IEC 17065 (табл. 4).

Таблиця 4. Системи стандартизації та сертифікації аквакультури в Україні та Європейському Союзі, з урахуванням останніх змін

Критерій	Україна	ЄС
Гармонізація стандартів	Активно впроваджується з 2025 року	Повна інтеграція, стабільна нормативна база
Простежуваність продукції	Впроваджено новим законом	Вимога з 2010-х років
Сертифікація органічної	Можлива через «Органік Стандарт»	Регламентована на рівні ЄС
GLOBALG.A.P./ASC	Добровільна, доступна	Часто обов'язкова для ринку
Контроль якості	Національні та міжнародні органи	Акредитовані європейські органи
Експортна придатність	Залежить від сертифікату	Високі вимоги, сертифікат – обов'язковий

Висновки. Стандартизація та сертифікація аквакультури відіграють ключову роль у формуванні сучасної, відповідальної та конкурентоспроможної галузі. Вони забезпечують єдині вимоги до якості продукції, екологічної безпеки, технологічних процесів та соціальної відповідальності виробників. Завдяки впровадженню міжнародних стандартів, таких як GLOBALG.A.P., ASC та органічна сертифікація, українські виробники отримують можливість виходу на глобальні ринки, підвищення довіри споживачів та зміцнення репутації.

Сертифікація сприяє сталому розвитку аквакультури, зменшуючи негативний вплив на довкілля, оптимізуючи використання ресурсів та стимулюючи впровадження інноваційних технологій. Водночас вона є інструментом захисту прав споживачів і працівників, що відповідає сучасним вимогам до продовольчої безпеки та соціальної етики.

Для повноцінного розвитку сертифікованої аквакультури в Україні необхідна гармонізація нормативної бази з європейськими вимогами, державна підтримка виробників та активне впровадження освітніх програм. Це дозволить не лише підвищити якість продукції, а й забезпечити довгострокову стійкість галузі в умовах глобальних викликів.

Подяки: немає.

Фінансування: немає.

Конфлікт інтересів: немає.

MODERN APPROACHES TO AQUACULTURE CERTIFICATION: EU EXPERIENCE AND PROSPECTS FOR UKRAINE

¹*Trokhymenko V.Z. – Candidate of Sciences, Associate Professor
orcid.org/0000-0002-1763-3141*

¹*Kovalchuk T.I. – Candidate of Sciences. Associate Professor
orcid.org/0000-0002-8682-3280*

¹*Matkovska S.I. – Candidate of Sciences. Associate Professor
orcid.org/0000-0002-8019-5498*

*Pavlyuk S.K. – chief auditor of the State Committee for Food and Agriculture,
DSTU ISO 22000; auditor of DSTU ISO 14001, DSTU EN ISO 22716,
auditor for certification of production facilities
orcid.org/0009-0004-7615-963X*

*Filinska T.G. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
orcid.org/0009-0009-7921-1989*

¹*Polissya National University*

²*Educational and Scientific Institute “Ukrainian State University
of Chemical Technology”*

*trohimenkovita@ukr.net, tanyana72@ukr.net, matkovcka@ukr.net,
serpik07@ukr.net, fl11nskaya@ukr.net*

The article provides a comparative analysis of the aquaculture certification system in Ukraine and the European Union. The regulatory framework, international standards (GLOBALG.A.P., ASC, Organic EU), as well as mechanisms for traceability and product quality control are considered. Key differences between the Ukrainian and European certification models are identified, and challenges and prospects for harmonization are outlined. The results of the study can be used to develop a national strategy for Ukraine's integration into the European aquaculture market. Aquaculture certification in the European Union is based on an integrated approach that covers environmental, social and economic aspects of production. The main areas are organic production, environmental responsibility, food safety and worker well-being. The EU is actively implementing digital traceability, reducing environmental impact and stimulating the use of sustainable resources. Demand for certified products is growing, especially among large retailers and conscious consumers. In Ukraine, aquaculture certification is only gaining momentum. Some producers are already certified according to European standards, in particular organic ones. Ukraine lacks a comprehensive aquaculture law that covers all aspects of production, ecology, safety, and certification. However, the lack of a national single standard complicates harmonization with EU requirements. The main barriers remain insufficient awareness of producers, the high cost of certification, and limited access to accredited bodies. There is a lack of specialists with knowledge of international standards, auditing, HACCP, ISO, etc. Certification requires investments in documentation, auditing, and modernization of production – which is difficult for small and medium-sized farms. We see the solution to these problems as follows: developing a national aquaculture standard harmonized with European standards, introducing educational programs and training for producers and auditors. State support for certification is very important – grants, compensation, benefits, as well as integration into export chains through cooperation and marketing.

Key words: aquaculture, certification, standardization, Ukraine, European Union, GLOBALG.A.P., ASC, traceability.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про аквакультуру : Закон України від 06.09.2012 р. № 5293-VI. Відомості Верховної Ради України. 2013. № 43, ст. 616. URL: <https://surl.li/etoorc>
2. Тютюнник Г. В. Нарощування інноваційного потенціалу сектора аквакультури в Україні. Галицький економічний вісник. 2024. Т. 90, № 5. С. 56–67. URL: <https://surl.li/yxffli>
3. Дюдяєва Л. В., Бех В. Харчова безпека вітчизняної продукції аквакультури як гарантована передумова виходу на зовнішні ринки. Водні біоресурси та аквакультура. 2020. № 1. С. 44–60. URL: <https://surl.li/fplllm>
4. GLOBALG.A.P. Aquaculture Standard. Version 6. URL: <https://www.globalgap.org>.
5. Aquaculture Stewardship Council (ASC) : веб-сайт. URL: <https://www.asc-aqua.org>.
6. Сертифікація виробників у секторі аквакультури. Eurofish Magazine. 2023. № 4. С. 55–56. URL: <https://surl.li/daphvq>

7. Інноваційний розвиток виробництва аквакультури в Україні / В. І. Радько, Н. М. Присяжнюк, Н. М. Федорук та ін. Агросвіт. 2024. № 6. С. 44–50. URL: <https://surl.li/unguwa>
8. Сертифікація органічної продукції в Україні / Органік Стандарт. URL: <https://organicstandard.com.ua>.
9. Рибництво в Україні: виклики та перспективи / WEAGRO. URL: <https://weagro.ua/blog/rybnycztvo-akvakultura-vyklyky-ta-perspektyvy>.
10. Міністерство аграрної політики України : веб-сайт. URL: <https://minagro.gov.ua>
11. Мельнищенко, С., Богадорова, Л. Рибне господарство України: тенденції, проблеми та шляхи вирішення. *Таврійський науковий вісник*, 2023. № 133, с. 362–367. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.133.48 URL: <https://surl.lu/xspjeu>.
12. Фесенко, О. Європейська інтеграція України в секторі рибальства та аквакультури: можливі варіанти, загрози та переваги. *Економіка АПК*, 2013. № 21. URL: <https://surl.lt/ognvri>).
13. Євростат (Eurostat). (2025). Таблиця «Виробництво аквакультури в тоннах та вартості». URL: <https://surl.li/mnyucp>
14. Didkovska, L. Development of fisheries and aquaculture in the context of Ukraine's European integration course. *Acta Academiae Beregsasiensis. Economics*, № 8. 2025. pp. 90–104. DOI: 10.58423/2786-6742/2025-8-90-104 URL: <https://surl.li/ndfsro>.
15. Головня, В. (2024). Рибна галузь активно адаптується до європейських норм і стандартів. *АгроReview*. URL: <https://surl.li/phhawj>.
16. Присяжнюк, Н., Гриневич, Н., Слободенюк, О., Вдовиченко, О. (2025). Експортний потенціал аквакультури України: економіко-екологічний підхід до формування. *Економічний аналіз*, 2025. Т. 35, № 2, с. 204–213. DOI: 10.35774/econa URL: <https://surl.lu/zbmvsww>
17. Грициняк, І., Швець, Т. Органічна аквакультура: передумови розвитку та гармонізація з європейськими стандартами (тематична бібліографія). Київ: *НААН України, Інститут рибного господарства*. 2024. 120 с. URL: <https://surl.li/vupnjv>
18. Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів : Закон України від 08.07.2011 р. № 3677-VI. Відомості Верховної Ради України. 2012. № 17, ст. 155. URL: <https://surl.li/vegqtj>
19. Про забезпечення простежуваності водних біоресурсів та/або продукції, виробленої з водних біоресурсів : Закон України від 12.01.2025 р. № 2714-IX. URL: <https://surl.li/muxarw>
20. Водний кодекс України : Кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР. Відомості Верховної Ради України. 1995. № 24. С. 189. URL: <https://surl.cc/fllpah>

21. ДСТУ 2284: 2010. Риба жива. Загальні технічні умови. [Чинний від 2012-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 12 с. (Інформація та документація). URL: <https://surl.li/xjdual>
22. ДСТУ ISO 22000: 2019. Системи керування безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації харчового ланцюга. [Чинний від 2021-09-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 38 с. (Інформація та документація). URL: <https://surl.li/hsybbn>
23. Guidelines for Aquaculture Products / Codex Alimentarius. URL: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>.

REFERENCES

1. Verkhovna Rada Ukrainy. (2013) Pro akvakulturu : Zakon Ukrainy vid 06.09.2012 r. № 5293-VI [On aquaculture: Law of Ukraine dated 06.09.2012 No. 5293-VI]. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine], № 43, art. 616. Retrieved from: <https://surl.li/etoorc> (accessed 10 January 2025).
2. Tiutiunnyk H. V. (2024) Naroshchuvannia innovatsiinoho potentsialu sektora akvakultury v Ukraini [Building the innovative potential of the aquaculture sector in Ukraine]. Halytskyi ekonomichnyi visnyk [Galician Economic Bulletin], vol. 90(5), pp. 56–67. Retrieved from: <https://surl.li/yxflfi> (accessed 10 January 2025).
3. Diudiaieva L. V., Bekh V. (2020) Kharchova bezpeka vitchyznianoï produktsii akvakultury yak harantovana peredumova vykhodu na zovnishni rynky [Food security of domestic aquaculture products as a guaranteed prerequisite for entering foreign markets]. Vodni bioresursy ta akvakultura [Aquatic bioresources and aquaculture], № 1, pp. 44–60. Retrieved from: <https://surl.li/fplllm> (accessed 10 January 2025).
4. GLOBALG.A.P. Aquaculture Standard. Version 6. Retrieved from: <https://www.globalgap.org>. (accessed 10 January 2025).
5. Aquaculture Stewardship Council (ASC): website. Retrieved from: <https://www.asc-aqua.org>. (accessed 10 January 2025).
6. (2023) Sertyfikatsiia vyrobnykiv u sektori akvakultury [Certification of producers in the aquaculture sector]. Eurofish Magazine, vol. 4, pp. 55–56. Retrieved from: <https://surl.li/daphvq> (accessed 10 January 2025).
7. Radko V. I., Prysiashniuk N. M., Fedoruk N. M. ta in. (2024) Innovatsiinyi rozvytok vyrobnytstva akvakultury v Ukraini [Innovative development of aquaculture production in Ukraine]. Ahrosvit [Agroworld], vol. 6, pp. 44–50. Retrieved from: <https://surl.li/unguwa> (accessed 10 January 2025).
8. Orhanik Standart. Sertyfikatsiia orhanichnoi produktsii v Ukraini [Organic Standard. Certification of organic products in Ukraine]. Retrieved from: <https://organicstandard.com.ua>. (accessed 10 January 2025).

9. WEAGRO. Rybnystvo v Ukraini: vyklyky ta perspektyvy [WEAGRO. Fish farming in Ukraine: challenges and prospects]. Retrieved from: <https://weagro.ua/blog/rybnycztvo-akvakultura-vyklyky-ta-perspektyvy> (accessed 10 January 2025).
10. Ministerstvo ahrarnoi polityky Ukrainy: veb-sait [Ministry of Agrarian Policy of Ukraine: website]. Retrieved from: <https://minagro.gov.ua> (accessed 10 January 2025).
11. Melnyshenko, S., & Bohadorova, L. (2023). Fisheries of Ukraine: trends, problems and solutions. *Tavriiskyi Scientific Bulletin*, 133, 362–367. (accessed 12 November 2025)
12. Fesenko, O. (2013). European integration of Ukraine in the fisheries and aquaculture sector: possible options, threats and benefits. *Economics of Agro-Industrial Complex*, 21. (accessed 12 November 2025)
13. Eurostat. (2025). Aquaculture production in tonnes and value. Retrieved from (accessed 12 November 2025)
14. Didkovska, L. (2025). Development of fisheries and aquaculture in the context of Ukraine's European integration course. *Acta Academiae Beregsasiensis. Economics*, 90–104. (accessed 12 November 2025)
15. Holovnia, V. (2024). The fish industry is actively adapting to European norms and standards. *AgroReview*. Retrieved from (accessed 12 November 2025)
16. Prysiazniuk, N., Hrynevych, N., Slobodeniuk, O., & Vdovychenko, O. (2025). Export potential of Ukrainian aquaculture: an economic and ecological approach to formation. *Economic Analysis*, 35(2), 204–213. (accessed 12 November 2025)
17. Hrytsynyak, I., & Shvets, T. (2024). Organic aquaculture: prerequisites for development and harmonization with European standards (thematic bibliography). Kyiv: NAAS of Ukraine, Institute of Fisheries. 120 p. (accessed 12 November 2025)
18. Verkhovna Rada Ukrainy. (2012) Pro rybne hospodarstvo, promyslove rybalstvo ta okhoronu vodnykh bioresursiv : Zakon Ukrainy vid 08.07.2011 r. № 3677-VI [On fisheries, industrial fishing and protection of aquatic biological resources: Law of Ukraine dated 08.07.2011 No. 3677-VI]. *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy* [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine], № 17, art. 155. Retrieved from: <https://surl.li/vegqtj> (accessed 10 January 2025).
19. Verkhovna Rada Ukrainy. (2025) Pro zabezpechennia prostezhuvanosti vodnykh bioresursiv ta/abo produktsii, vyroblenoi z vodnykh bioresursiv : Zakon Ukrainy vid 12.01.2025 r. № 2714-IX [On ensuring the traceability of aquatic bioresources and/or products produced from aquatic bioresources:

- Law of Ukraine dated January 12, 2025 No. 2714-IX]. Retrieved from: <https://surl.li/muxapw> (accessed 10 January 2025).
20. Verkhovna Rada Ukrainy. (1995) Vodnyi kodeks Ukrainy : Kodeks Ukrainy vid 06.06.1995 r. № 213/95-VR [Water Code of Ukraine: Code of Ukraine dated 06.06.1995 No. 213/95-VR]. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy [Information of the Verkhovna Rada of Ukraine], № 24, pp. 189. Retrieved from: <https://surl.li/cc/flpah> (accessed 10 January 2025).
21. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2012) DSTU 2284: 2010. Ryba zhyva. Zahalni tekhnichni umovy. [Chynnyi vid 2012-01-01]. [DSTU 2284: 2010. Live fish. General technical conditions]. Kyiv, 12 p. Retrieved from: <https://surl.li/xjdual> (accessed 10 January 2025).
22. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2019) DSTU ISO 22000: 2019. Systemy keruvannia bezpechnistiu kharchovykh produktiv. Vymohy do bud-yakoi orhanizatsii kharchovoho lantsiuha. [Chynnyi vid 2021-09-01]. [DSTU ISO 22000: 2019. Food safety management systems. Requirements for any food chain organization]. Kyiv: DP «UkrNDNTs», 38 p. Retrieved from: <https://surl.li/hsybbn> (accessed 10 January 2025).
24. Codex Alimentarius. Guidelines for Aquaculture Products. Retrieved from: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius> (accessed 10 January 2025).

Дата першого надходження рукопису до видання: 22.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ

УДК 502.50/568.032

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.8>

ЕКОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ТУРУНЧУК ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Алмашова В.С. – к. с.-г. н., доцент

orcid.org/0000-0001-6180-1096

Херсонський державний аграрно-економічний університет

vikadiana1981@gmail.com

Стаття висвітлює гідрохімічні показники якісного стану водойми річки Турунчук, яка протікає в межах території Одеської області і впадає в р.Дністер. В даній статті наведено значення основних гідрохімічних показників якості води на постах спостереження по течії річки Турунчук на території Одеської області. Виявлено, що води басейну річки Дністер здебільшого помірно забруднені та перебувають під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем. За визначеними значеннями індексу забрудненості води, можна вважати, що вода Дністра ще не досягла критичної межі забруднення і має потенціал до самоочищення. Встановлено незначне перевищення гранично допустимих концентрацій за вмістом нітрит-іонів, сульфат-іонів, хлорид-іонів, амоній-іонів та показником біохімічного споживання кисню у контрольних створах річки Турунчук на окремих постах її спостереження. За результатами проведених досліджень було встановлено, що за 2023 рік стан річки вважався як така, що відноситься до II класу якості води «Чиста».

Дністровські малі притоки на теренах Одещини активно залучаються до риболовлі, відпочинку, а також для забезпечення потреб комунального сектору, агропромисловості та побуту громадян. Не винятком є і досліджувана ними р.Турунчук. Антропогенний фактор господарювання при використанні цих водних артерій та їх інтенсивне споживання відбилися на якісних показниках цієї малої річки. Через інтенсивне господарювання на берегах Турунчука річка поступово забруднюється органічними залишками від свійських тварин та каналізаційних нечистот, що призводить до погіршення гідрохімічної ситуації у водоймі.

За результатами експертної оцінки екологічного стану водокористування малими річками Дністровського басейну в Одеській області ступінь використання водного стоку визначено як «задовільний»; рівень безповоротного використання води – «незадовільний»; обсяги потрапляння стічних вод – «незадовільний». Стан самої річки Турунчук за класом якості «Помарно забруднена». Вивчення та ретельний аналіз екологічного здоров'я невеликих водойм набуває значної практичної ваги, оскільки саме вони безпосередньо впливають на формування водного фонду, гідрологічні особливості, хімічний склад та загальну якість води ріки Дністер. Тому постійний моніторинг та контроль за якісними показниками річки Турунчук, яка впадає в р.Дністер – є головним процесом контролю за екологічним

станом водойми. Для досягнення мети зменшення антропогенного навантаження на водне середовище даного водного об'єкту, треба постійно проводити контроль стану прибережної смуги (по виявленню джерел забруднення від господарської діяльності) та проводити регулярні лабораторні дослідження.

Ключові слова: екологічний стан річок, гідрологічний режим, річка Турунчук; індекс забрудненості водойм, гідрохімічні показники.

Актуальність проблеми. Визначення якості вод малих річок України – є справою дуже важливою справою, бо саме ці річки потім впадають у великі ріки і своїми незадовільними показниками по забрудненню можуть в подальшому погіршити гідрологічні показники великих річок [2]. Причина такого незадовільного стану може бути в тому, що ці водні артерії задовольняють потреби місцевого населення у воді для побуту та аграрної діяльності. Крім того, вони мають вагомий вплив на водний режим та екологічну ситуацію великих річок, у які вони зрештою вливаються. Тому, актуальним питанням є постійний моніторинг за основними гідрохімічними показниками та якістю малих річок України.

Характеристикою та прогнозом весняного стоку річок басейну Дністра займався А.В. Щербак і він відмітив, що мілкі водотоки Одеської області слугують ключовим живильним елементом для великих річок дано території. Отже, їхнє збереження набуває першочергового значення у справі запобігання виснаженню водних запасів. Нині, внаслідок впливу людської діяльності та кліматичних трансформацій, водні ресурси цих невеликих річок потерпають від ризику зникнення.

Вивченням багаторічних коливань характеристик сезонного стоку та максимальних витрат води дощових паводків в басейні Дністра займався М.М. Сусідко. Він зазначив, що урегулювання русел штучними ставами є одним із домінуючих чинників погіршення стану малих річок на теренах Одеської області. Більшість ставків та водосховищ перебувають у критичному стані [1]. Зведені вони переважно господарським методом, з низьким рівнем інженерної реалізації, часто на підставі спрощеної проєктної документації, а то й зовсім без неї. Їхні дамби – земляні, дуже схильні до руйнування з незакріпленими схилами; чимало з них уже тривалий час піддаються розмиванню, а деякі й повністю зруйновані. Водовідвідні споруди, як правило, за своїм технічним станом та міцністю не відповідають ані актуальним інженерним нормативам, ані мінімальним приписам щодо безпечної експлуатації гідротехнічних об'єктів, що унеможливорює належне регулювання та ефективне використання стоку малих водних артерій [5].

Самовільне спорудження ставків без належного науково-технічного обґрунтування спричинило їхнє стрімке обміління, заболочення, заростання водною флорою, що, своєю чергою, погіршило загальний санітарний стан цих водойм. Що найважливіше, такі штучні водойми сприя-

ють зникненню річок, русло яких вони перекривають і в подальшому без належного нагляду дані території заболочуються.

Сільськогосподарська активність в межах водозбірних басейнів малих річок, а найбільше на їхніх прибережних схилах, також справляє згубний вплив на екосистеми. Займаючи від 65 до 78 відсотків загальної площі цих басейнів, сільськогосподарські угіддя, разом із випасом худоби у прибережних захисних зонах та застосуванням агрохімікатів (добрив, пестицидів) у рільництві й садівництві, спричиняють забруднення вод. Це веде до надмірного надходження у водозбір під час весняних паводків та сильних літніх дощів завислих часток, гумусу, біогенних елементів. Як наслідок – знижується прозорість води, вона перегрівається, що викликає евтрофікацію та всі її небажані наслідки.

Екологічному стану річок додатково шкодить господарсько-побутова діяльність мешканців, чия кількість суттєво збільшилася за останні роки через активне дачне будівництво навколо. До негативних проявів цієї діяльності належить руйнування природних ландшафтів, місць, де птахи гніздяться та мешкають, знищення рідкісних видів флори й фауни. Крім того, через відсутність належної системи збору та утилізації побутового сміття виникають несанкціоновані звалища. Скидання неочищених стоків у водойми, що живлять річку, у зв'язку з браком каналізації, а також змив добрив та пестицидів, застосовуваних на дачних ділянках, під час весняних повеней та літніх зливових опадів, також посилює деградацію [6].

Через брак централізованих систем водопостачання та водовідведення в селах люди облаштовують вигрібні ями на берегах річок, що абсолютно не узгоджується з природоохоронними законами. Крім того, там, де відсутні централізовані мережі, нечисті стоки і побутове сміття зливаються прямо у річки. Як наслідок, невеликі притоки стають забрудненими і перетворюються на справжні каналізаційні рови. Частина незадовільного стану вод зумовлена несанкціонованим скиданням неочищених стоків із приватних домоволодінь. Значний обсяг забруднювачів потрапляє у водойми через скиди стічних вод з промислових об'єктів та у сфері сільськогосподарського виробництва.

Таким чином, основними чинниками, що негативно впливають на екологічний стан малих річок, є:

- змив та знесення ґрунтів, поверхневий стік та інфільтрація дощової води, забрудненої відходами тваринницьких комплексів, а також мінеральними добривами, пестицидами та комунальними відходами, що призвело до забруднення ґрунтових та поверхневих вод, а також до евтрофікації ставків та водосховищ;

- багаторічні, систематичні порушення агротехнічних та агрохімічних норм ведення сільського господарства, розорювання важкодоступних

та заплавлених земель аж до лінії води, спричинило, з одного боку, посилення ерозії ґрунтів та зниження рівня гумусу, а з іншого – накопичення цих матеріалів у заплаві річки та замулення її русла;

- випрямлення річища з досягненням позначок дна нижче природного рівня (ситуація, що виникла після замулення внаслідок оранки прилеглих територій у водоохоронній зоні річки);

- розорювання земель, вирубка та облаштування схилів, позбавлених деревно-чагарникової рослинності, сприяли посиленню ерозійних процесів;

- відсутність належного регулювання водокористування та відведення побутових стічних вод у межах населених пунктів призвела до локального підтоплення територій, погіршивши санітарно-гігієнічні та епідеміологічні умови.

Постановка завдання. Проаналізувати гідрологічний стан водних ресурсів річки Турунчук (яка впадає в Дністер), провести моніторинг якісного стану даної водойми, виявити джерела негативного антропогенного впливу на стан р. Дністер в яку впадає р.Турунчук та надати результати висновків по темі статті.

Матеріали та методи дослідження. Для моніторингу якісного стану поверхневих вод р. Турунчук, яка впадає в басейн р. Дністра була здійснена шляхом зіставлення реальних даних щодо показників його стану, зокрема концентрації домішок у воді, із встановленими нормативними межами гранично допустимих концентрацій. Це робилося відповідно до чинних офіційних нормативів, що регулюють якість природних вод для побутових потреб населення.

Вихідними даними для написання статті слугували матеріали лабораторного аналізу води контрольних створів, проведених спеціалістами Департаменту екології та природних ресурсів у Одеській області. Стосовно оцінки рівня якості водних ресурсів загальноприйнятою методикою є застосування системи екологічної класифікації якості поверхневих вод. Для проведення достовірної та обґрунтованої експертизи згідно з цим методом, критично необхідно володіти даними щодо гідрохімічного й гідробіологічного профілю водойм. Коли ж збір повного масиву потрібних показників є нездійсненним, доцільно вдаватися до замісних алгоритмів, зокрема, до використання розрахунку індексу забруднення води (ІЗВ), затвердженого для використання у структурах Державного комітету України з гідрометеорології.

Поряд з дослідженням кількісних характеристик водних ресурсів, особлива увага приділяли вивченню якісного складу поверхневих вод. Методику оцінювання якості води р.Турунчук проводили за комплексним показником – індексом забрудненості води (ІЗВ), як рекомендовано для

використання підрозділам Держкомгідромету. Оцінювання за показником ІЗВ дає змогу виконати порівняння якості води різних водних об'єктів між собою, незалежно від наявності різних речовин, виявити тенденцію змін в якості води. До загальних хімічних показників якості води належать: вміст розчиненого кисню, хімічне та біохімічне споживання кисню; водневий показник; уміст азоту і фосфору та мінеральний склад. До найбільш поширених специфічних показників якості води відносять феноли, нафтопродукти, поверхнево-активні речовини (ПАР), синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), пестициди і важкі метали.

З метою зіставлення придатності вод у різних точках моніторингу та прослідковування їх змін застосовують такі класифікаційні ознаки якості вод:

– I клас якості: води, що зазнали мінімального антропогенного тиску, відносяться до першої категорії. Їх гідрохімічні та гідробіологічні характеристики майже не відрізняються від природних показників;

– II клас якості: води другої категорії демонструють помітні відхилення від природного фону, проте ці трансформації ще не руйнують екологічного балансу;

– III клас якості: до третьої категорії належать водні об'єкти, які відчувають значущий антропогенний вплив, що наближається до критичних показників для збереження стабільності екосистем;

– IV-VII клас якості: води, класифіковані як IV-VII, характеризуються порушенням екологічних норм, а їхній стан розцінюється як екологічне погіршення (таблиця 1).

Таблиця 1. Критерії оцінювання якості вод за ІЗВ

Клас якості води	Величина ІЗВ	Текстовий опис
I	<0,3	Дуже чиста
II	>0,3-1	Чиста
III	>1-2,5	Помірно забруднена
IV	>2,5-4	Забруднена
V	>4-6	Брудна
VI	>6-10	Дуже брудна
VII	>10	Надзвичайно брудна

Визначення оцінки якості водних об'єктів на поверхні є справою першочерговою, що знаходить своє відображення у наукових працях як іноземних дослідників, так і наших співвітчизників. Врегулювання даного аспекту дозволить запобігти експансії отруйних елементів та хвороботворних мікроскопічних організмів, погіршенню придатності води для пиття, зменшенню здатності поверхневих водойм до продукування живої речо-

вини та їхньої спроможності до природного очищення [1]. На підставі аналізу забрудненості водойм, зважаючи на кратність перевищення встановлених норм ГДК конкретним регіональним управлінням, прийнято виділяти чотири суттєво різні градації міри забруднення: несуттєве; помірне; значне; надзвичайно значне.

Отримавши фактичні значення якісних показників водних ресурсів наступним кроком є встановлення класу та стану якості води згідно до екологічної класифікації А.В. Яцика, що наведено в таблиці 2. Екологічна класифікація води за А.В. Яциком поділяє водні об'єкти на шість класів за ступенем забруднення, що визначаються за сукупністю показників (органолептичних, фізико-хімічних, біохімічних, мікробіологічних та інших), які наведені в його наукових працях та навчальних посібниках. Кожен клас відповідає певному стану водойми, від «дуже доброго» до «дуже поганого». З метою з'ясування екологічної безпеки будь-якого виробничого процесу, регулюються міжгалузеві технологічні стандарти щодо кількості субстанцій, які потрапляють до водойм, а саме – гранично допустимих концентрацій (ГДК) цих речовин у стоках, які генеруються під час виробничої діяльності.

Таблиця 2. Стан якості води, критерії хімічного, бактеріального забруднення та комплексна оцінка якості поверхневих вод

Клас якості	Стан якості води	Показник якості поверхневих вод		
		<i>Кбакт</i>	<i>Кхім</i>	<i>Ккомпл</i>
1	Дуже чиста	<3	<0,3	3
2	Чиста	3-1000	0,3-1,0	1
3	Задовільної чистоти	1001-10000	1,0-2,5	0
4	Мало забруднена	10010-50000	2,5-4,0	-1
5	Брудна	50010-100000	4,0-6,0	-3
6	Дуже брудна	>100000	>6,0	-4

Стічні води та поверхневий стік із цих зон потрапляють у водний об'єкт, засмічуючи його зваженими частинками та органічними сполуками. Унаслідок цього спостерігається зростання забарвленості, погіршення видимості, підвищення потреби води у кисні для окислення органіки (БСК), зниження рівня розчиненого кисню, а також збільшення вмісту сполук азоту та хлоридів. Першочергово стан поверхневих вод можна визначити органолептичним методом та без лабораторних досліджень візуально встановити чи є забруднена вода за запахом, каламутність, на смак та візуально на домішки в ній. Водна якість визначається як природними умовами, так і інтенсивністю впливу людської діяльності на водозбірну площу.

Стаття присвячена визначенню якості оцінки річки Турунчук, яка впадає в басейн річки Дністер на території Одеської області, яка відгалужується від судноплавного русла Дністра поблизу придністровського села Чобручі. Далі протікає поблизу сіл Глинне, Незавертайлівка і знову впадає в Дністер від гирла в районі міста Біляївка до с.Маяки Одеської області. Завдяки піщаній гирлі, яка була налита водою, Турунчук відокремився від озера Біле і впадає безпосередньо в Дністер.

Велика частина берегів стрімчасти і глиниста, вони покриті вербовими лісами, заростями верболозу і бур'янистим різнотрав'ям. На берегах Дністра, Турунчука і на розташованому між ними острові Турунчук є ціла система озер (найбільші з них: Кучурганське водосховище, озера Біле, Путрине та Тудорове). Озера басейну Дністра разом із залишками древньої стариці займають площу 39,4 км². Дана ділянка цінна з погляду збереження водно-болотних угідь і підтримки біорізноманіття. У неглибоких місцях річка густо поростає очеретом, а на вільних (песах) він росте лише уздовж берегів. Інтенсивність підйому рівнів води під час паводків може досягати до 1,5 м/добу. Максимальні витрати води річки мають двояке походження: з одного боку, вони обумовлені весняним таненням снігу, а з другого боку – формуються внаслідок літніх і осінніх інтенсивних дощів. Дно річки рівне: на широких песах воно замулене та глинисте, в'язке, тоді як на перекатах – навпаки, тверде, піщане, а у самому гирлі трапляється кам'янисте.

Нижче села Маяки від Дністра відділяється шестикілометровий рукав Глибокий Турунчук – штучний канал завширшки близько 100 м і завглибшки до 10 м. Отже, річка Дністер впадає в Дністровський лиман двома рукавами – власне Дністер та Глибокий Турунчук, тому ретельне обстеження та постійний моніторинг необхідний за для вчасного виявлення джерела небезпеки забруднення водою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідною умовою для підтримання відповідного стандарту чистоти води та оперативного реагування на несанкціоновані скиди небезпечних речовин у природу є постійний екологічний моніторинг водних ресурсів [2]. Це дозволяє відвернути руйнівний вплив на екологію. Наявний досвід зі створення багатоаспектних показників стану води та обґрунтування їх застосування у широкому спектрі наукових і практичних розробок, спрямованих на охорону водних багатств, потребує подальшого упорядкування та перегляду. Визначення ключових характеристик якості вод річок та водойм є критично важливим завданням, яке активно обговорюється як нашими науковцями, так і їхніми міжнародними партнерами [4]. Успішне вирішення цього питання унеможливить поширення токсичних речовин і патогенної мікрофлори, допоможе запобігти погіршенню якості питної води, зниженню обсягів вилову риби

та погіршенню природної здатності водних систем до самоочищення [9]. Дослідженням закономірностей річного розподілу водного стоку та виносу наносів лівобережними притоками Дністра опікувався В.В. Гребінь. Здійснений автором моніторинг режиму внутрішньорічного розподілу стоку засвідчив започаткування теперішньої фази трансформацій гідрологічного ладу. Виявлено виразний тренд до згладжування внутрішньорічної варіативності стоку на річках цієї території, що виражається у скороченні питомої ваги весняного стоку та збільшенні внеску інших сезонів, зокрема літнього (на рівні до 5%).

Для малої річкової мережі Одеської області (куди відноситься і річка Турунчук) типовою є весняна повінь, що спостерігається у переважній більшості випадків, а також трапляються невеликі підйоми рівня води (паводки) у теплий сезон. Ключові гідрографічні показники малих річок, що протікають на теренах Одещини, представлені у таблиці 3.

Таблиця 3. Гідрографічні характеристики малих річок на території Одеської області (включно з р.Турунчук)

Річки	Басейн річки	Довжина, км	Площа водозбірного басейну, км²	Похил річки, м/км	Використання
р. М. Куяльник	Причорномор'я	89	1540	0,8	-
р. В. Куяльник	Причорномор'я	150	1860	0,7	-
р. Тилігул	Причорномор'я	168	3550	0,9	зрошення
р. Алкалія	Причорномор'я	34	619	1,7	господарсько побутове для зрошення
р. Хаджидер	Причорномор'я	94	894	1,4	
р. Сарата	Причорномор'я	120	1250	1	зрошення
р. Чага	Причорномор'я	120	1270	1,1	сільськогосподарські потреби для зрошення
р. Каплань	Причорномор'я	22,7	276	2,6	господарські потреби
Барабой	Причорномор'я	71	652	1	зрошення, рибальство, розведення водоплаваючої птиці.
р. Великий Ялпуг	Дунай	114	52	1,1	зрошення
р. Киргиз-Китай	Дунай	64	705	1,9	сільськогосподарські та побутові потреби
Кодима	Південний Буг	149	1920	-	-
Окна	Дністер	35,7	267	-	зрошення
Білоч	Дністер	23,7	203	-	сільськогосподарські та побутові потреби
Турунчук	Дністер	60	-	-	рибальство, туризм
Кучурган	Дністер	119	2090	0,89	-
Ягорлик	Дністер	73	1590	1,7	зрошення

Гідрологічний режим невеликих річок, що протікають територією Одещини, відповідає східноєвропейській моделі. Ці водні артерії живляться переважно за рахунок танення снігу та ґрунтових вод. Загалом, рівень гідрологічних спостережень за їхнім режимом можна оцінити як достатній. Вивченням особливостей внутрішньорічного розподілу стоку води та наносів лівобережних приток Дністра займався В.В. Гребінь. Проведений автором аналіз характеру внутрішньорічного розподілу стоку та його сучасних умов виявив початок сучасного періоду змін гідрологічного режиму.

Виявлено чітку тенденцію вирівнювання внутрішньорічного розподілу стоку води на річках досліджуваного регіону, яка проявляється у зменшенні частки весняного стоку та зростанні частки інших сезонів, особливо літнього (до 5%). Потрапляння до водойм тих сполук, для яких ще не визначено жодних норм екологічної безпеки водокористування чи гранично допустимих скидів (ГДС), є абсолютно забороненим. Проте, у виняткових обставинах, такі викиди можуть отримати дозвіл від МОЗ, Мінприроди та Держрибагентства України, але лише за умови, що протягом терміну, визначеного цими відомствами, відповідні нормативи будуть належним чином розроблені та затверджені [8].

Скидання будь-яких стічних вод у водні системи дозволено лише за умови, коли встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК) та затверджені нормативи ГДС для забруднюючих речовин. Стосовно будь-якого антропогенного втручання у гідрологічний устрій річки, варто звернутися до вже згаданої праці В.І. Вишневського. Дослідник аналізує, як річка Дністер використовується у водогосподарській сфері, зокрема для потреб гідроенергетики. Значна частина його роботи акцентує увагу на впливі Дністровського гідровузла на природну екосистему та стан нижньої течії Дністра, зокрема на його температурний режим. Зафіксовано суттєве зниження температури води порівняно з тими умовами, що були б природними. Ключовим моментом також є забезпечення екологічних попусків на річці, які, на переконання автора, варто проводити щороку.

Врегулювання водного режиму штучними водоймами є одним із вирішальних чинників деградації невеликих річок на території Одещини. Стан переважної більшості ставків та водосховищ є глибоко незадовільним. Так і на території берегової лінії річки Турунчук вони були зведені, як правило, господарським методом, з дотриманням низького інженерного рівня та за спрощеною проєктною документацією, а надто часто – взагалі без неї. Наземні греблі малих річок, з незакріпленими схилами, тривалий час зазнають розмиву, а деякі з них повністю зруйновані. Водовідвідні споруди, з огляду на їх технічний стан та міцність, зазвичай не відповідають ані актуальним технічним вимогам, ані базовим нормам безпечної експлу-

атації гідротехнічних об'єктів, що унеможливило належне регулювання та раціональне використання стоків малих річок [3].

Самовільне будівництво місцевим населенням ставків без належного науково-технічного обґрунтування та не за стандартами ДБН спричинило стрімке обміління малих і без того річок, заболочення, заростання водною рослинністю, що погіршило загальний санітарний стан водойм. Саме такий стан спостерігається на території водойми р.Турунчук. Що найголовніше – подібні ставки призводять до зникнення тих річок, на яких вони розташовані, а населення навіть не замислюється, що в найближчому майбутньому ця річка може зникнути через інтенсивне використання її ресурсів та через недбале ставлення. Дана ділянка цінна з погляду збереження водно-болотних угідь і підтримки біорізноманіття. Нижче села Маяки від Дністра відділяється 6-кілометровий рукав Глибокий Турунчук – це штучний канал завширшки близько 100 м і завглибшки 9-10 м. Отже, річка Дністер впадає в Дністровський лиман двома рукавами – власне Дністер та Глибокий Турунчук. Турунчук є улюблене місце відпочинку мешканців Одеської області та Молдови (Придністров'я). У теплу пору року на його берегах можна зустріти намети туристів. Також Турунчук є популярним місцем риболовлі, тут часто проводяться змагання рибалок, тому слід постійно моніторити якісний стан водойми, яка згодом впадає в велику річку Дністер.

Результати досліджень та їх обговорення. Аби визначити ступінь забруднення водних об'єктів на поверхні проводилися дослідження випадків перевищення нормативних концентрацій через показник кратності цих перевищень. Обчислення здійснювалися спираючись на щомісячні гідрохімічні дані, отримані в пунктах моніторингу басейну річки Дністер протягом 2023 року, використовуючи відповідну вищевказану методику. Варто також зазначити, що, посилаючись на класифікацію якості води річкових систем за рівнем забруднення ми зможемо, на основі розрахованих значень коефіцієнта перевищення гранично допустимих концентрацій, встановити ступінь забруднення, категорії якого можуть варіюватися від «незначного» до «надзвичайно високого».

Визначення рівня придатності Дністра та притікаючих до нього річок для використання як головного джерела питної води має значну вагу як у науковому, так і у практичному плані. Гідрологічний стан приток Дністра, за невеликим винятком, вивчений куди менше, ніж сама річка, і чимало з них досі не отримали ґрунтового аналізу. Головним імпульсом для дослідження цих приток було забезпечення регулювання стоку Дністра, що торкнулося також низки його карпатських відгалужень. Вивчення цих приток здійснювалося паралельно з аналізом стану Дністра та його малих річок. Для оцінки сучасного стану поверхневих вод р.Турунчук, що впа-

дає до басейну р. Дністер використовуємо дані спостережень державного моніторингу поверхневих вод за 2023 рік, які надаються КП «Біляївський водоканал», що використовує в подальшому воду даної річки для господарського водоспоживання. За отриманими даними посту спостереження № 7 с. Маяки Нижньо-річкового басейну Дністер з якого відходить рукав р.Турунчук моніторинг було здійснено лабораторією моніторингу вод та ґрунтів БУВР річок Причорномор'я та встановлено клас якості води на р.Турунчук.



Рис. 1. пост спостереження № 7 р.Турунчук (с.Маяки Одеської області)

При написанні статті було тримано дані останніх спостережень у населених пунктах, які прилягають до берегової лінії р.Турунчук, що згодом йде до басейну Дністра та проведено екологічну оцінку якості даної річки. Отже, пост спостереження № 7 заключний район річкового басейну, що розміщений в с. Маяки Одеської області, характеризується у 2023 р. як помірно забруднена, а взагалом за останні роки якість води коливається від чиста до помірно забруднена. (таблиці 4 та 5).

Дані з поста спостереження поста 7 вказують на значне перевищення показників сульфат-іонів, хлорид-іонів та амоній-іонів. Перевищення становить відповідно 4,27, 1,55 та 3,2 раза. Підвищений вміст сульфат-іонів, хлорид-іонів та амоній-іонів свідчить про потрапляння у річку значної кількості неочищених та недостатньо очищених господарсько-побутових стоків від приватного сектору та сільськогосподарського виробництва, які знижують здатність води природних водойм до самоочищення.

Таблиця 4. Дані з постів спостереження, розташованих по течії річки Дністер (пост на р.Турунчук)

Забруднювальна речовина / показник	ГДК (ОБУВ)	Пости спостереження						
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Біохімічне споживання кисню за 5 діб, мг О/дм ³	3	1,18	5,2	3,8	1,97	2,3	1	2,2
Завислі речовини, мг/дм ³	15	3	3	69	14	12	40,5	29,8
Кисень розчинений, мг О ₂ /дм ³	>4	8,03	5,87	12,5	13,4	8,23	2,33	11,5
Сульфат-іони, мг/дм ³	100	34,61	89,82	184	82,2	57,8	97,92	427,49
Хлорид-іони, мг/дм ³	300	24,32	210,18	210,18	37,2	22,17	26,59	465,00
Амоній-іони, мг/дм ³	0,5	0,22	2,6	0,58	0,4	0,09	0,1	1,6
Нітрат-іони, мг/дм ³	40	3,45	22,95	6,2	10,86	5,49	24,8	35,43
Нітрит-іони, мг/дм ³	0,08	0,36	1,34	0,041	0,06	0,05	0,028	0,019

Як було встановлено, основною причиною потрапляння органічних забруднюючих речовин у річку Дністер, куди впадає мала річка Турунчук, є

Таблиця 5. ІЗВ та клас якості води (за даними з поста спостереження с. Маяки Одеської обл.)

Рік	Величина ІЗВ	Клас якості води	Характеристика води
2020	0,9	II	Чиста
2021	1,1	III	Помірно забруднена
2022	0,9	II	Чиста
2023	1,2	III	Помірно забруднена

Забруднення органікою у цих водних об'єктах може спричинити помітні коливання у режимі насичення киснем, що, у свою чергу, веде до трансформацій у видовому складі гідробіонтів, а у найважчих випадках до їхнього зникнення. Кількість органічних сполук, що надходять із потоками стічних вод, зазвичай визначається за непрямими показниками – БПК та ХСК. Левова частка міських осередків у межах басейну Дністра має доступ до комунальних споруд для очищення. Серед приток (по показникам постів) найгіршим екологічним станом за значеннями I_1 відзначалася р. Тисмениця, води якої за усередненими багаторічними значеннями належали до 5 категорії III класу («задовільні» за екологічним станом та «помірно забруднені» з ступенем забрудненості).

Небезпека забруднення вод органікою полягає у падінні концентрації розчиненого кисню до критичного рівня для водних мешканців. У цьому розділі аналізується дія групи органічних сполук, які не демонструють токсичності та можуть бути розкладені мікроорганізмами. Походження цієї групи речовин переважно пов'язане з продуктами життєдіяльності біологічних систем. Органічне забруднення, що походить із неточкових джерел, головним чином зумовлене індивідуальними садибами у сільській місцевості, які

не підключені до централізованої каналізаційної мережі. Водовідведення з таких приватних господарств відбувається через накопичення нечистот, звідки рідина проникає у найближчі ґрунтові води. Розрахунок обсягів надходження забруднення від сільського населення здійснювався за допомогою коефіцієнтів. Збір стічних вод у сільських і селищних населених пунктах здійснюється в індивідуальні септики або вигреба, які є одними з потенційних джерел забруднення підземних водоносних горизонтів у басейні.

Протягом 2023 року обсяги органічного забруднення, яке походить від точкових комунальних джерел, досягли показників у 1,0 тис. тонн за показником БСК та 3,2 тис. тонн за ХСК. Переважну частку цього органічного забруднення продукують великі міські осередки з населенням, що перевищує 100 тисяч осіб (до таких належать Кам'янець-Подільський, Львів, Івано-Франківськ, Тернопіль). Саме зі стоками з цих міст транспортується близько 60% органічних сполук за БСК та 70% – за ХСК. У верхів'ях річкового басейну переважно розмістилися виробництва хімічної, нафтохімічної галузей, зокрема ті, що займаються нафтопереробкою, її зберіганням та транспортуванням, а також целюлозно-паперова та меблева промисловість. Тому казати, що малі річки можуть бути причиною забруднення вод річки Дністер не можна, але свою частку в можливе забруднення через нерегульоване надмірне господарювання місцевого населення теж може внести.

Висновки. Зважаючи на оцінку екологічної ситуації у басейні річки Турунчук, яка впадає в річку Дністер динаміки її змін, можна дійти такого висновку, що домінування екстенсивних методів водоспоживання у переважній більшості секторів економіки, збільшення сукупних обсягів некорисно витраченої води, а також відчутне зменшення наявного водного потенціалу через забруднення джерел та їх виснаження, рішуче вимагають запровадження масштабних екологічних та господарських програм, спрямованих на раціональне використання водних ресурсів. За всіма показниками з'ясовано, що річка Турунчук станом на 2023 рік характеризується як «Помірно забруднена», але в попередні роки відмічалися і як «Чиста».

За визначеними значеннями індексу забрудненості води, можна вважати, що вода річки Дністер ще не досягла критичної межі забруднення і має потенціал до самоочищення. Отже, аналіз екологічного стану басейну Дністра та його тенденцій дає підставу зробити висновок, що переважно екстенсивне водоспоживання майже в усіх галузях національного господарства, зростання загальних обсягів непродуктивних витрат води, помітне скорочення потенціалу водних ресурсів внаслідок забруднення і виснаження водних джерел зумовлюють потребу впровадження широко-масштабних екологічних і господарських заходів з використання вод.

Подяки: немає.

Фінансування: немає.

Конфлікт інтересів: немає.

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF THE TURUNCHUK RIVER IN ODESSA REGION

Almashova V.S. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
orcid.org/0000-0001-6180-1096
Kherson State Agrarian and Economic University
vikadiana1981@gmail.com

The article highlights the hydrochemical indicators of the quality of the water reservoir of the Turunchuk River, which flows within the territory of the Odessa region and flows into the Dniester River. This article presents the values of the main hydrochemical indicators of water quality at observation posts along the Turunchuk River in the territory of the Odessa region. It was found that the waters of the Dniester River basin are mostly moderately polluted and are under significant anthropogenic impact, the level of which is close to the limit of ecosystem sustainability. According to the determined values of the water pollution index, it can be assumed that the Dniester water has not yet reached the critical limit of pollution and has the potential for self-purification.

It was found that the waters of the Dniester River basin are mostly moderately polluted and are under significant anthropogenic impact, the level of which is close to the limit of ecosystem sustainability. According to the determined values of the water pollution index, it can be assumed that the Dniester water has not yet reached the critical limit of pollution and has the potential for self-purification. A slight excess of the maximum permissible concentrations of nitrite ions, sulfate ions, chloride ions, ammonium ions and the biochemical oxygen demand index was detected in the control sections of the Turunchuk River at individual monitoring stations.

Small tributaries of the Dniester River in the Odessa region are actively used for fishing, recreation, as well as to meet the needs of the municipal sector, agro-industry, and the daily life of citizens. The Turunchuk River, which they studied, is no exception.

The anthropogenic factor of management in the use of these waterways and their intensive consumption have affected the quality indicators of this small river. Due to intensive management on the banks of the Turunchuk, the river is gradually polluted with organic residues from domestic animals and sewage, which leads to a deterioration of the hydrochemical situation in the reservoir.

It is necessary to constantly monitor the condition of the coastal strip (to identify sources of pollution from economic activities) and conduct regular laboratory tests.

Key words: ecological state of rivers, hydrological regime, Turunchuk River; water pollution index, hydrochemical indicators.

ЛІТЕРАТУРА

1. Антипенко М.Л., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Біорізноманітність Дунайського біосферного заповідника, збереження, регулювання. Під ред. Ю.Р. Шеляг-Сосонко. Київ. Наукова думка, 2009. 404 с.
2. Клименко М.О., Бедункова О.О. Біоіндикація стану гідроєкосистем за морфологічними та цитогенетичними характеристиками гомеостазу риби. Рівне: НУВГП, 2017. 302 с.

3. Голиков А.П., Козакова Н.А., Пересадко В.А. Водна безпека людства: глобальний і регіональний виміри. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм. 2018. Випуск 7. С. 26-34.
4. Пічура В.І., Потравка Л.О., Скок С.В. Екологічний стан акваторії ріки Дніпро у зоні впливу урбосистем (на прикладі міста Херсон). Водні біоресурси та аквакультура. 2019. № 2. С. 19-34
5. Хільчевський В. К. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник / М. Р. Забокрицька, Р. Л. Кравчинський, О. В. Чунарьов. Київ: ВПЦ Київський університет. 2015. 172 с.
6. Екологічні основи управління водними ресурсами / Томільцева А.І., Яцик А.В., Мокін В. Б. та ін. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
7. Beyond concrete: accounting for ecosystem services from free-flowing rivers / Auerbach D.A., et al. Ecosystem Services. 2014. Vol. 10. P. 1-5.
8. Gilvear D.J., Spray C.J., Casas-Mulet R. River rehabilitation for the delivery of multiple ecosystem services at the river network scale. Journal of environmental management. 2013. Vol. 126. P. 30-43. doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.03.026
9. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіюк, А. В. Яцик. Київ : Символ. 1998. 28 с.
10. David N Ogbonna. The Impact of Untreated Sewage Wastes discharge on the Physico-chemical properties of Rivers in Port Harcourt Metropolis. World Journal of Scientific Research and Reviews Vol. 2, No. 2, September 2014. pp. 1 – 19.
11. Магась Н. І., Трохименко А. Г. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн річки Південний Буг. Екологічна безпека. 2013. Випуск 2. С. 48-52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez_2013_2_12

REFERENCES

1. Vasenko O. H. (2015) Integralni ta kompleksni otsinky stanu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha (2015) [Integral and complex assessments of the state of the environment]. Kharkiv: NUHZU, 419 p.
2. Klymenko M.O., Bedunkova O.O. (2017). Bioindykatsiia stanu hidroekosystem za morfolohichnymi ta tsytohenetychnymi kharakterystykamy homeostazu ryb [Bioindication of the state of hydroecosystems by morphological and cytogenetic characteristics of fish homeostasis] Rivne: NUVHP, 2017. 302 p. [in Ukrainian]
3. Holikov A.P., Kozakova N.A., Peresadko V.A. (2018). Vodna bezpeka liudstva: hlobalnyi i rehionalnyi vymiry [Human water security: global and

- regional dimensions]. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Serii: Mizhnarodni vidnosyny. Ekonomika. Krainoznavstvo. Turyzm – Bulletin of Kharkiv National University V.N. Karazina. Series: International Relations. Economy. Local lore. Tourism. Vypusk 7. pp. 26-34 [in Ukrainian]
4. Pichura V.I., Shakhman I.O., A.M. Bystriantseva (2018). Prostorovo-chasova zakonomirnist formuvannia yakosti vody v richtsi Dnipro [Spatial-temporal regularity of water quality formation in the Dnieper river]. Bioresursy i pryrodokorystuvanni – Bioresources and nature management. Tom 10, № 1-2. pp. 44 –57 [in Ukrainian]
 5. Khilchevskyi V. K. (2015) Osnovni zasady upravlinnia yakistiu vodnykh resursiv ta yikhnia okhrona [Basic principles of water quality management and their protection], M. R. Zabokrytska, R. L. Kravchynskyi, O. V. Chunarov. Kyiv: VPTs Kyivskyi universytet. 172 p. [in Ukrainian]
 6. Tomiltseva A.I., Yatsyk A.V., Mokin V. B. ta in. (2017). Ekolohichni osnovy upravlinnia vodnymy resursamy [Ecological bases of water resources management] Kyiv: Instytut ekolohichnoho upravlinnia ta zbalansovanoho pryrodokorystuvannia. 200 p. [in Ukrainian]
 7. Auerbach D.A., et al. (2014) Beyond concrete: accounting for ecosystem services from free-flowing rivers. Ecosystem Services. Vol. 10. P. 1-5
 8. Gilvear D.J., Spray C.J., Casas-Mulet R. (2013). River rehabilitation for the delivery of multiple ecosystem services at the river network scale. Journal of environmental management. Vol. 126. pp. 30-43 doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.03.026
 9. Romanenko V. D., Zhukynskyi V. M., Oksiiuk O. P., Yatsyk A. V. (1998) Metodykaekolohichnoiotsinkyakostipoverkhnevykhvodza vidpovidnymi katehoriiami [Methods of ecological assessment of surface water quality by relevant categories] Kyiv : Symvol. 28 p. [in Ukrainian]
 10. David N Ogbonna (2014). The Impact of Untreated Sewage Wastes discharge on the Physico-chemical properties of Rivers in Port Harcourt Metropolis. World Journal of Scientific Research and Reviews Vol. 2. №. 2. pp. 1 – 19
 11. Magas N.I., Trokhimenko A.G. (2013). Estimation of modern anthropogenic load on the Southern Bug river basin. Ecological safety. Issue 2. pp. 48-52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekbez_2013_2_12/ [in Ukrainian]

Дата першого надходження рукопису до видання: 23.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

УДК 504:556.5(574)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.9>

ASSESSMENT OF THE ECOSYSTEM STATE OF THE BILE LAKE (RIVNE REGION) BASED ON A SET OF ECOLOGICAL INDICATORS

*Breus D.S. – PhD in Agriculture,
orcid.org/0000-0001-7238-518
Kherson State Agrarian and Economic University
breusd87@gmail.com*

At the present stage, there is no water body in Ukraine that has not been altered by human activity or its consequences. In most cases, such interventions lead to the “aging” of lakes. Along with the disturbance of aquatic ecosystem stability, the condition of adjacent terrestrial biocenoses such as wetlands, forests, and meadows also deteriorates, resulting in not only local but also regional impoverishment of the gene pool of flora and fauna.

Moreover, the impact of hydraulic engineering and land reclamation activities on lake ecosystems has not yet been quantitatively assessed, although the external manifestations are evident – disruption of water exchange, alteration of the water surface area and feeding conditions, as well as deterioration in fish productivity and overall water quality.

The article is devoted to the assessment of the ecosystem state of the Bile Lake based on a set of ecologically formed indicators. During recent years, the environmental situation in both natural and artificial aquatic ecosystems has been deteriorating due to increasing anthropogenic pressure, which has resulted in significant qualitative and quantitative changes in their ecological state. According to scientific research, many inland water bodies have become so heavily polluted that their ecosystems are undergoing complete degradation, leading to the loss of their economic and landscape value [4].

Of particular concern is the process of anthropogenic eutrophication of lakes and reservoirs, caused by the excessive inflow of biogenic elements. This process disrupts the balance between the formation of primary organic matter and its decomposition. The slowdown of decomposition processes leads to a deterioration of the sanitary condition of water bodies and a decline in water quality. Consequently, this complicates water treatment for both drinking and industrial use, as well as hinders the development of recreation, aquaculture, and fisheries.

The factors influencing the water quality of a Bile Lake were investigated, an integral assessment of the ecological state of the water body was carried out, the concentrations of heavy metals within the aquatic ecosystem were determined, and the levels of radionuclides present in the ecosystem were analyzed [8].

Key words: hydroecosystem, water quality, abiotic indicators, biotic parameters, ecological assessment, fish productivity.

Statement of the task. The aim of an article is comprehensive study and analyzes of the state of the aquatic ecosystem of a Bile Lake in the Rivne Region based on a set of ecological indicators.

Analysis of recent research and publications. The issue of comprehensive water quality assessment in Ukraine has been studied by many researchers, who have proposed a new approach to evaluating the ecological risk of aquatic ecosystem degradation under persistent anthropogenic pressure. This approach aims to determine the degree of environmental hazard associated with various types of natural resource use [9].

The assessment of aquatic ecosystem conditions and the identification of patterns in their functioning taking into account the hydrochemical and hydrobiological characteristics of water bodies under conditions of economic exploitation – are becoming increasingly relevant. Such studies provide a scientific basis for predicting future changes induced by anthropogenic factors and for developing appropriate compensatory and protective environmental measures.

It has been established that at the present stage there is no water body in Ukraine that remains unaffected by human activity or its consequences. In most cases, anthropogenic interference accelerates the “aging” of lakes. Alongside the degradation of aquatic ecosystems, the condition of adjacent terrestrial biocenoses, such as wetlands, forests, and meadows, also deteriorates. This leads not only to local but also to regional losses in the genetic diversity of flora and fauna. Furthermore, the impact of hydraulic engineering and land reclamation projects on lake ecosystems has not yet been quantitatively evaluated, although their external manifestations are evident: disruption of water exchange, reduction of the water surface area, alteration of hydrological and nutrient conditions, and declines in fish productivity and overall water quality [3].

Materials and methods. In the course of the study, a comprehensive methodological approach was applied, combining both field and laboratory investigations with analytical and statistical techniques. The research was conducted in several stages to ensure the reliability and representativeness of the obtained results.

At the initial stage, the collection and systematization of existing statistical and cartographic data were carried out. This included the analysis of long-term hydrological, meteorological, and environmental monitoring records related to a Bile Lake and its catchment area. Such data provided the baseline for identifying trends in anthropogenic pressure and natural dynamics affecting the aquatic ecosystem [10].

At the field research stage, on-site sampling of water and sediment was performed at various points across the lake to capture spatial variability. Samples were collected in accordance with national and international standards for environmental monitoring. Field measurements included determination of water

temperature, pH, electrical conductivity, transparency, and dissolved oxygen concentration using portable multiparameter probes. Visual assessments of the shoreline condition, aquatic vegetation, and signs of eutrophication or pollution were also conducted [6].

The laboratory analysis phase focused on determining the physicochemical and hydrobiological parameters of the collected samples. Standard analytical procedures were used to assess concentrations of biogenic elements (nitrogen, phosphorus compounds), organic matter content, and key ions. Heavy metals such as lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), zinc (Zn), and iron (Fe) were quantified using spectrophotometry. To assess the radiological condition of the lake, the activity concentrations of radionuclides (in particular, ^{137}Cs and ^{90}Sr) were measured [2].

Hydrobiological investigations included the study of phytoplankton, zooplankton, and benthic invertebrates as bioindicators of the ecological state of the aquatic environment. The composition, abundance, and diversity indices of these biotic components were analyzed to evaluate the level of eutrophication and the overall biological productivity of the ecosystem [11].

At the analytical stage, all experimental data were subjected to statistical processing using modern software tools. Methods of variation statistics, correlation, and regression analysis were employed to determine the interrelationships among environmental variables and to identify the dominant factors influencing water quality. An integral ecological index was calculated to provide a generalized quantitative assessment of the ecological state of a Bile Lake [1].

Based on the obtained results, recommendations were developed aimed at improving the ecological condition of the lake. These include measures for reducing external pollutant inflow, enhancing the self-purification capacity of the aquatic system, maintaining optimal hydrobiological balance, and restoring the populations of native fish species through ecologically safe and sustainable management practices [12].

Result and discussion. The Bile Lake is located within the territory of the Rivne Region, which, in terms of its physical and geographical position, lies within the forest-steppe zone of Ukraine. Geographically, the region occupies the central and western parts of the Volyn-Podillia Upland, the western slope of the Ukrainian Crystalline Shield, and a small area in the northeastern part of the region that extends into the Prypiat Depression.

The Bile Lake is of karstic origin and is situated in the Volodymyrets District of the Rivne Region, within the basin of the Styr River, a tributary of the Prypiat River. A lake is located near the village of Bilska Volia. It has a total water surface area of 453 hectares, making it the second-largest lake in the Rivne Region, following Lake Nobel (figure 1). Morphologically, a Bile Lake consists of two funnel-shaped karst depressions with maximum depths of 22 meters and 26 meters, respectively [5].

The Bile Lake is considered a unique natural feature of the region. It represents an exceptional combination of wetland, lacustrine, and forest ecosystems characteristic of Western Polissia. Due to its high ecological, hydrological, and landscape significance, the lake is included in the system of protected water bodies of the Rivne Nature Reserve, which ensures the conservation of its natural complexes, rare species, and overall ecological balance.



Figure 1. The Bile Lake on the map

The water quality indicators of a Bile Lake, obtained as a result of the conducted research, are presented in Table 1. Based on the tabulated data, the indicators were classified into three main groups: those characterizing the salt composition, tropho-saprobiological condition, and specific state of the water body.

An analysis of the sanitary-chemical and microbiological parameters of a Bile Lake allows for the following conclusions. The transparency of the water has slightly increased but remains within acceptable limits according to fishery and biological standards. The pH level is within the normal range, and the concentration of dissolved oxygen averages around 8.4 mg/dm^3 , which indicates that the self-purification processes in the lake are occurring at a satisfactory level.

Indicators of organic pollution include the biochemical oxygen demand (BOD), which varied between 4.3 and 5.8 mgO/dm^3 . These values classify the water body from moderately polluted to polluted. Additional indicators of organic contamination and the degree of mineralization are the various nitrogen forms, the excess of which reflects the degree of water toxicity.

Table 1. Water analysis data of a Bile Lake (average 2020-2021)

№	Indicator	Sampling site	
		Near the recreation center	On the opposite shore from the recreation center
1	pH	7.8	7.1
2	Color, degrees	28	26
3	Odor, points	0	0
4	Transparency, cm	More 20	More 20
5	Suspended solids, mg/dm ³	5.9	4.6
6	Dry residue, mg/dm ³	78.2	84.1
7	Total alkalinity, mg-eq/dm ³	0.9	0.7
8	Total hardness, mg-eq/dm ³	1.1	2.3
9	Calcium, mg/dm ³	18.1	1.9
10	Magnesium, mg/dm ³	0.62	0.7
11	Dissolved oxygen, mgO ₂ /dm ³	8.4	8.2
12	Chemical oxygen demand (COD), mgO ₂ /dm ³	45.0	42.0
13	Biochemical oxygen demand (BOD ₅), mgO ₂ /dm ³	5.8	7.13
14	Ammonium nitrogen, mg/dm ³	0.28	0.36
15	Nitrate nitrogen, mg/dm ³	0.37	0.35
16	Nitrite nitrogen, mg/dm ³	0.004	0.001
17	Sulfates, mg/dm ³	15.5	12.05
18	Chlorides, mg/dm ³	4.72	2.7
19	Phosphates, mg/dm ³	0.05	0.13
20	Fluorides, mg/dm ³	0.18	0.18
21	Iron, mg/dm ³	0.20	0.19
22	Nickel, mg/dm ³	Not detected	Not detected
23	Zinc, mg/dm ³	0.06	Not detected
24	Copper, mg/dm ³	0.12	0.07
25	Total chromium, mg/dm ³	Not detected	Not detected
26	Manganese, mg/dm ³	0.053	0.014

No exceedances were recorded for nitrite, nitrate, or sulfate concentrations. However, significant exceedances were observed among parameters of specific action – particularly for iron, copper, and zinc content. Although the primary sources of these elements have not yet been definitively identified, it is assumed that one of the main factors may be the geographical proximity of the water body to the 30-km impact zone of the Rivne Nuclear Power Plant, as well as residual consequences of the Chornobyl nuclear disaster [7].

Based on the obtained data, it can be stated that for the majority of water quality indicators of a Bile Lake, increased concentrations are observed in the area near the recreation base, which serves as evidence of anthropogenic impact on the ecosystem.

For the integrated assessment of water quality in aquatic ecosystems, the calculation of so-called water pollution indices is applied. These indices comprehensively characterize the sanitary condition and hydrochemical status of a water body (Table 2).

Table 2. Distribution of the Bile Lake water quality indicators by three blocks of water quality categories

First block (salt composition indicators)			Second block (trophi-saprobological indicators)			Third block (toxic effect indicators)		
Indicator	Value	Category	Indicator	Value	Category	Indicator	Value	Category
Dry residue, mg/dm ³	78.2	1	pH	7.8	1	Fluorides, mg/dm ³	0.18	4
Sulfates, mg/dm ³	15.5	1	Transparency, cm	More 20 cm	1	Iron, mg/dm ³	0.20	4
Chlorides, mg/dm ³	4.72	1	Suspended solids, mg/dm ³	5.9	1	Nickel, mg/dm ³	none	1
			Dissolved oxygen, mgO ₂ /dm ³	8.4	2	Zinc, mg/dm ³	0.06	5
			COD, mgO ₂ /dm ³	45.0	6	Copper, mg/dm ³	0.030	4
			BOD, mgO ₂ /dm ³	5.81	2	Chromium, mg/dm ³	none	1
			Ammonium nitrogen, mg/dm ³	0.28	3	Manganese, mg/dm ³	0.053	4
			Nitrite nitrogen, mg/dm ³	0.004	2			
			Nitrate nitrogen, mg/dm ³	0.36				
			Phosphates, mg/dm ³	0.05				
Blocked index	1-1		Blocked index	1-2.2		Blocked index	1-3.3	

According to the obtained results, the waters of a Bile Lake can be classified as follows:

- By the salt composition block – Class I, Category I, freshwater, hypohaline, excellent quality ($I_e = 1$);
- By the trophi-saprobological block – Class II, Category II, very good, clean, mesotrophic, alpha-oligosaprobic waters ($I_e = 2.2$);
- By the block of toxic effect indicators – Class II, Category III, good, clean, mesoeutrophic, and beta-mesosaprobic waters ($I_e = 3.3$).

The overall ecological index of a Bile's Lake water quality is $I_e = 2.2$.

Thus, the hydrological regime of the studied lake is determined by the geological and geomorphological features of the area, the state of specific environmental factors, and the direction of the processes occurring within them.

The general water quality assessment of a Bile Lake corresponds to Class II. However, within the block of specific toxic substances, elevated concentrations were recorded: Category IV for copper content, Category V for zinc, and Category IV for iron.

Thus, the block of specific effect indicators causes the greatest concern in the water body and requires additional research.

The results of the study on the content of heavy metals in the water of a Bile Lake are presented in Table 3. An increased concentration of copper (Cu) was detected – approximately one and a half times higher than the maximum allowable concentration (MAC). The levels of iron (Fe) and zinc (Zn) do not significantly exceed fishery-related MAC standards. It should be emphasized that the research results indicate an overall increase in the content of heavy metals, particularly lead (Pb), which is associated with the intensification of anthropogenic pressure on the aquatic ecosystem of the lake.

Table 3 – Content of heavy metals in the water of the Bile Lake

Year	Heavy metals content, mg/dm					
	Cu	Mn	Cd	Pb	Zn	Fe
2020	8.3	12.4	0.1	6.0	0.20	1.3
2021	6.7	12.2	0.3	4.2	0.25	2.4

The total content of heavy metals in water, even at relatively high concentrations, may not necessarily be harmful to fish and aquatic organisms. It is well known that in low-flow or closed water bodies with low turbidity, more than 90% of heavy metals migrate in a dissolved state.

The Bile Lake is not characterized by intensive overgrowth of higher aquatic vegetation; however, it demonstrates low fish productivity and slow fish growth rates. These features indicate significant changes in the ecological state of the lake, which, in turn, influence the solubility and mobility of heavy metals in the aquatic environment.

The next stage of the trophic chain study in the aquatic ecosystem of a Bile Lake involved the analysis of heavy metal content in higher aquatic plants. The research covered both submerged and emergent species. Submerged plants included sago pondweed (*Potamogeton pectinatus* L.), shining pondweed (*Potamogeton lucens* L.), and common hornwort (*Ceratophyllum demersum* L.). Emergent plants included broadleaf cattail (*Typha latifolia* L.), narrowleaf cattail (*Typha angustifolia* L.), and common bulrush (*Scirpus palustris* L.).

Samples of higher aquatic vegetation were collected along the perimeter of the lake at three sampling points. The results of the analysis of heavy metal content in higher aquatic plants of a Bile Lake are presented in Table 4.

According to the research results, the dominant concentrations of heavy metals in the phytomass were zinc, manganese, copper, cadmium, and lead. The accumulation pattern of heavy metals in macrophytes was as follows:

$$\text{Zn} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Pb} \quad (1)$$

Table 4. Content of heavy metals in higher aquatic vegetation of the Bile Lake

Назва рослини	Heavy metals content, mg/kg dry matter				
	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	12.4±1.2	4.8±0.2	48.4±1.26	0.09±0.002	0.17±0.006
<i>Potamogeton lucens</i> L.	13.2±1.02	3.2±0.12	36.2±1.27	0.13±0.08	0.004±0.005
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	15.6±0.86	6.17±0.44	17.4±1.14	0.21±0.004	0.005±0.006
<i>Typha latifolia</i> L.	26.3±1.05	8.02±0.32	22.7±1.21	0.08±0.007	0.003±0.004
<i>Typha angustifolia</i> L.	33.5±1.12	10.3±1.2	39.4±1.32	0.3±0.012	0.007±0.002
<i>Scirpus palustris</i> L.	27.4±0.94	8.6±0.47	17.4±0.57	0.11±0.006	0.009±0.004

Regarding the species distribution among macrophytes, the highest concentrations of heavy metals, in decreasing order, were observed as follows: *Potamogeton pectinatus* > *Potamogeton lucens* > *Ceratophyllum demersum* > *Typha angustifolia* > *Typha latifolia* > *Scirpus palustris*. The greatest sensitivity to water quality was found in submerged plants, as they maintain the most extensive contact with the aquatic environment.

The accumulation chains of heavy metals and organic pollutants often culminate at the top of the trophic pyramid of aquatic ecosystems, where fish typically occupy the highest level. Both predatory and non-predatory fish species actively accumulate heavy metals, which ultimately reduces their nutritional value and poses potential health risks to consumers.

The results of the analysis of heavy metal content in fish muscle tissue from Lake Bile are presented in Table 5.

Among all the studied organs of the European eel (*Anguilla anguilla* L.), the highest concentrations of heavy metals were found in the vertebral bones. The maximum levels were recorded for Cu (7.21±0.02 mg/kg), Zn (9.02±0.10 mg/kg), and Mn (4.3±0.03 mg/kg). The scales ranked second in terms of heavy metal contamination, followed by the gills.

The roach (*Rutilus rutilus*) ranked second in heavy metal accumulation, with the distribution pattern as follows: scales > skin > vertebral bone > gills > liver > muscles. The highest concentrations were observed for Zn (30.19±0.31 mg/kg) and Cu (2.73±0.03 mg/kg).

Table 5. Content of heavy metals in fish body tissues from Lake Bile (n = 3-6; M $\pm$ m)

Fish tissues	Heavy metals content, mg/kg dry matter					
	Zn	Cu	Pb	Cd	Mn	Co
European eel (<i>Anguilla anguilla</i>), three-year-old						
Scales	8.12 $\pm$ 0.12	4.51 $\pm$ 0.06	0.58 $\pm$ 0.07	0.58 $\pm$ 0.06	4.03 $\pm$ 0.1	0.01 $\pm$ 0.1
Skin	6.12 $\pm$ 0.22	6.61 $\pm$ 0.04	0.34 $\pm$ 0.04	0.53 $\pm$ 0.03	5.64 $\pm$ 0.22	0.003 $\pm$ 0.2
Muscles	3.42 $\pm$ 0.11	3.20 $\pm$ 0.03	0.43 $\pm$ 0.01	0.43 $\pm$ 0.01	2.1 $\pm$ 0.11	0.001 $\pm$ 0.05
Gills	7.26 $\pm$ 0.31	8.92 $\pm$ 0.04	0.67 $\pm$ 0.022	0.13 $\pm$ 0.03	3.1 $\pm$ 0.4	0.03 $\pm$ 0.02
Liver	6.12 $\pm$ 0.09	6.51 $\pm$ 0.11	0.31 $\pm$ 0.06	0.21 $\pm$ 0.04	2.3 $\pm$ 0.03	insignificant
Vertebral bone	9.02 $\pm$ 0.01	7.21 $\pm$ 0.02	0.83 $\pm$ 0.43	0.94 $\pm$ 0.04	4.3 $\pm$ 0.03	0.02 $\pm$ 0.006
Roach (<i>Rutilus rutilus</i>), one-year-old						
Scales	30.19 $\pm$ 0.31	1.98 $\pm$ 0.30	0.63 $\pm$ 0.09	0.040 $\pm$ 0.09	1.20 $\pm$ 0.30	0.031 $\pm$ 0.17
Skin	18.53 $\pm$ 0.13	2.51 $\pm$ 0.03	0.53 $\pm$ 0.03	0.053 $\pm$ 0.03	0.90 $\pm$ 0.32	0.028 $\pm$ 0.17
Muscles	6.53 $\pm$ 0.3	2.42 $\pm$ 0.05	0.23 $\pm$ 0.05	0.023 $\pm$ 0.01	0.54 $\pm$ 0.39	-
Gills	14.67 $\pm$ 0.23	2.53 $\pm$ 0.01	0.13 $\pm$ 0.01	0.063 $\pm$ 0.05	1.04 $\pm$ 0.70	0.012 $\pm$ 0.17
Liver	17.2 $\pm$ 0.20	1.33 $\pm$ 0.03	0.43 $\pm$ 0.02	0.037 $\pm$ 0.03	0.80 $\pm$ 0.30	-
Vertebral bone	20.1 $\pm$ 0.12	2.73 $\pm$ 0.03	0.65 $\pm$ 0.03	0.087 $\pm$ 0.03	2.04 $\pm$ 0.40	0.058 $\pm$ 0.17
Pike (<i>Esox lucius</i>), two-year-old						
Scales	15.65 $\pm$ 0.34	0.95 $\pm$ 0.06	0.27 $\pm$ 0.08	0.27 $\pm$ 0.03	-	0.072 $\pm$ 0.08
Skin	18.15 $\pm$ 0.14	1.21 $\pm$ 0.05	0.17 $\pm$ 0.08	0.58 $\pm$ 0.07	-	0.028 $\pm$ 0.1
Muscles	10.35 $\pm$ 0.38	0.86 $\pm$ 0.01	0.20 $\pm$ 0.06	0.34 $\pm$ 0.04	-	-
Gills	12.55 $\pm$ 0.51	1.25 $\pm$ 0.03	0.15 $\pm$ 0.04	0.43 $\pm$ 0.01	-	0.02 $\pm$ 0.06
Liver	11.65 $\pm$ 0.34	0.76 $\pm$ 0.062	0.29 $\pm$ 0.02	0.27 $\pm$ 0.022	-	-
Vertebral bone	21.67 $\pm$ 0.34	1.95 $\pm$ 0.16	0.28 $\pm$ 0.05	0.61 $\pm$ 0.06	-	0.058 $\pm$ 0.07
Rudd (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>), one-year-old						
Scales	4.6 $\pm$ 0.2	0.68 $\pm$ 0.15	0.19 $\pm$ 0.06	0.09 $\pm$ 0.01	2.23 $\pm$ 0.24	0.067 $\pm$ 0.03
Skin	5.07 $\pm$ 0.59	1.4 $\pm$ 0.11	0.24 $\pm$ 0.04	0.06 $\pm$ 0.04	2.19 $\pm$ 0.05	0.05 $\pm$ 0.02
Muscles	6.03 $\pm$ 0.1	2.9 $\pm$ 0.2	0.06 $\pm$ 0.01	0.03 $\pm$ 0.03	2.14 $\pm$ 0.02	0.06 $\pm$ 0.04
Gills	4.7 $\pm$ 0.12	1.6 $\pm$ 0.12	0.1 $\pm$ 0.01	0.012 $\pm$ 0.02	2.17 $\pm$ 0.01	0.02 $\pm$ 0.01
Liver	5.7 $\pm$ 0.8	3.2 $\pm$ 0.22	0.5 $\pm$ 0.08	0.011 $\pm$ 0.01	2.21 $\pm$ 0.01	0.08 $\pm$ 0.03
Vertebral bone	6.45 $\pm$ 0.6	1.9 $\pm$ 0.1	0.6 $\pm$ 0.07	0.017 $\pm$ 0.03	1.19 $\pm$ 0.04	0.042 $\pm$ 0.02

The third highest concentrations of heavy metals were recorded in the pike (*Esox lucius*), where, similar to the two previously mentioned species, the highest levels were observed for Zn (21.67 $\pm$ 0.34 mg/kg) and Cu (1.95 $\pm$ 0.16 mg/kg) in the vertebral bone.

The lowest concentrations among all studied species were found in the rudd (*Scardinius erythrophthalmus*). The dominant elements were Zn (6.45 $\pm$ 0.6 mg/kg) in the vertebral bone, Cu (3.2 $\pm$ 0.22 mg/kg) in the liver, and Pb (2.23 $\pm$ 0.24 mg/kg) in the scales.

For radiological studies of the lake, samples of water, bottom sediments of various types, higher aquatic plants, and fish were collected. Among the plants, both submerged species – *Potamogeton pectinatus* L. (sago pondweed), *Potamogeton lucens* L. (shining pondweed), *Ceratophyllum demersum* L. (common hornwort) and emergent species – *Typha latifolia* L. (broadleaf cattail), *Typha angustifolia* L. (narrowleaf cattail), and *Scirpus palustris* L. (common bulrush) were sampled. Higher aquatic vegetation was collected along the lake perimeter at three sampling points.

Among mollusks, great pond snail (*Lymnaea stagnalis* L.) and oval pond snail (*Radix ovata* L.) were identified in the samples. Fish species included in the radiological study were common carp (*Cyprinus carpio* L.), silver crucian carp (*Carassius auratus*), roach (*Rutilus rutilus* L.), European eel (*Anguilla anguilla* S.), and perch (*Perca fluviatilis* L.).

The content of radionuclides in the water of Lake Bile reached ^{137}Cs – 0.36 Bq/L and ^{90}Sr – 0.032 Bq/L, which does not exceed the permissible levels for radionuclides in water. It is well known that bottom sediments act as the most active accumulators of radionuclides, particularly cesium-137. The degree of their radioactive contamination depends on numerous factors, including sediment type, bottom relief, water currents, and the degree of higher aquatic vegetation development. The highest concentration of ^{137}Cs (16.2 Bq/kg) was recorded in the 0-5 cm layer of silt sampled at a depth of 9.0 m. The concentration of ^{90}Sr in bottom sediments ranged from 0.2 to 1.6 Bq/kg.

To evaluate the processes governing radionuclide exchange within the “water-bottom sediment” system, it is important to consider their state and chemical forms in the sediments. The highest average concentrations of ^{137}Cs were observed in plants such as narrowleaf cattail (*Typha angustifolia*) – 2700 Bq/kg and sago pondweed (*Potamogeton pectinatus*) – 1600 Bq/kg. The study revealed that submerged plant species contained radionuclides at levels 2.5 times lower than emergent plants. Under global fallout conditions, submerged species are generally characterized by a high capacity for radioactive substance accumulation due to their physiological properties.

The number of mollusks in the studied lake is relatively small, and these hydrobionts do not significantly influence the overall radioecological condition of Lake Bile. Therefore, they were examined primarily as one of the components of the aquatic ecosystem to assess radionuclide migration patterns. The most common mollusks showed the following contamination levels: ^{137}Cs – 21.6 Bq/kg, ^{90}Sr – 13.6 Bq/kg in *Lymnaea stagnalis*.

The study of radioactive contamination in fish was carried out in two aspects. On one hand, fish represent an important component of the aquatic ecosystem that quickly responds to changes in radioecological conditions and occupies a terminal position in the trophic chain. On the other hand, fish are an essen-

tial element of both commercial and recreational fisheries and a key component of the human diet. Therefore, it was necessary to determine the dependence of radionuclide accumulation in fish on the overall radioecological situation in the lake.

The highest levels of contamination were recorded in roach (*Rutilus rutilus* L.) and European eel (*Anguilla anguilla* S.), with ^{137}Cs concentrations of 1181 Bq/kg and 1064 Bq/kg respectively, values exceeding the permissible limit for cesium-137. The concentration of ^{90}Sr in the studied fish species ranged from 1.24 to 12.7 Bq/kg, which did not exceed the allowable level of 35 Bq/kg.

Thus, the radioactivity of most components of Lake Bile is largely determined by ^{137}Cs . Water, whose total radioactivity is approximately 95 % attributable to cesium-137, serves as the main source of contamination for ichthyofauna. The obtained results indicate that radioactive contamination in Lake Bile is primarily caused by ^{137}Cs , with a noticeable trend toward increasing concentrations. Consequently, there are conditions that favor radionuclide accumulation within the lake ecosystem.

In particular, the distribution of strontium-90 within the trophic chain of the water body follows the pattern: ichthyofauna > vegetation > water > bottom sediments.

The analysis of radionuclide content in fish organisms revealed no exceedances of permissible levels in fish products. The radiological data for a Bile Lake confirm the presence of radionuclides within the aquatic ecosystem. Although the current situation remains within ecological safety limits, the observed accumulation of radionuclides in macrophytes which form part of the diet of herbivorous fish raises concern, as it may ultimately lead to the transfer of radioactive elements into the human food chain.

Conclusions. During the study period, the highest concentrations of heavy metals were detected in the silty bottom sediments. The overall distribution of elements among the components of the aquatic ecosystem was as follows: silt > macrophytes > zoobenthos > ichthyofauna > zooplankton > phytoplankton > water. The highest heavy metal content within the ichthyofauna of the Bile Lake was observed in the European eel, particularly in the vertebral bone. According to the block of specific toxic substances, the studied water body belongs to Class II of water quality, both in terms of heavy metal content and the concentration of radioactive elements. The toxicological and radiological assessment of fish products from the analyzed water bodies, based on the content of heavy metal ions and radionuclides, meets the sanitary and veterinary standards for food raw materials and products. The lowest capacity for biological accumulation of heavy metals and radioactive elements was observed in planktophagous species, while the highest was found in benthophagous and detritophagous species. The gills, skin, scales, and fatty tissues exhibited the greatest cumulative effect, whereas the muscle tissues demonstrated the lowest level of accumulation.

ОЦІНКА ЕКОСИСТЕМНОГО СТАНУ ОЗЕРА БІЛЕ (РІВНЕНСЬКА ОБЛАСТЬ) НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСУ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Бреус Д.С. – к. с.-г. н.

orcid.org/0000-0001-7238-518

Херсонський державний аграрно-економічний університет

breusd87@gmail.com

На сучасному етапі в Україні немає жодного водного об'єкта, який не був би змінений господарською діяльністю або її наслідками. У більшості випадків ці втручання ведуть до «старіння» озер. Разом з порушенням стану екосистем водного середовища погіршується стан суходільних біоценозів боліт, лісів, луків, що прилягають до озер, і має місце не тільки локальне, але й регіональне збіднення генофонду флори та фауни. Крім цього вплив гідротехнічного та меліоративного будівництва на екосистеми озер не має кількісної оцінки, хоча зовнішні ознаки наявні – порушення водообміну, зміна поверхні водного дзеркала і умов живлення, погіршення рибопродуктивності і якості води.

Статтю присвячено оцінці екосистемного стану озера Біле на основі комплексу екологічно обґрунтованих показників. В останні роки екологічна ситуація як у природних, так і в штучних водних екосистемах погіршується через посилення антропогенного навантаження, що призводить до суттєвих якісних і кількісних змін їхнього екологічного стану. Згідно з науковими дослідженнями, багато внутрішніх водойм зазнали настільки інтенсивного забруднення, що їхні екосистеми перебувають у стані повної деградації, внаслідок чого вони втрачають своє господарське та ландшафтне значення [4].

Особливе занепокоєння викликає процес антропогенного евтрофування озер і водосховищ, спричинений надмірним надходженням біогенних елементів. Цей процес порушує рівновагу між утворенням первинної органічної речовини та її розкладом. Уповільнення процесів розкладу призводить до погіршення санітарного стану водойм і зниження якості води. У результаті це ускладнює її очищення для питних і промислових потреб, а також гальмує розвиток рекреації, аквакультури та рибного господарства.

Було досліджено чинники, що впливають на якість води озера Біле, здійснено інтегральну оцінку екологічного стану водойми, визначено концентрації важких металів у межах водної екосистеми та проаналізовано рівні радіонуклідів, присутніх у ній [8].

Ключові слова: гідроекосистема, якість води, абіотичні показники, біотичні параметри, екологічна оцінка, рибопродуктивність.

BIBLIOGRAPHY

1. Ashok A., Rani H.P., Jayakumar K.V. Monitoring of dynamic wetland changes using NDVI and NDWI based landsat imagery. Remote Sensing Applications: Society and Environment, Vol. 23, 2021. 100547. DOI: 10.1016/j.rsase.2021.100547.

2. Бедункова О.О. Міграція важких металів у водних екосистемах (на прикладі річки Замчисько) : автореф. дис. канд. с.-г. наук: 03.00.16, Державний вищий навчальний заклад «Державний агроекологічний університет». Житомир, 2006. 18 с.
3. Breus D., Yevtushenko O. Modeling of trace elements and heavy metals content in the steppe soils of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 23(2), 2022. 159-165.
4. Breus D., Yevtushenko O. Agroecological Assessment of Suitability of the Steppe Soils of Ukraine for Ecological Farming. *Journal of Ecological Engineering*, 24(5), 2023. 229-236.
5. Клименко М.О. Бедункова О.О. Накопичення важких металів у представниках іхтіофауни водних екосистем : Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Вип. 4(32), 2005. С. 192-197.
6. Kutishchev P., Heina K., Honcharova O., Korzhov Y. Zooplankton Spatial Distribution in the Dnieper-Bug Estuary. *Hydrobiological Journal*, 57(6), 2021. 17-32.
7. Pichura V., Potravka L., Barulina I. Agricultural Dependence of the Formation of Water Balance Stability of the Sluch River Basin Under Conditions of Climate Change. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(9), 2023. 300-325.
8. Pichura V., Potravka L., Ushkarenko V., Chaban V., Mynkin M. The Use of Hydrophytes for Additional Treatment of Municipal Sewage. *Journal of Ecological Engineering*, 23 (5), 2022. 54-63.
9. Pichura V.I., Malchykova D.S., Ukrainskij P.A., Shakhman I.A., Bystriantseva A.N. Anthropogenic Transformation of Hydrological Regime of The Dnieper River. *Indian Journal of Ecology*, 45 (3), 2018. 445-453.
10. Пилипенко Ю.В., Бедункова О.О., Пилипенко Є.Ю. Міграційні шляхи розповсюдження іонів важких металів в органах і тканинах риб біомеліораторів в умовах малих водосховищ : Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. 2007. Вип. 2 (38). С. 313-318.
11. Skok S., Breus D., Almashova V. Assessment of the Effect of Biological Growth-Regulating Preparations on the Yield of Agricultural Crops under the Conditions of Steppe Zone. *Journal of Ecological Engineering*, 24(7), 2023. 135-144.
12. Vyshnevskiy V., Shevchuk S., Komorin V., Oleynik Yu., Gleick, P. The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water International*. 2023 DOI: 10.1080/02508060.2023.2247679.

REFERENCES

1. Ashok A., Rani H.P., Jayakumar K.V. (2021). Monitoring of dynamic wetland changes using NDVI and NDWI based landsat imagery. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, Vol. 23. 100547. DOI: 10.1016/j.rsase.2021.100547.
2. Biedunkova O.O. (2006). *Mihratsiia vazhkykh metaliv u vodnykh ekosystemakh (na prykladi richky Zamchysko) : avtoref. dys. kand. s.-h. nauk.* [Migration of heavy metals in aquatic ecosystems: Author's abstract of the dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences]. Zhytomyr, 19 p.
3. Breus D., Yevtushenko O. (2022). Modeling of trace elements and heavy metals content in the steppe soils of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 23(2), 159-165.
4. Breus D., Yevtushenko O. (2023). Agroecological Assessment of Suitability of the Steppe Soils of Ukraine for Ecological Farming. *Journal of Ecological Engineering*, 24(5), 229-236.
5. Klymenko M.O., Biedunkova O.O. (2005). *Nakopychennia vazhkykh metaliv u predstavnykakh ikhtiofauny vodnykh ekosystem.* *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia.* [Accumulation of heavy metals in representatives of ichthyofauna of aquatic ecosystems : Bulletin of the National University of Water and Environmental Engineering]. Issue 4(32). P. 192-197.
6. Kutishchev P., Heina K., Honcharova O., Korzhov Y. (2021). Zooplankton Spatial Distribution in the Dnieper-Bug Estuary. *Hydrobiological Journal*, 57(6), 17-32.
7. Pichura V., Potravka L., Barulina I. (2023). Agricultural Dependence of the Formation of Water Balance Stability of the Sluch River Basin Under Conditions of Climate Change. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(9), 300-325.
8. Pichura V., Potravka L., Ushkarenko V., Chaban V., Mynkin M. (2022). The Use of Hydrophytes for Additional Treatmnet of Municipal Sewage. *Journal of Ecological Engineering*, 23 (5), 54-63.
9. Pichura V.I., Malchykova D.S., Ukrainskij P.A., Shakhman I.A., Bystriantseva A.N. (2018). Anthropogenic Transformation of Hydrological Regime of The Dnieper River. *Indian Journal of Ecology*, 45 (3), 445-453.
10. Pylypenko Yu.V., Biedunkova O.O., Pylypenko Ye.Yu. (2007). *Mihratsiini shliakhy rozpovsiudzhennia ioniv vazhkykh metaliv v orhanakh i tkanyakh ryb-biomelioratoriv v umovakh malykh vodoskhovyshch.* *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia.* [Migration pathways of heavy metal ions distribution in organs and tissues of bioremediator fish under conditions of small reservoirs. Bulletin of the

- National University of Water and Environmental Engineering]. Issue 2 (38). Rivne, P. 313-318.
11. Skok S., Breus D., Almashova V. (2023). Assessment of the Effect of Biological Growth-Regulating Preparations on the Yield of Agricultural Crops under the Conditions of Steppe Zone. Journal of Ecological Engineering, 24(7), 135-144.
 12. Vyshnevskiy V., Shevchuk S., Komorin V., Oleynik Yu., Gleick, P. (2023). The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. Water International. DOI: 10.1080/02508060.2023.2247679.

Дата першого надходження рукопису до видання: 23.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

УДК 639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.10>

TILIGUL ESTUARY: AN OBJECT OF A RESEARCH PLATFORM FOR MASTERS OF AQUATIC BIORESOURCES AND AQUACULTURE IN SOUTHERN UKRAINE

¹*Honcharova O.V. – Candidate of Agricultural Sciences*

orcid.org/0000-0002-9702-7458

²*Burhaz M.I. – PhD in Biology, Associate Professor*

orcid.org/0000-0003-1551-6002

¹*Melnychenko S.H. – PhD,*

orcid.org/0000-0002-5940-7943

¹*Kherson State Agrarian and Economic University*

²*Odesa I. I. Mechnikov National University*

anelsatori@gmail.com, marynaburhaz@gmail.com,

melnychenko_s@ksaeu.kherson.ua

The article is devoted to the analysis of scientific research on the assessment of the current ecological state of the Tiligul Estuary as an important water body in southern Ukraine. Given the complex ecological situation associated with natural and anthropogenic factors that have led to increased salinity, hypoxia, reduced bioproductivity, and decreased freshwater inflow to the estuary, the choice of this object for research is relevant and timely.

The purpose of the study is to summarize the ecological state of the Tiligul Estuary as a unique object in southern Ukraine and to determine its potential as a base for research work by students majoring in H5 «Aquatic Bioresources and Aquaculture».

The object of research is the Tiligul Estuary as a promising site for conducting scientific research in the field of aquatic biological resources and aquaculture.

The subject of the study is the ecological, hydrological, bioproductive, and educational-scientific aspects of using the Tiligul Estuary as a natural environment for developing the professional competencies of master's students and the fisheries potential of southern Ukraine.

The following methods were used during the study: analysis of scientific literature, synthesis, generalization and systematization, modeling.

The role of higher education institutions in southern Ukraine in training a “new generation” of specialists capable of integrating modern scientific approaches, aquaculture technologies, and environmental management to ensure the rational use and restoration of the estuary has been determined. The study proposes a model that combines the practical and theoretical components of the educational process, based on the principles of communication, interdisciplinarity, and cooperation, and indicates their role in the development of research competencies of future masters.

The creation of a research base on the basis of the Tiligul Estuary will contribute to the implementation of sustainable development programs, increase fish productivity, and preserve biodiversity, which will further positively affect the food security.

Key words: sustainable development, aquatic bioresources, scientific potential, master's research, aquaculture, ecological status.

Statement of the problem. The current stage of development of Ukraine's fishery sector is characterized by the impact of environmental risks caused by a combination of anthropogenic and natural factors, and therefore the study of the current state of coastal estuaries, in particular the Tiligul Estuary, is of particular relevance. The Tiligul Estuary is a unique water body in southern Ukraine that performs important tasks, including supporting fisheries potential, regulating the hydrological regime, and contributing to biodiversity conservation. However, in recent years, there has been a deterioration in its ecological condition, including a decrease in freshwater flow, increased salinity, more hypoxia and water pollution, which leads to a decrease in the number of valuable species of aquatic life and gradual degradation of the water area.

Given these environmental issues, the Tiligul Estuary has significant potential for its use for educational and scientific purposes, in particular as a platform for training applicants for the second (master's) level of higher education in the specialty H5 "Aquatic Bioresources and Aquaculture". In this context, the urgent task is to develop scientifically sound approaches to its conservation and restoration, integrate research practices into the educational process, and create conditions for the sustainable use of the estuary's natural resources for fisheries purposes.

Analysis of research and publications. The southern region of Ukraine has a fairly strong resource potential in the agricultural sector, which has been negatively affected by factors of various kinds in recent years. Given the dynamism of changes and the comprehensive pressure on aquatic ecosystems, one of the pressing issues facing the scientific and educational community and the production sector is the formation of an effective strategy for the post-war recovery of our country to ensure food security [2,10]. For the successful European integration of Ukrainian education and science through research, it is important for higher education institutions (HEIs) to provide graduates with competencies aimed at achieving the global sustainable development goals by 2030, proclaimed by the United Nations General Assembly resolution (September 25, 2015, No. 70/1, as defined by the Decree of the President of Ukraine of September 30, 2019, No. 722) [1,3,12].

In the regional context, educational programs for the training of specialists in aquatic bioresources and aquaculture, ecology, and water management for the South of Ukraine are unique in the context of the resource potential of fisheries, water, and land management.

In modern conditions, under the negative influence of military operations and climate transformations, the concept of a "modern specialist" who is able to quickly adapt to new challenges of realities is an urgent issue for our country, which is faced by specialists, scientists and practitioners, and involves not only their professional competencies and skills, but also the formation of personal

qualities [3,15]. Therefore, awareness of the importance of the role of higher education institutions in this process should be the basis for taking this approach into account in strategic development programs and the mission of higher education institutions. Given that the specialty of aquatic bioresources and aquaculture is “live”, dynamic, with contact with living organisms (aquatic bionts), practical skills with an in-depth study of the “subtleties” of the specialty are necessary [3]. Therefore, it is imperative to develop and optimize an integrated set of technical measures and consolidate them, taking into account current and modern problems with an emphasis on hydraulic, water-saving and ecological-agrotechnical techniques [4,5,11].

Using the example of one of the water bodies in the South of Ukraine as a research project, this article considers, summarizes and supplements the relevance, issues and research vectors.

Formulation of the objectives of the article (task statement). The aim of the research is to summarize the ecological state of the Tiligul Estuary as a unique object in southern Ukraine, to determine its potential as a basis for research work of higher education students majoring in H5 «Aquatic Bioresources and Aquaculture».

In accordance with the aim, the following tasks were set:

- to analyze the current ecological state of the Tiligul Estuary and factors affecting its water-biological balance;
- to assess the bioproductive and fishery potential of the estuary in the context of climate and anthropogenic changes;
- to justify the feasibility of using the estuary as a research platform for training masters of the specialty H5 «Aquatic Bioresources and Aquaculture»;
- to propose directions for optimizing its rational use and ecological restoration.

Materials and methods of the research. The information basis of the research was the scientific works of domestic and foreign scholars.

The following methods were used in the course of the study: analysis of scientific literature, synthesis, generalization and systematization, and modeling.

Research results and discussion. First of all, it is worth emphasizing the leading role of the successful combination of practical and theoretical training of higher education students in dynamic and humanitarian specialties (aquatic bioresources and aquaculture are no exception). A practice-oriented approach to the implementation of educational programs in this area significantly enhances the professional characteristics of graduates. Figure 1 shows an example of such a model in a concise form with an emphasis on these aspects.

Undoubtedly, in the training of higher education students for master researchers in the fisheries industry, professional (*hard skills*), social skills (*soft skills*) and lifelong learning skills significantly complement each other (*lifelong*

learning) [3]. However, in this paper, we will consider the practical component on the example of choosing the research object in the South of Ukraine for research work – the Tiligul Estuary.

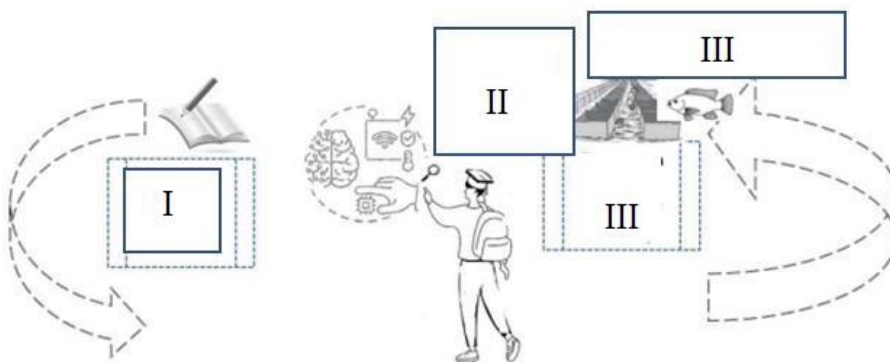


Figure 1. Visualization of the model of acquiring practical competencies in combination with theoretical knowledge for higher education students: I – HEI, higher education institution; II – higher education student; III – object of study and practical basis (e.g., dual form of education)

– The rationale for choosing this topic for a master’s researcher in the educational program of the specialty Aquatic Bioresources and Aquaculture can be the consequences of anthropogenic pressure and transformations of climatic processes, under which the Tiligul estuary is in a critical ecological state. Major environmental problems require an integrated approach to addressing global issues. Experts identify the following as marker problems:

- a significant amount of pollutants entering the water area as a result of economic activity;
- an increase in the level of development of the territory and household use;
- the presence of hypoxia in the bottom layers and in certain areas of the estuary, which leads to the death of aquatic life;
- an increase in water salinity due to a decrease in the inflow of fresh water into the estuary as a result of the shallowing of the Tiligul River.

In the context of organizational and economic cases of solving these problems, the authors propose to target measures to support the development of the natural and economic component with the search for international investment and taking into account the needs of stakeholders in the South of Ukraine [13]. The concept of three components is practiced: communication (1), coordination (2) and cooperation (3). The dominant vector is the restoration and sustainable development of the Tiligul Estuary.

Among the topics for masters researchers of the educational program Aquatic Bioresources and Aquaculture, experimental studies on ensuring a balance between bioproductive capabilities and fish production characteristics (including the introduction of fish species that can reproduce in the ecological conditions of water areas [6,7,8,14]) are promising.

The issues and assessment of the current state of the estuary are of national importance for our country. The authors note that a significant decrease in surface runoff, which is directly related to the decrease in water levels in the Balaychuk, Tiligul, and Tserega rivers, is associated with the transformation of climatic parameters and anthropogenic impact. It should be noted that the decrease in freshwater inflow to the Tiligul estuary has significantly affected the overall ecological condition, in particular, the bioproductive capacity. Scientific research by leading scientists demonstrates the results of a decrease in the species diversity of aquatic life [14].

The artificial canal contributes to the «natural» purification of the estuary's polluted waters by replacing them with sea water, and also ensures water exchange between different, dispersed areas of the estuary. This ensures that the estuary is supplied with water during dry periods and prevents its complete shallowing. In addition, the canal has a positive impact on the estuary from a fisheries perspective, as during the feeding season, a significant number of marine fish enter its waters from the sea, which increases and renews the fish fauna naturally [9].

The presented data reveal the importance of developing comprehensive scientific and practical recommendations with a vector of water protection and water conservation measures aimed directly at the objects of the national economy near the estuary to ensure sustainable use of its waters and reduce the risks of water pollution. Given that there are a large number of unfavorable environmental processes in the estuary, and its condition is regarded as “critical” in most scientific papers, it is advisable to use comprehensive measures aimed at stabilizing the general condition of the reservoir and ensuring the rational use of the aquatic ecosystem potential. In the formation of research topics for applicants for the second (master's) level of higher education in the specialty 207 (H5) «Aquatic Bioresources and Aquaculture», this direction is relevant, has practical significance and corresponds to the vectors of strategic programs for the development and restoration of the industry. Further scientific research should be aimed at developing and implementing measures to protect and restore the ecosystem of the Tiligul Estuary, taking into account its uniqueness. In this way, such results will complement existing knowledge and contribute to the conservation of biodiversity and ensure the fishery potential of the Southern region of Ukraine.

The current ecological state of the Tiligul Estuary requires coordinated management, conservation and development of water resources, and rational use of its potential. Thus, as one of the most important natural objects, the Tiligul Estuary plays a key role in preserving unique biodiversity and has valuable natural resources. To ensure the sustainable development of Ukraine as a strong European country, it is important to choose the dominant directions and to provide comprehensive support at the state level. Only under these conditions can an effective synthesis of academic and applied science be achieved through successful partnerships. Raising the level of scientific research, expanding opportunities to attract international resources: all these aspects are important in supporting the sustainable development of Ukraine's southern region.

Conclusions. The study made it possible to summarize scientific data on the current ecological state of the Tiligul Estuary, identify the key factors affecting its bioproductivity, and outline the areas of use of this water body as a basis for the training of masters of specialty H5 "Aquatic Bioresources and Aquaculture". The findings confirm that the estuary is under environmental stress caused by a combination of anthropogenic pressure, reduced freshwater flow, and changing climatic parameters, which has led to increased salinity, hypoxia, and reduced species diversity of aquatic organisms. At the same time, the ecosystem of the Tiligul Estuary retains the potential for recovery, provided that water protection and reclamation measures are implemented, water exchange is optimized, and environmental quality is monitored.

The scientific and pedagogical importance of the Tiligul Estuary lies in its suitability for integrated ecological, hydrobiological and fisheries research. Its use as a research platform creates opportunities for the formation of practical competencies, development of research skills and implementation of the principles of sustainable environmental management for master's degree students. It has been established that the formation of a system for monitoring the state of the estuary, attracting international partnerships and government support can ensure the stabilization of the ecological balance and increase fish productivity. Prospects for further research are to develop a model for restoring the hydroecological regime of the Tiligul estuary and to determine effective mechanisms for its sustainable use in the aquaculture system of the southern region of Ukraine.

Acknowledgements – none.

Funding – none.

Conflict of interest – none.

ТИЛІГУЛЬСЬКИЙ ЛИМАН: ОБ'ЄКТ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ МАГІСТРІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА ПІВДНЯ УКРАЇНИ

¹Гончарова О.В. – к. с.-г. н., доцент,

orcid.org/0000-0002-9702-7458

²Бургаз М.І. – к.б.н., доцент,

orcid.org/0000-0003-1551-6002

³Мельниченко С.Г. – PhD,

orcid.org/0000-0002-5940-7943

¹Херсонський державний аграрно-економічний університет

²Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова,

anelsatori@gmail.com, marynaburhaz@gmail.com,

melnychenko_s@ksaeu.kherson.ua

Статтю присвячено аналізу науково-дослідної роботи щодо оцінки екологічного поточного стану Тилігульського лиману як важливого водного об'єкта півдня України. Визначено потенціал лиману як навчально-дослідної платформи для підготовки здобувачів магістерського рівня вищої освіти спеціальності Н5 «Водні біоресурси та аквакультура». З огляду на складний екологічний стан, пов'язаний з природними та антропогенними чинниками, які призвели до підвищення солоності, гіпоксії, зниження біопродуктивності та зменшення об'ємів надходження прісної води до лиману, вибір даного об'єкта для дослідження є актуальним та своєчасним.

Метою дослідження є узагальнення екологічного стану Тилігульського лиману як унікального об'єкта півдня України, визначення його потенціалу як бази для науково-дослідної роботи здобувачів вищої освіти спеціальності Н5 «Водні біоресурси та аквакультура».

Об'єкт дослідження – Тилігульський лиман як перспективний об'єкт для проведення науково-дослідних робіт у галузі водних біоресурсів і аквакультури.

Предмет дослідження – екологічні, гідрологічні, біопродукційні та освітньо-наукові аспекти використання Тилігульського лиману як природного середовища для формування професійних компетентностей магістрів і розвитку рибогосподарського потенціалу південного регіону України.

Під час проведення дослідження було використано наступні методи: аналізу наукової літератури, синтезу, узагальнення та систематизації, моделювання.

Визначено роль закладів вищої освіти півдня України у підготовці фахівців «нового покоління», які здатні інтегрувати сучасні наукові підходи, технології аквакультури та екологічний менеджмент задля забезпечення раціонального використання лиману та його відновлення. У дослідження запропоновано модель, що поєднує практичну та теоретичну складові освітнього процесу, які базуються на принципах комунікації, міждисциплінарності і кооперації та зазначено їх роль у розвитку науково-дослідних компетентностей майбутніх магістрів.

Створення на базі Тилігульського лиману науково-дослідної бази сприятиме забезпеченню реалізації програм сталого розвитку, підвищенню рибопродук-

тивності та збереженню біорізноманіття, що у подальшому позитивно вплине і на продовольчу безпеку регіону. Результати дослідження можуть бути використані для формування стратегії регіонального розвитку, розробки наукових проєктів та освітніх кейсів магістерського рівня, які будуть спрямовані на забезпечення рибно-господарського та водогосподарського потенціалу України.

Ключові слова: сталий розвиток, водні біоресурси, науковий потенціал, магістерські дослідження, аквакультура, екологічний стан.

BIBLIOGRAPHY

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org> (дата звернення: 13 жовтня 2025.).
2. Державне агентство України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм. URL: <https://darg.gov.ua/> (дата звернення: 12 жовтня 2025 р.)
3. Аверчев О.В., Гончарова О. В. Ключові аспекти реалізації освітнього процесу та євроінтеграції в аграрних ЗВО півдня України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. № 143. С. 3 – 11. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.1>
4. Гончарова О. В. Інтегральність об'єктів аквакультури при проведенні експериментальних досліджень. *Актуальні проблеми науки, освіти і суспільства: досвід та перспективи*: зб. тез міжнар. наук.-практ. конф. Дрогобич, 22 лютого 2023. С. 63-65
5. Гончарова О.В., Кутіщев П.С. Аспекти формування потенціалу та розвитку української аквакультури на фоні євроінтегрування інноваційних рішень. *Водні біоресурси та аквакультура*. 1 (13). 2023. С. 73–82. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.6>
6. Через підриг Каховської ГЕС втрачено понад 11 тисяч тон риби на 10 мільярдів. Мінагрополітики URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2023/07/13/702198> (дата звернення: 13 жовтня 2025 р.).
7. Коржов Є.І. Екологічні аспекти реконструкції каховської ГЕС у повоєнний період. *Синергія науки і бізнесу у повоєнному відновленні Херсонщини*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Херсон, ХНТУ, 26–28 квітня 2023. С. 245–249.
8. Коржов Є.І., Гончарова О.В. Формування режиму солоності вод Дніпровсько-Бузької гирлової області під впливом кліматичних змін у сучасний період. *Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions: collective monograph*. Riga: Izdevniecība “Baltija Publishing”. 2025. С. 315-330.
9. Лобода Н. С., Божок Ю. В. Оцінка водних ресурсів річок басейну Тилігульського лиману в умовах змін глобального клімату. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2014. № 1 (32). С. 32–40.

10. Мельниченко С.Г., Гончарова О.В. Екологічний стан водних об'єктів півдня України за впливу російської агресії. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2024. № 2 (16). С. 106 – 117. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2024.1.8>
11. Методика та організація наукових досліджень: Навч. посіб. / С. Е. Важинський, Т. І. Щербак. Суми: СумДПУ ім.А. С. Макаренка, 2016. 260 с.
12. Національна доповідь про стан і перспективи розвитку освіти в Україні / Нац. акад. пед. наук України [за заг. ред. В. Г. Кременя]. Київ: Педагогічна думка, 2016. 448 с.
13. Пічура В.І., Потравка Л.О. Дослідження наслідків руйнації дамби та осушення Каховського водосховища для населення України. *Екологічний стан навколишнього середовища та раціональне природокористування в контексті сталого розвитку*: матер. VII міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 24–25 жовтня 2024, С. 152-155.
14. Тучковенко Ю. С., Лобода Н. С., Гриб О. М. Сучасний гідроекологічний стан і рекомендації по водному та екологічному менеджменту Тилігульського лиману. *Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідроекологічні проблеми та шляхи їх вирішення* : зб. матер. всеукр. наук. практ. конф., м. Одеса, 12-14 вересня, 2012. С. 66–71.
15. Як змінюється вища освіта в Україні та в європейському освітньому просторі. URL: <http://education-ua.org/ua/articles/1296-yak-zminyuetsya-vishcha-osvitav-ukrajini-ta-vevropejskomu-osvitnomu-prostori>. (дата звернення: 13 жовтня 2025 р.).

REFERENCES

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). FAO. URL: <http://www.fao.org> (accessed October 13, 2025)
2. Derzhavne ahentstvo Ukrainy z rozvytku melioratsii, rybnoho hospodarstva ta prodovolchych proqram.[State Agency of Ukraine for the Development of Land Reclamation, Fisheries and Food Programs]. (n.d.). URL: <https://darg.gov.ua/> (accessed October 12, 2025) [in Ukrainian]
3. Averchev, O. V., & Honcharova, O. V. (2025). Averchev O.V., Honcharova O. V. Kliuchovi aspekty realizatsii osvithnoho protsesu ta yevrointehratsii v ahramnykh ZVO pivdnia Ukrainy. [Key aspects of the implementation of the educational process and European integration in agricultural institutions of higher education in the south of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky – Tavriia Scientific Bulletin. Series: Agricultural Sciences*, vol. 143. pp. 3 – 11. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.1> [in Ukrainian]

4. Honcharova, O. V. (2023). Intehralnist ob'ektiv akvakultury pry provedenni eksperymentalnykh doslidzhen [Integrality of aquaculture objects during experimental research]. Proceedings of the *In Aktualni problemy nauky, osvity i suspilstva: Dosvid ta perspektyvy: zb. tez mizhnar. nauk.-prakt. konf.* (Ukraine, Drohobych, 22 February, 2023). Drohobych: TsFEND, pp. 63–65. [in Ukrainian]
5. Honcharova, O. V., & Kutishchev, P. S. (2023). Aspekty formuvannia potentsialu ta rozvytku ukrainskoi akvakultury na foni yevrointehruvannia innovatsiinykh rishen [Aspects of potential formation and development of Ukrainian aquaculture against the background of European integration of innovative solutions]. *Vodni bioresursy ta akvakultura – Aquatic Bioresources and Aquaculture*, vol. 1, no. 13, pp. 73 – 82. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.6> [in Ukrainian]
6. Cherez pidryv Kakhovskoi HES vtracheno ponad 11 tysiach ton ryby na 10 miliardiv. Minahropolityky [Over 11 thousand tons of fish worth 10 billion were lost due to the destruction of the Kakhovka HPP – Ministry of Agrarian Policy]. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2023/07/13/702198/> (accessed October 13, 2025) [in Ukrainian]
7. Korzhov, Ye. I. (2023). Ekolohichni aspekty rekonstruktsii Kakhovskoi HES u poviennnyi period [Ecological aspects of the reconstruction of the Kakhovka HPP in the post-war period]. Proceedings of the *Synerhiia nauky i biznesu u poviennomu vidnovlenni Khersonshchyny: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf.* (Ukraine, Kherson, April 26 – 28, 2023). Odesa: Oldi+. pp. 245–249. [in Ukrainian]
8. Korzhov, Ye. I., & Honcharova, O. V. (2025). Formuvannia rezhymu solonosti vod Dniprovsko-Buzkoi hyrlovoi oblasti pid vplyvom klimat ychnykh zmin u suchasnyi period [Formation of salinity regime of Dniro-Buh estuarine area under the influence of climate change in the modern period]. *In Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions*. Riga: Baltija Publishing. pp. 315–330.
9. Loboda, N. S., & Bozhok, Yu. V. (2014). Otsinka vodnykh resursiv richok baseinu Tylihul'skogo lymanu v umovakh zmin hlobalnoho klimatu [Assessment of the water resources of the rivers in the Tiligul Estuary basin under conditions of global climate change]. *Hidrologhiia, hidrokhimiia i hidroekologhiia – Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, vol. 1, no. 32, pp. 32 – 40. [in Ukrainian]
10. Melnychenko, S. H., Honcharova, O. V. (2024). Ekolohichni stan vodnykh ob'ektiv pidnia Ukrainy za vplyvu rosiiskoi ahresii [Ecological state of water bodies in southern Ukraine under the influence of Russian aggression]. *Vodni bioresursy ta akvakultura – Aquatic Bioresources and Aquaculture*, vol. 2, no. 16, pp. 106 – 117. <https://doi.org/10.32782/wba.2024.1.8> [in Ukrainian]

11. Vazhynskyi, S. E., & Shcherbak, T. I. (2016). *Metodyka ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen* [Methods and organization of scientific research]. Sumy: SumDPU im. A. S. Makarenka. 260 p. [in Ukrainian]
12. Kremen, V. H. (Ed.). (2016). *Natsionalna dopovid pro stan i perspektyvy rozvytku osvity v Ukraini* [National report on the state and prospects of education development in Ukraine]. Kyiv: Pedahohichna dumka. 448 p. [in Ukrainian]
13. Pichura, V. I., & Potravka, L. O. (2024). *Doslidzhennia naslidkiv ruinatsii damby ta osushennia Kakhovskoho vodoskhovyshcha dlia naselennia Ukrainy* [Study of the consequences of dam destruction and drying of the Kakhovka reservoir for the population of Ukraine]. *Proceedings of the in Ekolohichniy stan navkolyshnoho seredovyshcha ta ratsionalne pryrodokorystuvannia v konteksti staloho rozvytku: mater. VII mizhnar. nauk.-prakt. konf. (Ukraine, Kherson, October 24–25, 2024)* pp. 152–155. [in Ukrainian]
14. Tuchkovenko Yu. S., Loboda N. S., Hryb O. M. (2012). *Suchasnyi hidroekolohichniy stan i rekomendatsii po vodnomu ta ekolohichnomu menedzhmentu Tylihul'skoho lymanu* [Modern hydroecological condition and recommendations for water and environmental management of the Tiligul Estuary]. *Proceedings of the Lymany pivnichno-zakhidnoho Prychornomoria: aktualni hidroekolohichni problemy ta shliakhy yikh vyrishennia: zb. mater. vseukr. nauk. prakt. konf., (Ukraine, Odesa, September 12-14, 2012.)*, Odesa, pp. 66–71. [in Ukrainian]
15. *Yak zminiuietsia vyshcha osvita v Ukraini ta v yevropeiskomu osvitnomu prostori* [How higher education is changing in Ukraine and in the European educational space]. (n.d.). URL: <http://education-ua.org/ua/articles/1296-yak-zminyuetsya-vishcha-osvita-v-ukrajini-ta-vevropejskomu-osvitnomu-prostori> (accessed October 13, 2025) [in Ukrainian]

Дата першого надходження рукопису до видання: 24.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

УДК 582.27(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.11>

ОЦІНКА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ТРЕНДІВ ПОШИРЕННЯ ЗЕЛЕНИХ ВОДОРОСТЕЙ (*CHLOROPHYTA*) В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ БІОГЕОГРАФІЧНИХ ДАНИХ GBIF

Катинська І.В. – к. геогр. н. доцент,
orcid.org/0000-0001-9152-0471

Бургаз М.І. – к. б. н., доцент
orcid.org/0000-0003-1551-6002

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
irynakatynska7@gmail.com

У статті представлено комплексний просторово-часовий аналіз поширення зелених водоростей (*Chlorophyta*) у водоймах України впродовж 2015–2025 рр. у контексті кліматичних коливань та зростання антропогенного навантаження. Актуальність зумовлена дефіцитом узагальнених даних національного масштабу щодо динаміки фітопланктонних угруповань та потребою у цифрових інструментах біомоніторингу. Метою дослідження є виявлення часових трендів таксономічного різноманіття *Chlorophyta* та оцінка регіональних відмін у структурі біорізноманіття з використанням відкритих біогеографічних даних GBIF. База дослідження включає 1100 реєстрацій із 24 адміністративних областей, охоплюючи прісноводні, солонуваті та прибережно-морські системи. Дані систематизовано за роками, регіонами та основними класами (*Chlorophyceae*, *Ulvophyceae*, *Trebouxiophyceae*); застосовано описову статистику, порівняльний аналіз, біогеографічне картування (QGIS) та інтерпретацію через індикаторні групи, чутливі до тропності та мінералізації.

Отримано чітку динаміку розширення таксономічної структури: за десятиріччя зафіксовано представників 33 родин, 75 родів і близько 120 видів, із максимумом у 2024 р. (61 вид). Частка класів у середньому становила: *Chlorophyceae* – 58 %, *Ulvophyceae* – 28 %, *Trebouxiophyceae* – 12 %. Після 2020 р. відзначено істотне зростання *Ulvophyceae*, що корелює з посиленням мінералізації у південних регіонах (прибережні та лиманні акваторії). Серед домінантів відзначено роди *Desmodesmus*, *Scenedesmus*, *Monoraphidium*, *Tetradesmus* та *Ulva*, що відображає поєднання мезо-/евтрофних прісноводних і солонуватих комплексів. На рівні порядків переважають *Sphaeropleales* (45 %), *Cladophorales* (23 %) та *Ulvales* (17 %). Просторова структура є неоднорідною: найбільша видова насиченість – у Полтавській (47 видів), Харківській (44 види) та Одеській (38 видів) областях; у центральній-східній частині переважають евтрофні комплекси *Desmodesmus*/*Monoraphidium*, у південній зростає частка *Ulva*/*Cladophora* – індикаторів солонуватих та евригальних умов.

Виділено три провідні тренди десятиріччя: (1) посилення евтрофікації (експансія *Desmodesmus*, *Tetradesmus*, *Hydrodictyon*); (2) підвищення мінералізації, особливо у прибережних і лиманних зонах (зростання *Ulvophyceae*); (3) регі-

аналізація структури біорізноманіття з градієнтом зниження видової насиченості із центру на захід. Результати підтверджують придатність *Chlorophyta* як універсальної біоіндикаційної групи для оцінювання трофічного статусу та сольового режиму водойм; *Ulvophyceae* пропонуються як цільова індикаторна підгрупа для прибережно-ліманних систем. Застосування GBIF демонструє ефективність цифрових джерел у відстеженні багаторічних змін і інтеграції національних спостережень у глобальний контекст. Практичним результатом є обґрунтування створення інтегрального індексу фітодіагностики водойм України, що поєднуватиме біогеографічні, таксономічні та гідрологічні параметри для кількісної оцінки екологічної стабільності регіонів і виявлення зон ризику деградації.

Ключові слова: біомоніторинг, *Chlorophyta*, *Ulvophyceae*, дані GBIF, евтрофікація, мінералізація вод, біоіндикація.

Постановка проблеми. В умовах глобальних кліматичних змін і зростання антропогенного навантаження на водні екосистеми питання збереження та моніторингу стану водних біоресурсів набуває особливого значення. В Україні, як і в більшості країн Європи, спостерігається зниження екологічної стабільності водних об'єктів, що проявляється у зміні видового складу фітопланктону, збільшенні кількості евтрофних видів та періодичних спалахах «цвітіння» води. Однією з головних груп мікроскопічних водоростей, що реагують на такі зміни, є зелені водорості (*Chlorophyta*) [1].

Chlorophyta становлять важливу складову первинної продукції водойм, забезпечують процеси фотосинтезу та трофічного ланцюга, формують основу кормової бази для багатьох гідробіонтів. Їхня висока чутливість до коливань концентрацій поживних речовин, мінералізації, освітленості та температури робить цю групу водоростей ефективним природним біоіндикатором стану водних екосистем [2].

З огляду на це, *Chlorophyta* становлять не лише біологічний компонент екосистем, але й один із найінформативніших індикаторів їхнього екологічного стану та важливий інструмент управління водними ресурсами. Видові співвідношення зелених водоростей використовуються для оцінки рівня евтрофікації, ступеня органічного забруднення та виявлення ранніх ознак деградації водних екосистем. Збільшення частки евтрофних таксонів у фітопланктоні закономірно відображає посилення антропогенного навантаження, зниження прозорості води та погіршення умов існування їхтїофауни [3, 4].

На сучасному етапі проблема полягає у відсутності систематизованих і порівняльних даних про просторово-часову динаміку зелених водоростей на рівні всієї України. Раніше більшість досліджень обмежувалася локальними спостереженнями або описом окремих водойм, без урахування регіональних і кліматичних особливостей. Це ускладнює форму-

вання цілісної картини стану водних екосистем та прогнозування тенденцій їх розвитку.

Особливого значення набуває інтеграція національних спостережень у міжнародні бази біорізноманіття. Однією з найпотужніших платформ для таких цілей є GBIF (Global Biodiversity Information Facility) [5], що об'єднує глобальні біогеографічні дані про поширення видів. Аналіз записів GBIF дозволяє не лише оцінити просторовий розподіл *Chlorophyta*, але й простежити динаміку їхньої присутності у часі, що відкриває нові можливості для цифрового моніторингу стану водних екосистем [4, 6].

Використання даних GBIF у поєднанні з екологічною інтерпретацією дозволяє створити цифрову базу для визначення біоіндикаційних трендів і побудови інтегральних індексів стану водойм, що є перспективним напрямом у розвитку системи екологічного моніторингу України. Таке дослідження не лише має теоретичне значення для гідробіології та біогеографії, а й практичну цінність для системи управління водними ресурсами, рибного господарства та природоохоронної політики.

Отже, проблема полягає в необхідності виявлення закономірностей динаміки та регіональних особливостей поширення зелених водоростей (*Chlorophyta*) у водоймах України, що дозволить удосконалити підходи до оцінки стану водних екосистем і створити передумови для формування національної системи цифрового моніторингу біорізноманіття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Світова практика моніторингу якості води широко використовує зелені водорості як індикатори евтрофікації та забруднення [1, 2]. У багатьох країнах вони застосовуються для визначення трофічного статусу водойм, оцінки біопродуктивності й контролю екологічних змін у прибережних акваторіях.

У національних дослідженнях особливу увагу привертають регіональні роботи, що демонструють кількісно підтверджений зв'язок фітопланктону з біогенним навантаженням у малих річках Полісся [3], а також сучасні таксономічні підходи до класифікації представників *Ulvophyceae*, які забезпечують уніфікацію обліку зелених водоростей у моніторингових дослідженнях [7]. Експериментально підтверджена толерантність зелених водоростей до солоногового стресу [8] та картографічні підходи біоіндикації у дельтово-приморських зонах (Дунайська прибережна смуга) [6] узгоджуються з трендами підвищення мінералізації та регіоналізації угруповань, які ми спостерігаємо за GBIF. Сезонна динаміка у внутрішніх водоймах Західної України [3] і довгострокова індикація у гідрологічно трансформованому Сасику [4] слугують емпіричною опорою для інтерпретації виявлених нами міжрічних змін та обґрунтовують розроблення інтегрального індексу фітодіагностики.

Роботи [9] довели, що представники роду *Ulva* можуть використовуватись як показники солоності у морських та лиманних системах, що особливо актуально для Південного регіону України. Екологічна поведінка представників роду *Ulva*, які належать до відділу *Chlorophyta*, є характерною для цієї групи зелених водоростей – зокрема, вони демонструють високий рівень толерантності до коливань абіотичних факторів середовища. Лабораторні дослідження [10] підтвердили, що вид *Ulva prolifera* здатний активно нарощувати біомасу в широкому діапазоні температур і солоності, що засвідчує її потенціал як надійного об'єкта біоіндикації, але водночас вказує на ризик масового «цвітіння» води у вигляді зелених приливів. У цьому контексті роль *Chlorophyta* у біоіндикаційній оцінці екологічного стану водойм потребує глибшого системного опрацювання, адже в українському науковому полі відповідні дослідження досі проводяться фрагментарно і не охоплюють інтегрованого національного масштабу [4, 8].

Використання відкритих біогеографічних баз даних, таких як GBIF [5], надає можливість для формування об'єктивної оцінки змін у поширенні зелених водоростей, виявлення екологічних трендів і просторових закономірностей [4, 6].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою дослідження є визначення динаміки та регіональних особливостей поширення зелених водоростей (*Chlorophyta*) у водоймах України протягом 2015–2025 рр. на основі відкритих біогеографічних даних GBIF [5].

Для досягнення мети поставлено такі завдання: проаналізувати часові тренди таксономічного різноманіття *Chlorophyta*; оцінити просторову структуру розподілу основних класів зелених водоростей; визначити регіональні відмінності у видовому складі та домінуючих таксонах; інтерпретувати екологічні чинники, що зумовлюють спостережені зміни.

Матеріали і методи дослідження. Для аналізу використано 1100 реєстрацій зелених водоростей, отриманих із бази даних GBIF (станом на жовтень 2025 р.) [5]. Записи охоплюють 24 адміністративні області України, включно з прісноводними, солонуватими та прибережно-морськими водоймами.

Дані систематизовано за роками, регіонами та основними класами *Chlorophyta* – *Chlorophyceae*, *Ulvophyceae* та *Trebouxiophyceae*. Застосовано методи описової статистики, порівняльного аналізу та біогеографічного картування у середовищі QGIS. Для таксономічної валідації *Ulvophyceae* застосовано сучасні діагностичні ключі [7]. Регіональна інтерпретація для прибережно-лиманних систем спиралась на опубліковані карти/оцінки Дунайської прибережної зони та Сасику [4, 6].

Таксономічне узагальнення проведено на рівнях видів, родів і родин. Для виявлення тенденцій розвитку використовувались індикаторні групи видів, що характеризують різний рівень трофності та мінералізації водойм.

Результати досліджень та їх обговорення. Аналіз даних GBIF за 2015–2025 рр. [5] дозволив простежити чітку динаміку зміни таксономічної структури зелених водоростей у водоймах України. Загалом у досліджуваній період виявлено понад 1100 реєстрацій, які охоплюють представників 33 родин, 75 родів і близько 120 видів *Chlorophyta*. Отримані результати свідчать про поступове зростання біорізноманіття протягом десятиріччя з максимумом у 2024 р.

Від 2015 до 2024 року спостерігається поступове, але послідовне зростання кількості не лише унікальних видів зелених водоростей (з 28 до 61), але й родів та родин (рис. 1), що свідчить про багаторівневе розширення таксономічної структури *Chlorophyta*. Важливо підкреслити, що динаміка цього процесу не була лінійною: графік демонструє чітко виражені етапи сповільнення та прискорення. Упродовж 2015–2018 рр. приріст був відносно плавним, що характерно для екосистем зі стабільним трофічним режимом, без істотних зовнішніх збурень.

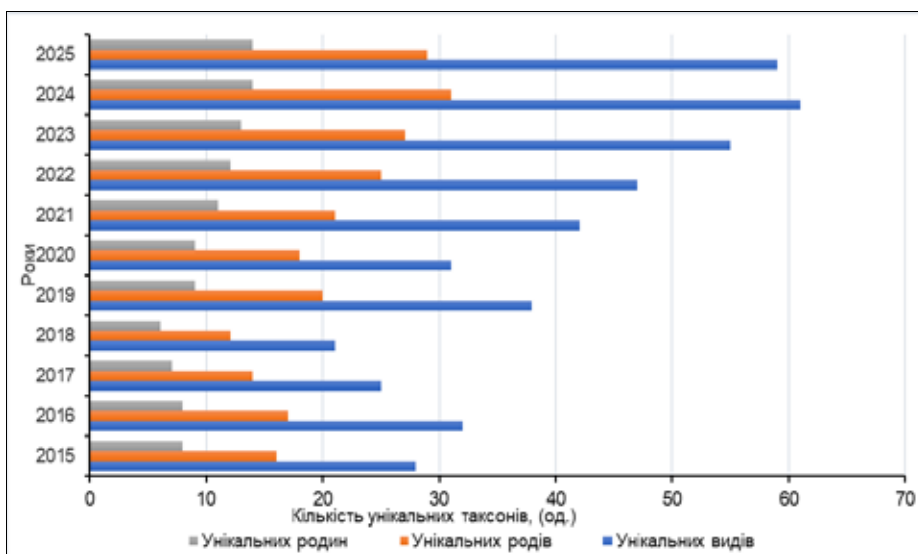


Рис. 1. Динаміка таксономічного різноманіття зелених водоростей в Україні (2015–2025 рр.) [5]

Починаючи з 2019 року, спостерігається різке прискорення зростання, яке посилюється ще більше після 2020 року – саме на цих етапах фіксується найдинамічніше розширення видового і родового складу. Подібна тенденція узгоджується з одночасним впровадженням цифрових систем біомоніторингу та зростанням уваги до відкритих екологічних даних, а також із кліматичними зрушеннями, що стали каталізатором трансформації фітопланктонних угруповань. Найінтенсивніший приріст кіль-

кості таксонів припадає на 2021–2024 рр., що може свідчити не лише про покращення якості обліку, але й про можливий перехід водних екосистем до нового функціонального стану

За період 2015–2018 рр. рівень різноманіття залишався порівняно стабільним і відповідав природним коливанням у межах середньомезотрофних умов. Проте починаючи з 2019 року простежується чіткий перелом тренду – показники таксономічного різноманіття починають зростати значно активніше. Це пов'язується як із підвищенням інтенсивності моніторингових досліджень та цифровізації біогеографічних баз даних, так і з можливим посиленням антропогенного впливу на водні екосистеми. Максимальні значення у 2024 р. (61 вид) можуть відображати накопичувальний ефект евтрофікації водойм, що найяскравіше проявляється у центральних і південних регіонах України. Водночас незначне зниження показників у 2025 р. може бути зумовлене гідрологічно посушливими умовами, скороченням площ дрібних водойм та зменшенням кількості придатних біотопів для розвитку *Chlorophyta*.

Серед досліджених зелених водоростей найбільшу частку становлять представники класу *Chlorophyceae* – у середньому 58 % від загальної кількості записів. Клас *Ulvophyceae* представлений 28 % спостережень, а *Trebouxiophyceae* – близько 12 %. Після 2020 року частка *Ulvophyceae* зростає, особливо у південних регіонах (Одеська, Миколаївська області), що свідчить про збільшення частоти евтрофних та солонуватих умов у водоймах.

До найпоширеніших родів належать *Desmodesmus*, *Scenedesmus*, *Monoraphidium*, *Tetradesmus* та *Ulva*. Усі вони характеризуються високою екологічною пластичністю, здатністю швидко розмножуватися та витримувати коливання температури та солоності. Види родів *Desmodesmus* і *Scenedesmus* зазвичай переважають у мезо- та евтрофних умовах і виступають типовими компонентами прісноводного фітопланктону. *Ulva lactuca* та *Cladophora glomerata*, навпаки, характерні для прибережних і лиманних акваторій, де відбувається періодичне підвищення солоності.

У перші роки спостереження (2015–2018 рр.) переважали типово прісноводні форми – *Desmodesmus communis*, *Scenedesmus quadricauda*, *Monactinus simplex*. Після 2020 року у вибірці зростає частка евритермних і солестійких видів, що мають здатність виживати за змінної солоності (рис. 2), – *Ulva intestinalis*, *Cladophora glomerata*, *Rhizoclonium hieroglyphicum*.

Це свідчить про поступову трансформацію умов існування фітопланктону під впливом кліматичних чинників, зокрема збільшення температури води та випаровування, що веде до часткового засолення водойм. Таким чином, після 2020 року динаміка розвитку *Chlorophyta* набуває рис екологічної нестабільності, що вказує на поступовий перехід від стабільних фітопланктонних угруповань до адаптивно змінних структур.

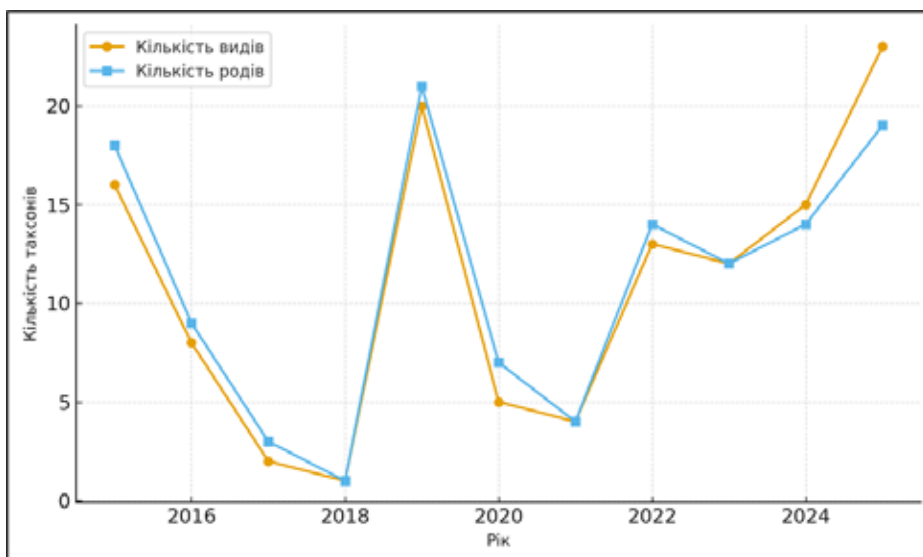


Рис. 2. Міжрічні коливання кількості видів і родів *Chlorophyta* в Україні (2015–2025 рр.) [5]

Просторовий аналіз даних GBIF показав значну неоднорідність у розподілі *Chlorophyta* по території України (рис. 3). Найвищу видову насиченість виявлено в Полтавській (47 видів), Харківській (44 види) та Одеській (38 видів) областях. Це зумовлено як гідрологічними умовами (наявність великої кількості стоячих водойм і лиманних систем), так і активною дослідницькою діяльністю у цих регіонах.

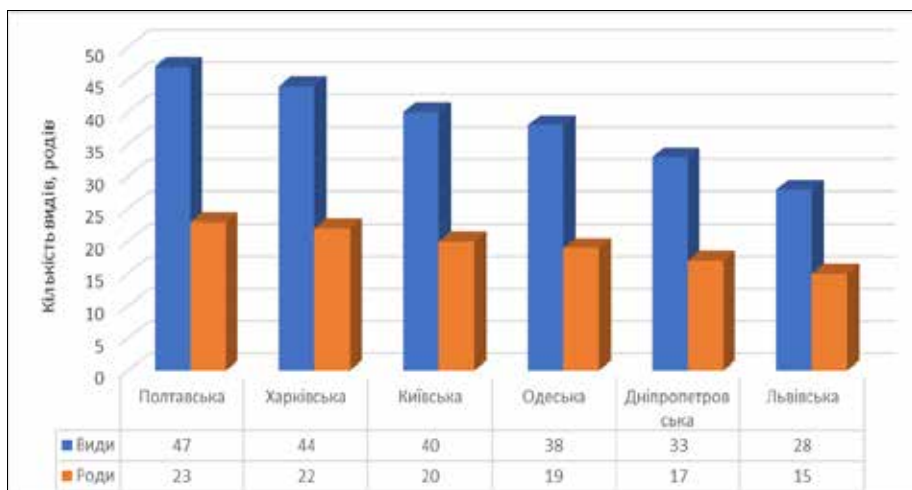


Рис. 3. Регіональна структура спостережень *Chlorophyta* (2015–2025 рр.)

Регіональна структура свідчить про певну закономірність: у центральних і східних областях переважають представники родів *Desmodesmus* та *Monoraphidium*, характерні для евтрофних і помірно забруднених водойм. У південних регіонах (Одеська, Миколаївська) зростає частка *Ulva* та *Cladophora*, що вказує на підвищення солоності та зміну гідрохімічного режиму під впливом кліматичних факторів і антропогенного навантаження.

Поступове зростання різноманіття зелених водоростей у більшості регіонів України може бути інтерпретовано двояко: з одного боку – як результат підвищення уваги до цифрових спостережень і відкритих баз даних; з іншого – як сигнал екологічної нестабільності, що проявляється у зміні трофічного статусу водойм. У багатьох випадках збільшення кількості видів *Chlorophyta* не є ознакою покращення стану водних екосистем, а навпаки – вказує на розширення ніш для опортуністичних і толерантних до забруднення форм. Таким чином, регіональні відмінності у структурі *Chlorophyta* відображають не лише сучасний стан, а й глибинні процеси трансформації водних екосистем України.

Протягом аналізованого десятирічного періоду простежується низка виражених екологічних трендів, що відображають сучасний стан і динаміку водних екосистем України. Найбільш помітним є посилення процесів евтрофікації, про що свідчить зростання частки представників родів *Desmodesmus*, *Tetradesmus* і *Hydrodictyon*. Ці водорості належать до групи індикаторів підвищеного вмісту поживних речовин, насамперед сполук азоту й фосфору, що потрапляють у водойми з агроландшафтів. Така тенденція характерна для водойм центральних та східних регіонів країни, де інтенсивне сільськогосподарське використання територій зумовлює надходження значних обсягів органічних і мінеральних речовин.

Другим вагомим трендом є підвищення мінералізації води, зокрема у прибережних акваторіях Чорного моря, лиманів та нижніх ділянках річкових басейнів. Збільшення чисельності представників класу *Ulvophyceae* у цих регіонах корелює з кліматичними чинниками – підвищенням середньорічних температур і зменшенням кількості опадів, що сприяє концентрації розчинених солей у водному середовищі. У результаті формуються умови, сприятливі для розвитку евритермних і солестійких видів, таких як *Ulva lactuca* та *Cladophora glomerata*, які все частіше трапляються у водоймах із коливним гідрологічним режимом.

Третім екологічним проявом десятиріччя є поступова регіоналізація структури біорізноманіття зелених водоростей. Простежується чіткий градієнт зниження видового різноманіття із центральних областей у бік західних регіонів. Такий розподіл частково зумовлений природними гідрологічними особливостями, меншою кількістю евтрофних водойм та відмінностями у трофічному режимі, а частково – різною інтенсивністю

та повнотою біомоніторингових спостережень. Сукупність цих факторів формує сучасну просторово-екологічну мозаїку поширення *Chlorophyta* в Україні, яка відображає як природні, так і антропогенні тенденції розвитку водних екосистем.

Отримані результати підтверджують, що *Chlorophyta* є універсальною біоіндикаційною групою, придатною для оцінки стану водойм різних типів – від прісноводних річкових і ставкових систем до солонуватих лиманів, що цілком узгоджується з узагальненнями Bellinger E. G., Sigeo D C. [1] та Barsanti, L., Gualtieri, P. [2] щодо провідної ролі зелених водоростей у системах біомоніторингу. Виявлене нами посилення ролі мезо- та евтрофних комплексів *Desmodesmus/Scenedesmus* у центральних і східних регіонах України відповідає описаним для європейських водойм тенденціям зростання частки евтрофних фітопланктонних таксонів у відповідь на збільшення біогенного навантаження [1, 2]. Таким чином, багаторічні тренди, встановлені за даними GBIF, не є локальною аномалією, а вписуються у ширший контекст глобальних змін трофічного стану водойм.

Регіональні відмінності, зафіксовані для України, добре співвідносяться з результатами локальних гідробіологічних досліджень. Так, сезонна динаміка альгофлори озера Засвітське, описана Суходольською І. Л. та Басарабою І. В. [3], демонструє тісний зв'язок між збільшенням біогенних надходжень і посиленням ролі евтрофних зелених водоростей у структурі фітопланктону. Подібний механізм ми спостерігаємо на ширшому, національному рівні: зростання представленості *Desmodesmus*, *Tetradesmus* і *Hydrodictyon* у центральних та східних областях корелює з інтенсивним агроландшафтним навантаженням і повторює закономірності, описані для малих рівнинних водойм [3]. У гідрологічно трансформованих системах, подібних до естуарію Сасик, де Bilous O. P. та співавтори [4] показали довгострокові зсуви у структурі альгових угруповань, наші результати також вказують на тенденцію до заміщення більш чутливих видів толерантними опортуністичними формами *Chlorophyta*.

Виявлена у нашому дослідженні просторово-екологічна мозаїка, зокрема зростання частки *Ulvophyceae* та родів *Ulva*, *Cladophora* у прибережно-лиманних системах півдня України, узгоджується з даними про солестійкі та евритермні властивості цих таксонів. Rybak, A. S. [9] показав, що види *Ulva* можуть розглядатися як надійні показники градієнта солоності, а експериментальні дослідження Хіао, J. та співавторів [10] продемонстрували здатність *Ulva prolifera* активно нарощувати біомасу в широких діапазонах температур і солоності. Аналогічні висновки щодо високої адаптивності зелених водоростей до екстремальних умов середовища отримали Sommer V. та співавтори [8] для біокрустів у сильно засоле-

них техногенних ландшафтах. На цьому тлі зафіксоване нами збільшення частки *Ulvophyceae* у південних регіонах може розглядатися як індикатор поєданого впливу аридизації клімату, підвищення мінералізації та гідрологічної перебудови прибережних водойм, що добре узгоджується з картографічними оцінками антропогенного тиску в Дунайській прибережній зоні, наведеними Snigirova A. та співавторами [6].

Використані нами таксономічні підходи до валідації *Ulvophyceae* базуються на діагностичних ключах Škaloud P. та співавторів [7], що забезпечило узгодженість інтерпретації національних даних із сучасними європейськими класифікаційними стандартами. Це особливо важливо в контексті інтеграції українських біогеографічних даних у глобальні бази на кшталт GBIF [5] та подальшого гармонізованого використання *Chlorophyta* й *Ulvophyceae* як індикаторних груп у транскордонному моніторингу.

Використання даних GBIF забезпечує можливість комплексного аналізу багаторічних змін біорізноманіття та створює основу для розроблення цифрових інструментів екологічного моніторингу водних ресурсів України.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Узагальнюючи результати проведеного аналізу, можна зробити висновок, що впродовж 2015–2025 рр. у водоймах України простежується стійке зростання таксономічного різноманіття зелених водоростей. Ця тенденція свідчить про поступові трансформації у структурі водних біоценозів, зумовлені поєднанням природних кліматичних коливань та антропогенного навантаження. Підвищення кількості видів і родів *Chlorophyta*, зафіксоване за даними GBIF, відображає як реальні екологічні процеси у водоймах, так і розширення бази моніторингових спостережень.

Просторова структура поширення *Chlorophyta* демонструє чітку регіональну диференціацію, що корелює з особливостями гідрологічного режиму та ступенем антропогенного впливу. У північних і центральних регіонах домінують прісноводні мезо– та евтрофні комплекси, тоді як у південних водоймах, особливо в прибережних і лиманних системах, зростає частка евритермних і солестійких видів. Такий розподіл відображає загальну тенденцію до поступової аридизації клімату та підвищення мінералізації водного середовища.

Представники класу *Ulvophyceae* виявилися чутливими маркерами екологічних змін і можуть бути рекомендовані як індикаторна група для оцінювання рівня евтрофікації та підвищеної мінералізації водойм. Їхня присутність і динаміка чисельності відображають стан прибережних акваторій та інтенсивність антропогенного впливу, що підтверджує доцільність їхнього використання у системах біоіндикаційного моніторингу.

Застосування відкритих біорізноманітнісних баз даних, зокрема GBIF, підтвердило ефективність цифрових методів у сучасному екологіч-

ному моніторингу. Такі джерела дозволяють не лише відстежувати багаторічні зміни в динаміці та просторі, але й інтегрувати національні дані в глобальні екологічні оцінки.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення інтегрального індексу фітодіагностики водойм України, який поєднає біогеографічні, таксономічні та гідрологічні параметри. Такий індекс стане ефективним інструментом кількісної оцінки екологічної стабільності регіонів, виявлення зон ризику деградації водних екосистем та підвищення науково-аналітичного рівня системи управління водними біоресурсами.

Подяки: немає.

Фінансування: немає.

Конфлікт інтересів: немає.

SPATIO-TEMPORAL ASSESSMENT OF DISTRIBUTION TRENDS OF GREEN ALGAE (*CHLOROPHYTA*) IN UKRAINE BASED ON GBIF BIOGEOGRAPHIC DATA

*Katynska I.V. – PhD in Geography, Associate Professor
orcid.org/0000-0001-9152-0471*

*Burhaz M.I. – PhD in Biology, Associate Professor,
orcid.org/0000-0003-1551-6002*

*I.I. Mechnikov Odesa National University
irynakatynska7@gmail.com*

This study provides a nationwide spatio-temporal analysis of *Chlorophyta* distribution across Ukrainian aquatic systems over 2015–2025 against the backdrop of climate variability and intensifying anthropogenic pressures. The research addresses a critical knowledge gap: the scarcity of integrated, country-scale evidence on phytoplankton dynamics required for modern, data-driven biomonitoring. Our aim was to quantify temporal trends in taxonomic diversity and to resolve regional patterns in community structure using open biogeographic data from GBIF. The dataset comprises 1,100 occurrence records from 24 administrative regions spanning freshwater, brackish and coastal-marine habitats. Records were harmonized by year, region and major classes (*Chlorophyceae*, *Ulvophyceae*, *Trebouxiophyceae*). We applied descriptive statistics, comparative analysis, GIS-based biogeographic mapping (QGIS) and interpretation through indicator groups sensitive to trophic status and water mineralization.

Results reveal a consistent expansion of taxonomic structure throughout the decade: 33 families, 75 genera and ~120 species were documented, peaking in 2024 (61 species). Class contributions averaged 58 % (*Chlorophyceae*), 28 % (*Ulvophyceae*) and 12 % (*Trebouxiophyceae*). Since 2020, *Ulvophyceae* increased markedly, aligning with rising mineralization in southern coastal and lagoonal systems. Dominant genera include *Desmodesmus*, *Scenedesmus*, *Monoraphidium*, *Tetradesmus* and *Ulva*, reflecting the co-occurrence of meso/eutrophic freshwater and brackish complexes. At order level, *Sphaeropleales* (45%), *Cladophorales* (23 %) and *Ulvales* (17 %) prevailed. Spatial structure is heterogeneous: species richness peaks in Poltava (47 species), Kharkiv (44

species) and Odesa (38 species) regions; central-eastern provinces are characterized by eutrophic *Desmodesmus/Monoraphidium* assemblages, while southern regions show increasing shares of *Ulva/Cladophora* indicative of higher salinity and thermal tolerance.

Three decade-scale ecological signals emerge: (1) intensifying eutrophication (expansion of *Desmodesmus*, *Tetradesmus*, *Hydrodictyon*); (2) increasing water mineralization, especially in coastal-lagoonal reaches (surge of *Ulvophyceae*); and (3) regionalization of diversity with a central-to-western decline in species richness. The findings corroborate *Chlorophyta* as a robust bioindicator group for diagnosing trophic status and salinity regimes, and highlight *Ulvophyceae* as a targeted indicator subset for coastal/estuarine monitoring. Leveraging GBIF demonstrates the utility of open digital biodiversity infrastructures for tracking multi-year change and coupling national observations to global assessments. Practically, we substantiate the development of an integrated phytodiagnostic index for Ukrainian waters that fuses biogeographic, taxonomic and hydrological parameters to quantify regional ecological stability and identify degradation risk zones, thereby informing water-resource governance and conservation planning.

Key words: biomonitoring, *Chlorophyta*, *Ulvophyceae*, GBIF data, eutrophication, water mineralization, bioindication.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bellinger, E. G., Sigeo, D. C. Freshwater Algae: Identification, Enumeration and Use as Bioindicators. 2nd ed. John Wiley & Sons, 2015. 275 p. DOI:10.1002/9781118917152
2. Barsanti, L., Gualtieri, P. Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology. 3rd ed. CRC Press, 2022. 456 p. <https://doi.org/10.1201/9781003187707>
3. Суходольська І. Л., Басараба І. В. Сезонна динаміка альгофлори озера Засвітське (Рівненська обл., Україна). *Альгологія*. 2023. Т. 33, № 2. С. 83–97.
4. Bilous O. P., Wojtal A. Z., Ivanova N. O. et al. Indication of long-term changes of algae communities in a hydrologically transformed Estuary Sasyk, Black Sea, Ukraine. *Water*. 2023. Vol. 15, 2078.
5. GBIF.org. GBIF Occurrence Download (15 October 2025). URL: <https://www.gbif.org>
6. Snigirova A., Bogatova Yu., Barinova S. Assessment of river-sea interection in the Danube Nearshore Area (Ukraine) by bioindicators and statistical mapping. *Land*. 2021. Vol. 10 (3). 310. P. 1–18.
7. Škaloud P., Rindi F., Boedeker Ch., Leliaert F. Freshwater Flora of Central Europe. Vol 13: *Chlorophyta: Ulvophyceae*. Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 13. Berlin: Springer Spektrum, 2018. 289 p.
8. Sommer V., Mikhailyuk T., Glaser K., Karsten U. Uncovering unique green algae and cyanobacteria isolated from biocrusts in highly saline potash tailing pile habitats, using an integrative approach. *Microorganisms*. 2020. V. 8: 1667.
9. Rybak, A. S. Species of *Ulva* (*Ulvophyceae*, *Chlorophyta*) as indicators of salinity. *Ecological Indicators*. 2018. Vol. 85. P. 253–261. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.10.061.

10. Xiao, J., Zhang, X., Gao, C. et al. *Effect of temperature, salinity and irradiance on growth and photosynthesis of Ulva prolifera*. *Acta Oceanol. Sin.* 35, 2016 P. 114–121 <https://doi.org/10.1007/s13131-016-0891-0>

REFERENCES

1. Bellinger, E. G., & Sigeo, D. C. (2015). *Freshwater Algae: Identification, Enumeration and Use as Bioindicators* (2nd ed.). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118917152>
2. Barsanti, L., & Gualtieri, P. (2022). *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003187707>
3. Sukhodolska, I. L., & Basaraba, I. V. (2023). *Sezonna dynamika alhoflory ozera Zasvitske (Rivnenska obl., Ukraina)* [Seasonal dynamics of algal flora of Lake Zasvitske (Rivne region, Ukraine)]. *Algolohiia* [Algologia], Vol. 33, no. 2, 83-97. [in Ukrainian].
4. Bilous, O. P., Wojtal, A. Z., Ivanova, N. O., et al. (2023). Indication of long-term changes of algae communities in a hydrologically transformed Estuary Sasyk, Black Sea, Ukraine. *Water*, Vol. 15, 2078.
5. GBIF.org. (2025, October 15). GBIF Occurrence Download. Retrieved from <https://www.gbif.org>
6. Snigirova, A., Bogatova, Y., & Barinova, S. (2021). Assessment of river-sea interaction in the Danube Nearshore Area (Ukraine) by bioindicators and statistical mapping. *Land*, Vol. 10(3), 310, 1-18.
7. Škaloud, P., Rindi, F., Boedeker, C., & Leliaert, F. (2018). Freshwater Flora of Central Europe, Vol. 13: *Chlorophyta: Ulvophyceae*. In *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (Vol. 13). Berlin: Springer Spektrum.
8. Sommer, V., Mikhailiuk, T., Glaser, K., & Karsten, U. (2020). Uncovering unique green algae and cyanobacteria isolated from biocrusts in highly saline potash tailing pile habitats, using an integrative approach. *Microorganisms*, 8, 1667.
9. Rybak, A. S. (2018). Species of *Ulva* (*Ulvophyceae*, *Chlorophyta*) as indicators of salinity. *Ecological Indicators*, Vol. 85, 253–261. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.10.061>
10. Xiao, J., Zhang, X., Gao, C., et al. (2016). Effect of temperature, salinity and irradiance on growth and photosynthesis of *Ulva prolifera*. *Acta Oceanologica Sinica*, Vol. 35, 114-121. <https://doi.org/10.1007/s13131-016-0891-0>

Дата першого надходження рукопису до видання: 27.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

UDC 316:502.17:332.1(477.72)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.12>

RESULTS OF THE SOCIOLOGICAL RESEARCH «KAKHOVKA RESERVOIR: PAST, PRESENT, AND FUTURE»

*Potravka L.O. – Doctor of Economics Sciences, Professor
orcid.org/0000-0002-0011-2286*

*Pichura V.I. – Doctor of Agriculture Sciences, Professor
orcid.org/0000-0002-0358-1889*

*Melnyk V.I. – PhD of Agriculture Sciences, Associate Professor
orcid.org/0000-0002-8782-1236*

*Kherson State Agrarian and Economic University,
potravkalarisa@gmail.com, pichuravitalii@gmail.com, vik4865@gmail.com*

The full-scale russian invasion of Ukraine has caused great human, environmental, and economic losses. The situation was complicated by the destruction of the Kakhovka hydroelectric power station dam, which drained the reservoir and destroyed the main source of water supply for southern Ukraine. This negatively affected the environment and triggered a socio-economic crisis in the regions dependent on irrigated agriculture. Therefore, in the post-war period, an important step is to reassess the priority of sustainable development goals for southern Ukraine to ensure the survival, return and continued existence of the population, and the potential for development of the territories. In this context, it is essential to consider public opinion and the perspective of the local population regarding regional strategies and measures for the post-war restoration of the affected areas. The results of our social research showed that 79.4% of respondents depended on the Kakhovka reservoir for their livelihoods and economic activities, and 85.7% of respondents believed that the prosperity of the Kherson region depended on the functioning of the reservoir. It was found that 81.5% of respondents consider it necessary to restore, fill, and operate the reservoir using new technologies. In particular, 65.8% of respondents believe that post-war recovery decisions should be based on the collective vision of scientists, government and local authorities, international experts, and business representatives. It was discovered that 54% of respondents preferred the awareness of the scientific community, the authenticity and reliability of information in scientific publications. 88.0% of the respondents are of the opinion that draining the Kakhovka reservoir is a complex problem of ensuring the continued existence of the region in terms of economy, ecology, and social security. Discussion of the problems of restoring the Kakhovka reservoir is relevant since 94.8% of respondents currently live in the damaged areas or plan to return there after the war. Thus, the scale and damage from the destruction of the Kakhovka reservoir by the occupying forces is determined by the severity of environmental and socio-economic consequences, as well as the possibility of post-war restoration of damaged territories according to the local population's vision.

Key words: population, survey, impact of the war, post-war recovery, sustainable development.

Introduction. Since the beginning of the full-scale russian invasion of Ukraine, the country has suffered great human, environmental and economic losses. According to the State Environmental Inspectorate of Ukraine (<https://www.dei.gov.ua/>), environmental losses exceed 72.9 billion USD. In particular, losses of land resources amount to 11.02 billion USD, losses from soil contamination amount to 54.16 billion USD. The scale of the damaged areas is expanding daily, and the ecological damage is increasing. Within the combat zones, the soil is recorded to contain 15-30 times [1, 178594; 16, 166122] more petroleum products and heavy metals than the norm, which makes it impossible to use these lands for growing crops since the products are potentially dangerous for consumption. According to the Association of Sappers (<https://www.uda.org.ua/en/>), about 4.8 million hectares of agricultural land in Ukraine are mined, and 13.6 million hectares need to be surveyed for mines. It should be noted that about 26% of Ukraine's territory remains occupied, so it is difficult to determine the real ecological state of these territories and the depth of the social crisis.

The large-scale environmental and social crisis was deepened by the destruction of the Kakhovka hydroelectric power plant dam on June 6, 2023 [20, c. 631-647; 19, c. 275-288; 9, c. 82-104]. The flooding of the surrounding areas caused the deaths of many people and the destruction of housing, infrastructure, and businesses [14, c. 1181-1186]. The environmental consequences of the reservoir's destruction included its drainage and drying up of other water bodies, evaporation and lowering of the groundwater level, movement of salts into the topsoil and an increase in their concentration, along with the expansion of land areas affected by secondary salinization and alkalization [9, c. 82-104]. The level of danger in these territories is heightened by the occupation of the left bank of the lower Dnipro River, where 82% of Ukraine's irrigated lands are concentrated [13, c. 104-120]. These territories include the Autonomous Republic of Crimea, part of the Kherson and Zaporizhzhia regions. According to the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine (<http://www.minagro.kiev.ua/>), the occupation and loss of the irrigation source cause annual economic losses for land users equivalent to 4.0 million tons of grain crops (1.5 billion USD). This reduces the level of food security both in Ukraine and in the world as a whole, since Ukraine was the main exporter of grain to Egypt, Indonesia and Lebanon [2, c. 102418]. In particular, the destruction of transport and energy infrastructure caused an increase in fuel, fertilizers, seeds, and equipment prices, significantly reducing crop production profitability. It should be highlighted that Ukraine is one of the guarantors of global food security; 400 million people have food thanks to the export of Ukrainian agricultural products. Notably, after the start of the war, world market prices for grain rose to the level of the 2007/08 food crisis [18, c. 1-13], which emphasizes the strategic role of Ukrainian agriculture in the world.

Military operations and the drying up of water sources, primarily the Kakhovka reservoir, made it impossible to irrigate agricultural lands and fill the hydro-reclamation network of southern Ukraine. There is a disruption of the hydrological regime, water levels, increased temperature pressure on the soil surface, accelerated evapotranspiration, catastrophic levels of water deficit, degradation and decline of soil properties, loss of the vegetative quality of plants and their drying out, suppression and degradation of ecosystems, fires, soil exposure, desertification of irrigation zones [4, 100167; 9, c. 82-104; 6, c. 357-373; 15, 100182; 11, c. 783]. Such adverse effects will have prolonged consequences of worsening the ecological situation and intensifying the socio-economic crisis in the territories of southern Ukraine. Therefore, research should study the suitability of territories for human life, their return and further existence of settlements, conducting economic activities, and the potential for sustainable territorial development. In this context, it is important to consider public opinion and the position of the local population regarding the directions of regional strategies and measures for the post-war restoration of disturbed territories, to revise goals and ensure sustainable development of regions by socio-economic needs and the ecological state of territorial ecosystems, considering climate change. The purpose of our research is to conduct a social study “Kakhovka Reservoir: Past, Present, Future”, the results of which should serve as the basis for making management decisions in the post-war reconstruction of war-torn territories of southern Ukraine.

Material and methods.

Characteristics of the Kherson region's territory

The social research focuses on the Kherson region of Ukraine (Fig. 1).

The region is located in the southern part of Ukraine within the Black Sea lowland. In the northwest, Kherson region borders Mykolaiv region, in the north – Dnipropetrovsk region, in the east – Zaporizhzhia region of Ukraine, in the south along the Syvash and Perekop Isthmus – the Autonomous Republic of Crimea. The region comprises 49 territorial communities (9 urban, 17 township, and 23 village ones) and five districts (Beryslavskiy, Henicheskyy, Kakhovskyy, Skadovskyy and Khersonskyy).

The region includes 656 settlements. As of January 1, 2021, the population was 1,016.7 thousand people, including 624.7 thousand people of urban population, and 392.0 thousand people of rural population. According to the Kherson Regional Military Administration (<https://khoda.gov.ua/>), as of March 2024, approximately 156,000 people remained in the region, including 68,000 urban residents, which is 6.5 times less than the pre-war population.

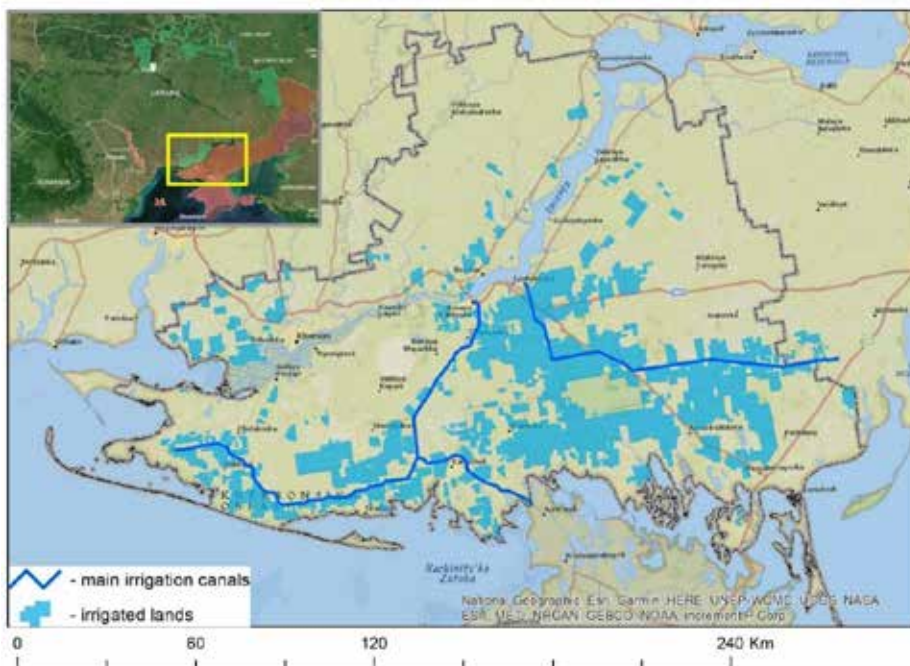


Figure 1. Territorial affiliation of respondents from the Kherson region
(on the map, in the upper left corner, the territories of Ukraine occupied by Russia are highlighted in red, the location of the Kherson region is highlighted by the yellow square)
(Source: Developed by the authors)

The total area of the region is 2846.1 thousand hectares, including 1971.0 thousand hectares of agricultural land (69.25% of the region's territory), of which arable land is 1777.6 thousand hectares (90.2% of the agricultural land territory). The main soil types in the region are southern black soils, which cover 43.7% of the total agricultural land area, and dark chestnut soils, which account for 30.7 % (Pichura et al. 2023a). The region accounts for 20% of Ukraine's irrigation systems, covering an area of 426.4 thousand hectares, which constitutes 21.65% of the region's agricultural land. The actual use of irrigated land between 2003 and 2021 ranged from 250,000 to 315,000 hectares (Pichura et al. 2023b). Three main irrigation systems are concentrated on the left bank of the Kherson region: the Kakhovska irrigation system, covering 243.1 thousand hectares, the Kalanchtska and Krasnoznamenska irrigation systems, covering 102 thousand hectares. The source of water intake for these systems was the Kakhovka reservoir. On the right bank of the Kherson region, there is a part of the Inhuletska irrigation system, which has an area of 18.2 thousand hectares, supplied from the Inhulets River (a right tributary of the Dniro River). Local irrigation systems were also utilized in the region, covering an area of 22.4

thousand hectares, while the area of local irrigation amounted to 40.7 thousand hectares. It is worth noting, that rice irrigation systems covering an area of 8.1 thousand hectares were located on the left bank of the region [8, с. 188-198].

Water management value of the Kakhovka reservoir

The Kakhovka reservoir had an area of 2,155 km² and was created in southern Ukraine between 1955 and 1958 to generate electricity, develop the fishing industry and recreation, nourish plants in water protection zones and nature conservation sites, and provide fresh water for enterprises, irrigation systems, and the sanitary and household needs of approximately 6 million people. Before the destruction of the hydroelectric dam, the reservoir water body had the following characteristics: total volume – 18.2 km³, useful volume – 6.8 km³; normal pool level – 16.0 m, dead storage level – 12.7 m, maximum depth of the reservoir – 32.0 m, average depth – 8.5 m, seasonal water level fluctuations amounted to 3.3 m; maximum length of the water area – 230 km, maximum width – 25.0 km, average width – 9.3 km, shoreline length – 869.0 km; the multi-year runoff varied from 28.3 to 61.7 km³/year. The capacity of the constructed hydroelectric power plant (HPP) was 329,000 kW; the maximum discharge capacity of the HPP was 2,600 m³/s.

It should be noted that the ecological state of the reservoir area during its operation, based on surface water quality indicators, was unsatisfactory, but the reservoir was the only source covering the water deficit of the Steppe zone of Ukraine. The reservoir's water reserves were used to supply water to 140 settlements with a population of over 1 million people. Considering all the factors of the reservoir's impact on the socio-economic life of Ukraine, the destruction of the reservoir deprived 6 million people of a source of drinking water, and 13 million people experienced restrictions in meeting their household needs. Experts have estimated the environmental damage at more than \$60 billion. It is worth noting that the Kakhovka reservoir was the main source of irrigated agriculture, covering about 800,000 hectares of agricultural land. Kakhovskyi Canal, North Crimean Canal, Dnipro-Kryvyi Rih Canal were the main lines of irrigation system. In the last pre-war years, the volume of surface water use was 1.21-1.34 km³, including 4.89-7.98% for drinking and sanitary needs, 71.15-73.56% for production needs, 18.04-23.60% for irrigation, and 0.36-0.42% for other needs. The reservoir area was also an artery of navigation and the basis for the functioning of the port of Nikopol, an important center of recreation and fishing, and the existence of hydro resources. In Ukraine, more than 22% of the fish market was provided by freshwater fish caught in the Kakhovka reservoir. The combination of natural and economic conditions contributed to the formation of the region's tourism industry, which opened up new opportunities for local communities, promoted the development of various types of business, and rooted and strengthened the agricultural sector of the Kherson region.

The social research “Kakhovka Reservoir: Past, Present, Future” was conducted using the questionnaire method

The study consisted of two blocks: 1) a survey of respondents from the local population of the Kherson region based on quantitative (number, age group) and qualitative (population categories – gender, type and field of activity) indicators; 2) analysis and synthesis of scientific results of the consequences of the destruction of the Kakhovka dam and the draining of the reservoir to provide information and visual support for the discussion of specific questions in the questionnaire.

The questionnaire contains 16 questions (Tab. 1), which allowed us to determine the position of socially active citizens regarding the post-war reconstruction of the Kherson region and the role of the Kakhovka reservoir in it.

Table 1. Questions and answers of the social research questionnaire “Kakhovka reservoir: past, present, future”

Question	Answer variants
1. Your gender	– Male – Female
2. Your age	– 18-25 – 26-40 – 41-55 – 55+
3. What type of activity were you engaged in before the war?	– Student – Hired employee – Own business – Without permanent employment – Retiree
4. Your type of activity now	– Military – Student – Businessman(woman) – Hired employee – Currently unemployed – Retiree
5. Rate your standard of living before the war	– It was always difficult – Income depended on seasonal work – Stable, sufficient income – I had a high level of income
6. Did you have any pre-war plans to move to other regions or countries?	– Yes – No
7. Did your activities before the war relate to agriculture?	– Yes – No
8. Were your activities previously related to the existence of the Kakhovka Reservoir (fish farming, land irrigation, recreation)	– Yes, it was the basis of my business – Yes, my work is connected with its existence – For me, it was a recreation area – Never thought about it – It was a source of water supply and irrigation
9. Do you associate the prosperity of the Kherson region with the Kakhovka reservoir?	– Yes – No

Table 1 (Continued)

10. Do you think the coverage on television and social media of the scale of the Kakhovka dam disaster is complete?	– I think the coverage was sufficient – There was a lot of information, but it was not meaningful – The information was important only for the affected region – It is necessary to involve more scientists in the coverage of the consequences of the disaster who are engaged in research and the territory of the Kherson region
11. Were you involved in the survey to express your position on the consequences of the disaster?	– Yes, I am an active citizen – My family and I have suffered as a result of this terrible crime – I am used to experiencing horrors alone – I participated in the survey
12. Do you consider it necessary to discuss the restoration of the Kakhovka Reservoir's functioning?	– Yes, this is the main source of water supply and irrigation, so reconstruction should be carried out – Yes, restoration should be conducted using modern technologies, the restoration project should aim at revitalizing the Kherson region – I do not know these issues, this should be dealt with by specialists and authorities – What happened, happened – nothing needs to be done
13. Who, in your opinion, is most knowledgeable about the post-war economic recovery of the Kherson region?	– Government and local self-government bodies – International experts – Business representatives – Scientists – All of the above specialists together
14. The issue of draining the Kakhovka reservoir is a problem:	– Economic – Social – Environmental – It covers all the listed areas (economic, environmental and social)
15. What sources of information do you consider reliable and truthful?	– TV – Social networks – Newspapers – Scientific publications – I don't trust anyone
16. Do you plan to return to the Kherson region after the war?	– I live here now, I haven't left anywhere – My home is now in the occupied territory, after liberation I plan to return – It's too early to decide for sure – I don't plan to return

The study was conducted in January-February 2025. 189 respondents from the Kherson region took part in the survey. The survey was conducted using the CAPI method – computer assisted personal interviews using Google Forms. Data collection was carried out using two methods: 1) face-to-face interviews; 2) the method of sending SMS messages to residents of the Kherson region with their prior consent. The quantitative characteristics of the sample represent the population of the Kherson region by age: 18-25 y.o. – 42 people (22.3%), 26-40 y.o. – 69 people (36.7%), 41-55 y.o. – 63 people (33.5%), over 55 y.o. – 14 people (7.4%). The qualitative characteristics of the gender had the

following ratio: 124 male (65.6%), 65 female (34.4%). According to the age and gender structure, it was found that interest in a certain topic was shown by men of working age, who belong to the category of socially active citizens.

The survey was conducted among residents of communities in the Kherson region who showed initiative to participate in the survey, and their lives and activities were directly related to the functioning of the reservoir in the pre-war period. For this purpose, questions 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 were included in the questionnaire. The answers to these questions made it possible to determine the territorial affiliation, living conditions, type and scope of activity, and public position of the respondents.

Results and discussion. Based on the survey results of 189 respondents from the Kherson region, it was determined that in the pre-war period, 48 people (25.4%) were students, 106 people (56.1%) were employees, 19 people (10.0%) had their own business, 9 people (4.8%) were unemployed, and 7 people (3.7%) were retirees. The respondents characterized their level of security before the war as follows: 6 people (3.2%) had a high level of income, 139 people (73.5%) had a stable income, 23 people (12.2%) had seasonal income, and 21 people (11.1%) admitted to a difficult financial situation, the latter category included the unemployed, retirees, and students. Only 19% of respondents in the pre-war period considered the possibility of moving to other regions of Ukraine or to other countries.

During wartime, as of the beginning of 2025, there were changes in the employment structure of respondents, in particular, 77 people (40.8%) are students, 62 people (32.8%) are employees, 25 people (13.2%) are military personnel, 10 people (5.3%) are entrepreneurs, 8 people (4.2%) are temporarily unemployed and 7 people (3.7%) are retirees. Research has shown that the war and its consequences negatively affected the business sector and the level of employment of the local population. This led to a reduction in the number of entrepreneurs by almost 2 times and a decrease in the number of employees in various fields of activity by 23.3%, which significantly worsened the economic situation in the Kherson region and affected the standard of living of the local population.

It is important to mention that before the war, the share of respondents employed directly in agriculture was 38%, while 62% of respondents were employed in other areas. Therefore, to determine the dependence of the living conditions of all respondents on the functioning of the Kakhovka Reservoir, a question was asked about the impact of the reservoir on their activities and living conditions. It was established that 79.4% of respondents acknowledged the dependence of their activities and living conditions on the Kakhovka reservoir, including 1.6% of respondents who considered the reservoir as the basis of their business, 13.8% who linked their work to its existence, 36.5% who viewed it

as a recreational area, 27.5% who recognized it as a source of water supply and irrigation, and 20.6% who had never considered the impact of the reservoir on their lives. It is essential to highlight that 85.7% of respondents believe that the prosperity of the Kherson region depended on the functioning of the Kakhovka reservoir, while 14.3% did not recognize such dependence.

The destruction of the Kakhovka HPP dam led to a natural and climatic transformation of the drained territory of the reservoir (Fig. 2) and a catastrophic moisture deficit in the southern regions of Ukraine [19, c. 275-288; 21, c. 147-164; 9, c. 82-104; 6, c. 357-373; 11, c. 783].

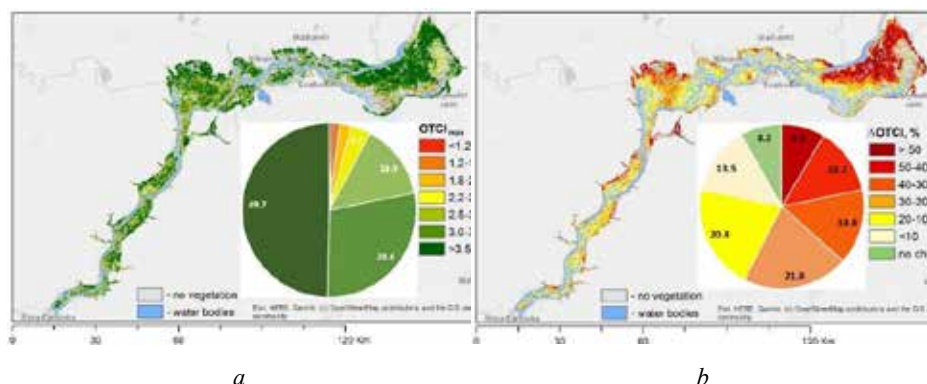


Figure 2. Formation of vegetation cover and change in chlorophyll in plants of the Kakhovka reservoir bed for September 2023 and 2024: *a* – maximum favorable conditions for chlorophyll accumulation, OTCI_{max}; *b* – decrease in chlorophyll content (ΔOTCI, %) as of September 2024 relative to the OTCI_{max} value. The Terrestrial Chlorophyll Index (OTCI) indicator was used to calculate the chlorophyll content in the leaves of vegetation cover (Source: Pichura et al. 2025a)

Military operations and related activities of the occupation forces caused the reservoir to drain, which made it impossible to irrigate agricultural lands and fill the hydromelioration network. In turn, this resulted in increased temperature stress on the soil surface, accelerated evapotranspiration, deterioration of soil properties, soil degradation, loss of good vegetative characteristics of natural vegetation, its desiccation, fires, soil exposure, and desertification of the irrigation zone. As of July 15, 2021, the average Normalized Difference Moisture Index (NDMI) [3, c. 257-266; 17, 101405] value in the irrigation zone of the left bank of the Kherson region (Fig. 3) was 0.12 (variation from -0.14 (bare soils) to 0.4 (areas with good moisture and vegetation)). As of July 14, 2024, the average NDMI value was -0.13 (variation from -0.26 (bare soils, dry vegetation) to 0.0 (areas with water stress and desiccated vegetation)).

The consequences of the dam collapse and the draining of the Kakhovka reservoir were covered by the media, displayed on the information websites of

the relevant government and local government bodies, and on social networks. In this regard, the question arose about the completeness of television and social media coverage of the scale of the Kakhovka dam collapse disaster. It was found that 13.8% of respondents considered the coverage sufficient, 11.1% believed that there was a lot of information, but it was generalized, meaningless and limited, and 9.0% of respondents considered the information presented to be important only for the population of the affected region. It should be noted that 66.1% of respondents consider it important to involve scientists who conduct research and who live in the Kherson region in covering the consequences of the disaster. This indicates the high level of public trust in the scientific community.

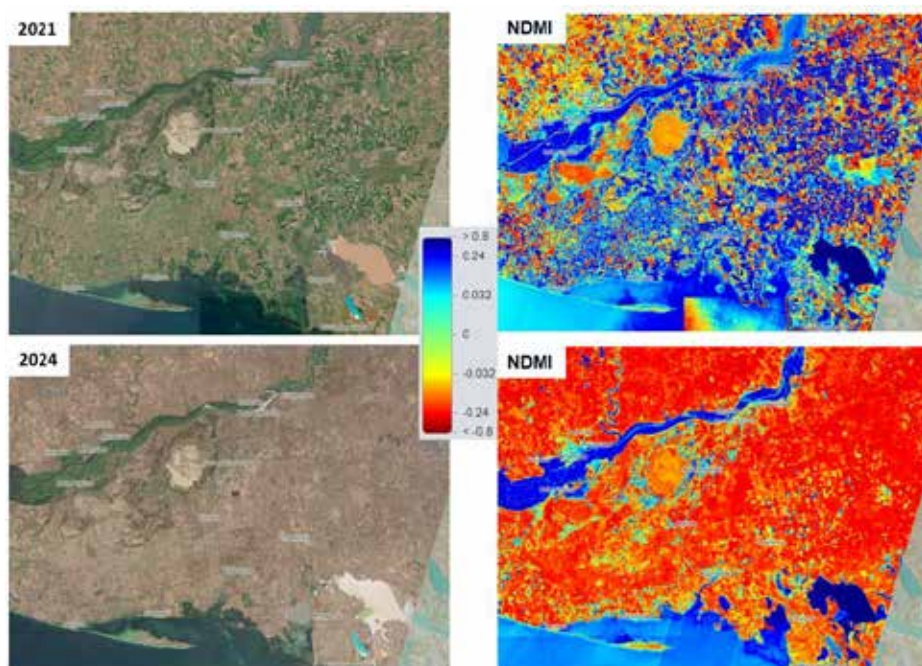


Figure 3. Natural and climatic transformation of the territory of irrigated agriculture in Kherson region as a result of military operations, comparison of Sentinel 2 L2A satellite images for July 2021 and 2024: images on the left – Truecolor; images on the right – Normalized Difference Moisture Index (NDMI) used to determine the level of plant moisture (Source: Developed by the authors)

Alongside scientific research, an active public stance and participation in social studies by local residents affected by the flooding or whose lives depend on the functioning of the Kakhovka reservoir are equally important. Therefore, to conduct in-depth and large-scale scientific research into the consequences of the war and develop post-war measures to restore the disaster areas, it is nec-

essary to consider the opinions of the local population of the Kherson region. It was found that 26% of respondents take an active public stance in covering and disseminating the consequences of the disaster, 35.4% have previously participated in surveys, 20.1% of respondents recognize themselves as victims of the disaster, and 18% of respondents are mainly experiencing the consequences alone. As a result of analyzing the answers to this question, it is necessary to pay attention to the problem of socialization of affected people, whose isolation can cause deterioration of their health and psycho-emotional state. After the destruction of the Kakhovka power plant dam, three possible scenarios for the post-war functioning of the Kakhovka reservoir territory are discussed in the public space (Fig. 4) [7, c. 118-154; 11, c. 783]: scenario 1: reconstruction of the hydroelectric power plant dam and restoration of the reservoir according to the conditions of its previous existence [19, c. 275-288; 21, c. 147-164; 9, c. 82-104; 6, c. 357-373]; scenario 2: nothing needs to be done, allowing for the potential formation of a natural vegetation ecosystem [5]; scenario 3: creation of a natural-artificial reservoir system using modern technologies, involving partial water filling and the establishment of a quasi-natural environment [19, c. 275-288; 21, c. 147-164; 9, c. 82-104; 6, c. 357-373].

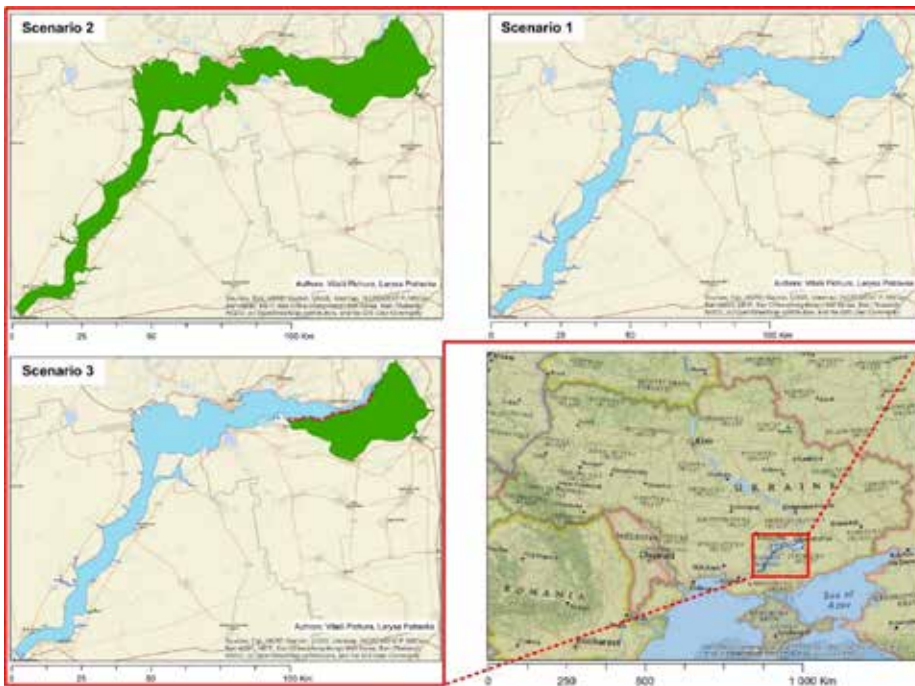


Figure 4. Scenarios of the Kakhovka reservoir territory functioning
(Source: Pichura et al. 2025b, Pichura and Potravka 2025c)

The quasi-natural environment is a “second nature” environment that includes all elements of the natural environment that have been artificially transformed and modified by people. The quasi-natural environment, unlike the natural environment, is not capable of self-sustaining and requires periodic investment of resources. Therefore, a prerequisite for preserving and maintaining the quasi-natural meadow and forest environment is the artificial supply of water to this area. To create a quasi-natural environment, have proposed separating the upper shallow part of the reservoir by a dam (Fig. 5), which occupies 725 km² or 34% of the reservoir’s territory [7, c. 118-154].

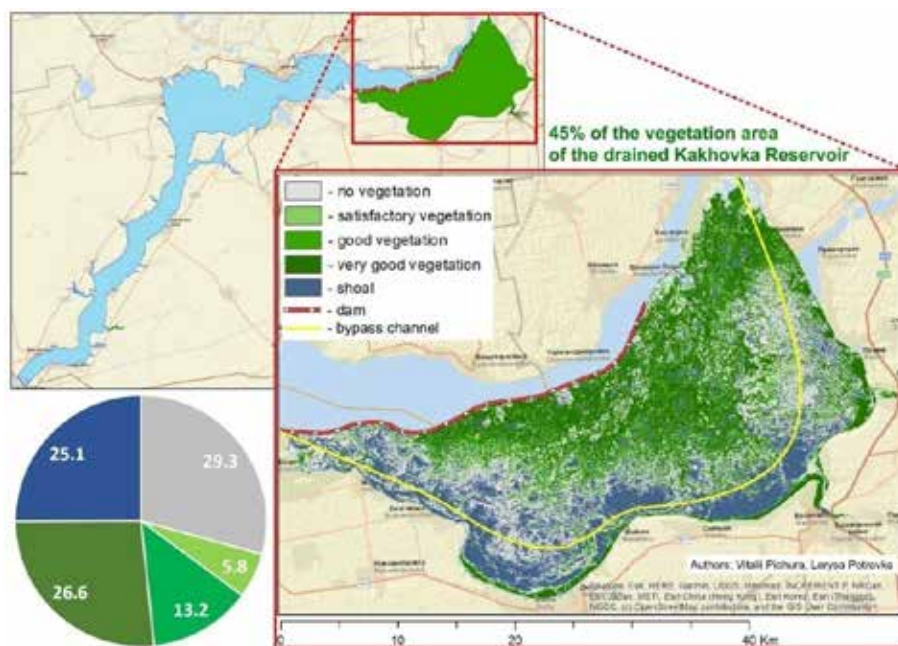


Figure 5. Scenario 3 – Natural and artificial system of the Kakhovka reservoir
(Source: Pichura et al. 2025b, Pichura and Potravka 2025c)

The development of post-war recovery programs under the third scenario involves considering the opinion of local residents. It was found that 56.6% of respondents support the third scenario of restoring and operating the Kakhovka reservoir using modern technologies, the restoration project should be aimed at restoring the life in the Kherson region, 24.9% of respondents consider the restoration and operation of the reservoir under the first scenario sufficient, 12.2% of respondents chose the second scenario without restoring the reservoir, and 6.3% admitted that they did not know about these issues, so they rely on experts and authorities. Thus, under scenarios 1 and 3, 81.5% of respondents

expressed their opinion on the necessity of restoring, filling, and operating the Kakhovka reservoir. The opinions of the local population must be considered when making management decisions concerning the post-war operation of the reservoir territory. Our research confirms the previous results of a social survey conducted by scientists from Kherson State University, which found that 75.0% of the population of the southern regions of Ukraine supports the restoration of the Kakhovka hydroelectric power plant and the filling of the reservoir. It should be emphasized that the ability of the local population to adapt in the post-war period is predominantly determined by ecological and resource factors, first of all, the availability of water resources.

Awareness, in-depth research, and coverage of the true consequences of the Kakhovka disaster establish a deep trust in scientists among the local population. This is confirmed by the respondents' answers to the question: "Who, in your opinion, is most knowledgeable about the post-war economic recovery of the Kherson region?" The distribution of responses is as follows: 19.6% of respondents preferred scientists, 14.6% preferred other categories of specialists, including 7.3% – government and local self-government bodies, 4.2% – international experts, 3.1% – business representatives. It should be noted that 65.8% of respondents believe that the decision on the post-war reconstruction of the Kherson region should be based on the collective expert opinion of all groups of specialists.

The involvement of a wide range of experts will provide an opportunity for an objective analysis of the situation, and the development of a strategy and action plan for the post-war restoration of ecocide territories will be aimed at the sustainable development of the region. Expert conclusions should be based on the depth, scale, credibility, and transparency of research results, and be supported by the expertise of specialists in researching the condition and future functioning of the Kakhovka reservoir territory. The high level of public trust in scientists is confirmed by survey results showing that 54% of respondents consider information from scientific publications reliable and trustworthy, while 12.2% trust social networks, and 3.7% trust television. Notably, newspapers were not selected by any respondents as a reliable source of information. However, 30.1% of respondents express distrust toward all information sources, a consequence of the occupiers' information pressure during the occupation, which forced people to isolate themselves from the information space. The distrust of the population is a complex consequence of the occupation, which will complicate the discussion and coordination of post-war reconstruction projects in the deoccupied territories, which will significantly increase the risks of their effective implementation. The respondents' views on the scale of the Kakhovka disaster were distributed as follows: 19.9% of respondents consider the reservoir's drainage an environmental issue, 2.1% emphasize its economic nature,

while none identify it as a social issue. The vast majority – 88% of respondents – view the drainage of the Kakhovka reservoir as a complex problem affecting the region's economy, ecology, social security, and protection.

Reviewing how sustainable development goals are implemented when forming strategies to restore war-damaged territories is a pressing issue for ensuring the survival, return and continued existence of the local population. It should be noted that 45% of respondents currently reside in the Kherson region and do not plan to leave, 16.6% have housing in the territory temporarily occupied by the enemy, 33.2% of internally displaced respondents plan to return after the war, and only 5.2% of respondents do not plan to return. Therefore, the patriotic and responsible public position and vision of the respondents should serve the foundation for the post-war reconstruction and restoration of the environment and living conditions in the Kherson region. It should be emphasized that historically, land cultivation and the development of irrigated agriculture contributed to the spread of settlements deeper into the territory of Kherson region. As of January 2025, 72.11% of the territory of Kherson region is occupied, with about 93% of the region's irrigated land, 425 settlements (65% of the total), and 13 districts (68% of the region's districts). The following districts of the region are currently occupied: Verkhnyorohachytskyi, Velykolepetyskyi, Nyzhnyosirohozkyi, Hornostayivskyi, Kakhovskyi, Ivanivskyi, Oleshkivskyi, Holoprystanskyi, Skadovskyi, Kalanchatskyi, Chaplynskyi, Novotroitskyi, and Henicheskyi. The situation in the occupied territories of the region is complicated, characterized by signs of a social and humanitarian crisis. The majority of settlements suffer from a lack of drinking water and water resources to meet household needs. Agriculture is fragmented, which is confirmed by our research results. The principal task of post-war recovery is to restore the water supply and irrigation system in the Kherson region, as the availability of water resources is the primary condition for the population to revive the agricultural sector as the leading sector of the Kherson region's economy.

Conclusion. Social research is an essential component in assessing the consequences of war, while studying public opinion on post-war recovery strategies and measures will increase the effectiveness of management decisions in achieving sustainable development of the territories in the post-war period. The results of the social research “Kakhovka Reservoir: Past, Present, Future” are based on the answers of 189 respondents. Ninety percent of respondents described their pre-war standard of living as fairly high, which was ensured by the stable income they received in the form of wages. As of today, the number of entrepreneurs has halved, and the number of employees in various fields of activity has decreased by 23.3%. The economic situation in the region has been complicated by the conditions that emerged after the destruction of the Kakhovka hydroelectric power plant dam and the draining of the Kakhovka reservoir. The

survey revealed that 79.4% of respondents associate their activities and livelihoods with the Kakhovka reservoir, while 85.7% believe that the prosperity of the Kherson region depends on its functioning. Therefore, it is essential for scientists to comprehensively highlight the consequences of ecocide, as the level of trust in researchers among the population is high. A total of 66.1% of respondents consider it important to involve scientists in addressing the consequences of the disaster and determining the directions for the further restoration of the territories. The respondents mostly considered themselves people with an active public stance. Regarding the publicly presented scenarios for restoring the territory of the drained Kakhovka reservoir, 81.5% of respondents expressed the opinion that it should be restored by filling and operating it and that the development of the restoration project should be based on the shared position of scientists, authorities and local governments, international experts and business representatives. In particular, 54% of respondents consider the information provided by scientists to be the most reliable. Most respondents (88.0%) view the drainage of the Kakhovka reservoir as a complex problem that impacts the region's future in areas of economy, ecology, and social security. The issue of considering public opinion on the post-war restoration of the Kakhovka reservoir is relevant, as 94.8% of respondents currently live or plan to return to the Kherson region.

Acknowledgments

The project was supported by Documenting Ukraine, a program of the Institute for Human Sciences, IWM Vienna.

The research is supported by the Canadian Institute of Ukrainian Studies (CIUS) of the University of Alberta. Grant 25OCT24.

РЕЗУЛЬТАТИ СОЦІОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ «КАХОВСЬКЕ ВОДОСХОВИЩЕ: МИНУЛЕ, СУЧАСНЕ ТА МАЙБУТНЄ»

*Потравка Л.О. – д. е. н., професор,
orcid.org/0000-0002-0011-2286*

*Пічура В.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-0358-1889*

*Мельник В.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-8782-1236*

*Херсонський державний аграрно-економічний університет,
potravkalarisa@gmail.com, pichuravitalii@gmail.com, vik4865@gmail.com*

Повномасштабне російське вторгнення в Україну спричинило значні людські, екологічні та економічні втрати. Ситуацію ускладнило руйнування греблі Каховської гідроелектростанції, що призвело до осушення водосховища та знищення основного джерела водопостачання для південної України. Це негатив-

но вплинуло на довкілля та спричинило соціально-економічну кризу в регіонах, залежних від зрошувального землеробства. Тому в післявоєнний період важливим кроком є переоцінка пріоритетів цілей сталого розвитку для південної України, щоб забезпечити виживання, повернення та подальше існування населення, а також потенціал для розвитку територій. У цьому контексті необхідно враховувати громадську думку та погляди місцевого населення щодо регіональних стратегій і заходів для післявоєнного відновлення постраждалих територій. Результати нашого соціального дослідження показали, що 79,4% респондентів залежали від Каховського водосховища для забезпечення засобів до існування та економічної діяльності, а 85,7% респондентів вважали, що процвітання Херсонської області залежить від функціонування водосховища. Було встановлено, що 81,5% респондентів вважають за необхідне відновлення, наповнення та експлуатацію водосховища з використанням нових технологій. Зокрема, 65,8% респондентів вважають, що рішення щодо післявоєнного відновлення мають базуватися на колективному баченні вчених, державних і місцевих органів влади, міжнародних експертів та представників бізнесу. Виявлено, що 54% респондентів віддають перевагу поінформованості наукової спільноти, автентичності та надійності інформації в наукових публікаціях. 88,0% респондентів вважають, що осушення Каховського водосховища є комплексною проблемою забезпечення подальшого існування регіону з точки зору економіки, екології та соціальної безпеки. Обговорення проблем відновлення Каховського водосховища є актуальним, оскільки 94,8% респондентів наразі проживають у постраждалих районах або планують повернутися туди після війни. Отже, масштаби та збитки від руйнування Каховського водосховища окупційними силами визначаються серйозністю екологічних і соціально-економічних наслідків, а також можливістю післявоєнного відновлення постраждалих територій відповідно до бачення місцевого населення.

Ключові слова: населення, опитування, вплив війни, післявоєнне відновлення, сталий розвиток.

BIBLIOGRAPHY

1. Bonchkovskiy O., Ostapenko P., Bonchkovskiy A., Shvaiko V. War-induced soil disturbances in north-eastern Ukraine (Kharkiv region): Physical disturbances, soil contamination and land use change. *Science of The Total Environment*. 2025. T. 964. 178594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178594>
2. Deininger K., Ali D.A., Kussul N. et al. Quantifying war-induced crop losses in Ukraine in near real time to strengthen local and global food security. *Food Policy*. 2023. T. 115. 102418. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2023.102418>
3. Gao B.-C. NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*. 1996. T. 58. C. 257–266. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(96\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(96)00067-3)
4. Hapich H., Novitskiy R., Onopriienko D., Dent D., Roubik H. Water security consequences of the Russia-Ukraine war and the post-war outlook. *Water Security*. 2024. T. 21. 100167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2024.100167>

5. Kuzemko A., Prylutskyi O., Kolomytsev G. et al. Reach the bottom: plant cover of the former Kakhovka Reservoir, Ukraine. *Research Square*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4137799/v1>
6. Pichura V., Potravka L., Boiko P. Climatic and hydrological conditions for the formation of vegetation cover in the drained Kakhovka Reservoir's territory. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025a. T. 26, № 4. C. 357–373. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/202227>
7. Pichura V., Potravka L., Stoiko N., Dudych H. Scenarios for the Functioning of the Kakhovka Reservoir Territory. *Journal of Landscape Ecology*. 2025b. T. 3, № 18. C. 118–154. DOI: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2025-0023>
8. Pichura V., Potravka L., Domaratskiy E. et al. Long-term Changes in the Stability of Agricultural Landscapes in the Areas of Irrigated Agriculture of the Ukraine Steppe Zone. *Journal of Ecological Engineering*. 2023b. T. 24, № 3. C. 188–198. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/158553>
9. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Bahinskyi O. Natural and climatic transformation of the Kakhovka Reservoir after the destruction of the dam. *Journal of Ecological Engineering*. 2024b. T. 25, № 7. C. 82–104. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/187961>
10. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Hyrlya L. The impact of the russian armed aggression on the condition of the water area of the Dnipro-Buh estuary system. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2024a. T. 25, № 11. C. 58–82. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/192154>
11. Pichura V., Potravka L. Impact of war on natural and climatic transformation of territories in the irrigation zone of Ukraine. *Discover Applied Sciences*. 2025c. T. 7, № 783. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07404-4>
12. Pichura V., Potravka L., Stratichuk N., Drobitko A. Space-Time Modeling Steppe Soil Fertility Using Geo-Information Systems and Neuro-Technologies. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2023a. T. 29, № 1. C. 182–197. DOI: <https://www.agrojournal.org/29/01-22.html>
13. Romashchenko M., Faybishenko B., Onopriienko D. et al. Prospects for restoration of Ukraine's irrigation system. *Water International*. 2025. T. 50, № 2. C. 104–120. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2025.2472718>
14. Shumilova O. et al. Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*. 2025. T. 387. C. 1181–1186. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.adn8655>
15. Snizhko S., Didovets I., Bronstert A. Ukraine's water security under pressure: Climate change and wartime. *Water Security*. 2024. T. 23. C. 100182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2024.100182>
16. Solokha M., Pereira P., Symochko L. et al. Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidence from the field on soil properties and remote

- sensing. *Science of The Total Environment*. 2023. T. 902. C. 166122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122>
17. Tibangayuka N., Mulungu D.M.M., Izdori F. Analysis of spatiotemporal surface water variability and drought conditions using remote sensing indices in the Kagera River Sub-Basin, Tanzania. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 2025. T. 37. C. 101405. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101405>
18. von Cramon-Taubadel S. Russia's Invasion of Ukraine – Implications for Grain Markets and Food Security. *German Journal of Agricultural Economics*. 2022. T. 71. C. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.30430/71.2022.5.Apol>
19. Vyshnevskiy V., Shevchuk S. The destruction of the Kakhovka dam and the future of the Kakhovske reservoir. *International Journal of Environmental Studies*. 2024a. T. 81, № 1. C. 275–288. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2320033>
20. Vyshnevskiy V., Shevchuk S., Komorin V. et al. The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water International*. 2023. T. 48, № 5. C. 631–647. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2023.2247679>
21. Vyshnevskiy V.I., Shevchuk S.A. Natural Processes in the Area of the Former Kakhovske Reservoir After the Destruction of the Kakhovka HPP. *Journal of Landscape Ecology*. 2024b. T. 17, № 2. C. 147–164. DOI: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2024-0014>

REFERENCES

1. Bonchkovskiy, O., Ostapenko, P., Bonchkovskiy, A., & Shvaiko, V. (2025). War-induced soil disturbances in north-eastern Ukraine (Kharkiv region): Physical disturbances, soil contamination and land use change. *Science of The Total Environment*, 964, 178594. doi:10.1016/j.scitotenv.2025.178594
2. Deininger, K., Ali, D. A., Kussul, N., Shelestov, A., Lemoine, G., & Yailimova, H. (2023). Quantifying war-induced crop losses in Ukraine in near real time to strengthen local and global food security. *Food Policy*, 115, 102418. doi:10.1016/j.foodpol.2023.102418
3. Gao, B.-C. (1996). NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58(3), 257–266. doi:10.1016/S0034-4257(96)00067-3
4. Hapich, H., Novitskyi, R., Onopriienko, D., Dent, D., & Roubik, H. (2024). Water security consequences of the Russia-Ukraine war and the post-war outlook. *Water Security*, 21, 100167. doi:10.1016/j.wasec.2024.100167
5. Kuzemko, A., Prylutskyi, O., Kolomytsev, G., Didukh, Y., Moysiienko, I., Borsukevych, L., ... Khodosovtsev, O. (2024). Reach the bottom: Plant cover of the former Kakhovka Reservoir, Ukraine. *Research Square*. doi:10.21203/rs.3.rs-4137799/v1

6. Pichura, V., Potravka, L., & Boiko, P. (2025a). Climatic and hydrological conditions for the formation of vegetation cover in the drained Kakhovka Reservoir's territory. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 26(4), 357–373. doi:10.12912/27197050/202227
7. Pichura, V., Potravka, L., Stoiko, N., & Dudych, H. (2025b). Scenarios for the functioning of the Kakhovka Reservoir territory. *Journal of Landscape Ecology*, 3(18), 118–154. doi:10.2478/jlecol-2025-0023
8. Pichura, V., Potravka, L., Domaratskiy, E., Strachuk, N., Baysha, K., & Pichura, I. (2023b). Long-term changes in the stability of agricultural landscapes in the areas of irrigated agriculture of the Ukraine steppe zone. *Journal of Ecological Engineering*, 24(3), 188–198. doi:10.12911/22998993/158553
9. Pichura, V., Potravka, L., Dudiak, N., & Bahinskyi, O. (2024b). Natural and climatic transformation of the Kakhovka Reservoir after the destruction of the dam. *Journal of Ecological Engineering*, 25(7), 82–104. doi:10.12911/22998993/187961
10. Pichura, V., Potravka, L., Dudiak, N., & Hyrlya, L. (2024a). The impact of the Russian armed aggression on the condition of the water area of the Dnipro-Buh estuary system. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 25(11), 58–82. doi:10.12912/27197050/192154
11. Pichura, V., & Potravka, L. (2025c). Impact of war on natural and climatic transformation of territories in the irrigation zone of Ukraine. *Discover Applied Sciences*, 7, 783. doi:10.1007/s42452-025-07404-4
12. Pichura, V., Potravka, L., Strachuk, N., & Drobitko, A. (2023a). Space-time modeling steppe soil fertility using geo-information systems and neuro-technologies. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 29(1), 182–197. Retrieved from <https://www.agrojournal.org/29/01-22.html>
13. Romashchenko, M., Faybishenko, B., Onoprienko, D., Hapich, H., Novitskyi, R., Dent, D., ... Roubik, H. (2025). Prospects for restoration of Ukraine's irrigation system. *Water International*, 50(2), 104–120. doi:10.1080/02508060.2025.2472718
14. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A., Khilchevskyi, V., Kuryk, B., Didukh, Y., ... Zalewski, M. (2025). Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*, 387(6717), 1181–1186. doi:10.1126/science.adn8655
15. Snizhko, S., Didovets, I., & Bronstert, A. (2024). Ukraine's water security under pressure: Climate change and wartime. *Water Security*, 23, 100182. doi:10.1016/j.wasec.2024.100182
16. Solokha, M., Pereira, P., Symochko, L., Vynokurova, N., Demyanyuk, O., Sementsova, K., ... Barcelo, D. (2023). Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidence from the field on soil properties and remote

- sensing. *Science of The Total Environment*, 902, 166122. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.166122
17. Tibangayuka, N., Mulungu, D. M. M., & Izdori, F. (2025). Analysis of spatiotemporal surface water variability and drought conditions using remote sensing indices in the Kagera River Sub-Basin, Tanzania. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 37, 101405. doi:10.1016/j.rsase.2024.101405
18. von Cramon-Taubadel, S. (2022). Russia's invasion of Ukraine – Implications for grain markets and food security. *German Journal of Agricultural Economics*, 71(5), 1–13. doi:10.30430/71.2022.5.Apol
19. Vyshnevskiy, V., & Shevchuk, S. (2024a). The destruction of the Kakhovka dam and the future of the Kakhovske reservoir. *International Journal of Environmental Studies*, 81(1), 275–288. doi:10.1080/00207233.2024.2320033
20. Vyshnevskiy, V., Shevchuk, S., Komorin, V., Oleynik, Yu., & Gleick, P. (2023). The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water International*, 48(5), 631–647. doi:10.1080/02508060.2023.2247679
21. Vyshnevskiy, V. I., & Shevchuk, S. A. (2024b). Natural processes in the area of the former Kakhovske Reservoir after the destruction of the Kakhovka HPP. *Journal of Landscape Ecology*, 17(2), 147–164. doi:10.2478/jlecol-2024-0014

Дата першого надходження рукопису до видання: 14.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

ПРОМИСЕЛ

УДК 597.2/.5+595.36+639.21+639.28

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.13>

ОЦІНКА ПРОМИСЛОВИХ ЗАПАСІВ І ПРОГНОЗ ВИЛОВУ РИБ РОДИНИ КОРОПОВІ (CYPRINIDAE) ДНІПРОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА НА 2026 РІК

Маренков О.М. – к.б.н.

orcid.org/0000-0002-3456-2496

Нестеренко О.С. – д. філос. в гал. біології, ст. досл.

orcid.org/0000-0002-7407-7911

Боровик І.І. – д. філос. в гал. біол.

orcid.org/0000-0001-8106-1080

Курченко В.О. – дф. в гал. біол.

orcid.org/0000-0002-1199-3760

Шмагайло М.О. – аспірант

orcid.org/0000-0002-0361-1232

*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
gidrobions@gmail.com, vanbor17@gmail.com*

Іхтіофауна каскаду водосховищ Дніпра представлена 24 видами риб, але основу вилову становлять лише кілька масових видів: карась сріблястий, плітка, лящ, плоскирка та сазан. Наразі спостерігається тенденція до поступового збільшення біорізноманіття уловів за рахунок другорядних видів, проте їх сумарна частка залишається невеликою (близько 8–12 % за масою). Сучасні дослідження відзначають істотні кількісні зміни у популяціях карася сріблястого та сазана, як ключових представників родини коропових у водосховищах Дніпра. За останні роки водосховища потрапили під відчутні прояви змін клімату підвищення середньорічних температур, зміна режиму опадів. Держава стикається з необхідністю розробки заходів з відновлення рибних ресурсів та оцінки довгострокових наслідків для всього каскаду. Метою даної роботи стало проведення комплексного аналізу динаміки промислового вилову сазана і карася сріблястого у Дніпровському водосховищі, виявити основні тенденції стану популяцій цих видів риб та окреслити науково обгрунтовані шляхи їх промислової експлуатації в 2026 році. Встановлено, що популяція карася сріблястого в Самарській затоці характеризується тугорослістю, зменшеними коефіцієнтами вгодованості та нижчими лінійно-ваговими показниками, що є наслідком високої щільності популяції та антропогенного тиску. Доцільно впроваджувати спеціальний промисловий вилов дрібновічковими ставними сітками в локалізованих зонах масового скупчення. Практика штучного зариблення сазаном демонструє позитивні результати щодо стабілізації чисельності, однак не замінює необхідність відновлення або створення ефективних штучних нерестовищ, що є стратегічно важливим заходом для стійкого функціонування

популяції. Подальший розвиток наукових досліджень і промислового використання сазана та карася сріблястого має базуватись на поглибленні даних біологічного моніторингу популяцій водосховища, впровадженні біотехнологічних інновацій в систему природного і штучного відтворення видів та екосистемному підході до управління водними біоресурсами.

Ключові слова: біопродуктивність водосховищ, іхтіофауна, зариблення, ліміти, водні біоресурси.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Вченими Інституту рибного господарства Національної академії аграрних наук України широко досліджено динаміку промислової іхтіофауни дніпровських водосховищ та промислового рибальства на внутрішніх водоймах України [1–4]. Згідно з даними Державного агентства України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм у промислових умовах останніх років на великих рівнинних водосховищах Дніпра фіксується близько 24 видів риб, але основу вилову становлять лише кілька масових видів: карась сріблястий, плітка, лящ, плоскирка та сазан [5]. На каскаді спостерігається тенденція до поступового збільшення біорізноманіття уловів за рахунок другорядних видів, проте їх сумарна частка залишається невеликою (близько 8–12 % за масою). Більшість сучасних досліджень відзначають істотні кількісні зміни саме у популяціях карася сріблястого та сазана, як ключових представників родини коропових у водосховищах Дніпра [2, 6, 7].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Мета роботи. Попри значний обсяг іхтіологічних досліджень, низка аспектів, що впливають на динаміку промислового вилову сазана та карася сріблястого у каскаді Дніпра, досі залишається недостатньо вивченими або неурегульованими на практиці. Інвазійний карась сріблястий, сформувавши надвеликий запас біомаси, став домінуючим промисловим видом, проте відсутні дієві механізми керування його популяцією. Окремі фахівці пропонують запровадити спеціалізоване вибіркове вилучення карася в місцях його концентрації, аби зменшити його репродуктивне ядро і запобігти негативному впливу на екосистему [8]. Це питання потребує подальших досліджень і обґрунтування оптимальних підходів.

Також важливим є питання забезпечення відтворення сазана, природний нерест якого в умовах водосховищ є недостатнім. Незважаючи на штучне зариблення, ризики деградації популяції залишаються. Невирішеним залишається питання відновлення природних нерестових біотопів або створення та впровадження штучних нерестилищ у кожному з водосховищ. Відсутність таких заходів може призвести до залежності від постійного зариблення та генетичного збіднення дикої популяції. Наразі науковці ще не дійшли єдиної думки щодо найефективніших біотехнічних та біо-

мелоративних заходів для підтримки сазана в каскаді водосховищ Дніпра.

Кожне водосховище Дніпра має свої гідрологічні та екологічні особливості. Невирішеним залишається питання диференційованого підходу до управління рибними запасами з пріоритетами на різних водоймах. Наприклад, Кременчуцьке водосховище є найбільшим і традиційно дає найбільший абсолютний вилов, тоді як менші водосховища (Канівське, Кам'янське) мають нижчу біопродуктивність та інший видовий склад уловів.

За останні 25 років водосховища потрапили під відчутні прояви змін клімату (підвищення середньорічних температур, зміна режиму опадів) та довгострокове старіння водосховищ. Малодослідженим є – як ці чинники впливатимуть на розмноження і нагул сазана та карася. Зокрема, підвищення температури може покращити умови нересту коропових, але надмірне «цвітіння» води та дефіцит кисню – навпаки, погіршити. Ця складова проблеми потребує подальшого моніторингу та прогнозування.

Окремим новим викликом є вплив воєнних дій та техногенних катастроф. Зокрема, підлив Каховської ГЕС у червні 2023 року призвів до повного спуску води Каховського водосховища і катастрофічної загибелі більшості його іхтіофауни. Лише за попередніми оцінками, було втрачено щонайменше 600–800 тонн промислових запасів риби. Ця подія фактично ліквідувала одну ланку каскаду, створивши нові умови – річковий режим на місці водосховища, і невідомі перспективи для сазана та карася сріблястого в цьому регіоні. Держава стикається з необхідністю розробки заходів з відновлення рибних ресурсів в зоні катастрофи та оцінки довгострокових наслідків для всього каскаду.

Враховуючи наведені не вирішені питання, метою даної роботи стало проведення комплексного аналізу динаміки промислового вилову сазана і карася сріблястого у Дніпровському водосховищі, виявити основні тенденції стану популяцій цих видів риб та окреслити науково обґрунтовані шляхи їх промислової експлуатації в 2026 році. Реалізація поставленої мети передбачала проведення польових і лабораторних досліджень, узагальнення літературних даних, статистичних звітів та нормативних документів, а також формулювання рекомендацій щодо подальшого промислового вилову даних видів риб.

Матеріали і методи досліджень. Відбір іхтіологічних проб проводили протягом вегетаційного періоду 2024–2025 рр., під час науково-дослідних контрольних, промислових і малькових ловів у Дніпровському водосховищі на трьох ділянках, які відрізнялись між собою за гідроекологічним станом і рівнем антропогенного впливу: центральна ділянка в межах м. Дніпро, нижня ділянка водосховища поблизу с. Військове та с. Микільське-на-Дніпрі, та в Самарській затоці в районі с. Одиноківка та с.

Новоселівка (рис. 1). Також використовували багаторічні бази іхтіологічних даних ДНУ за 2014–2024 рр.



Рис. 1. Точки відбору зразків риб у Дніпровському водосховищі:
1 – ділянка в межах м. Дніпро, 2 – нижня ділянка водосховища поблизу селищ
Військове та Микільське-на-Дніпрі, 3 – ділянка водосховища в Самарській затоці
в районі селищ Одинківка та Новоселівка

Об'єктом дослідження були сазан *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 та карась сріблястий *Carassius gibelio* (Bloch, 1782). Біологічний аналіз риб проводили згідно з класичними іхтіологічними методиками [9, 10] за наступними показниками: стать, вік, стандартна та абсолютна довжина тіла, індивідуальна маса особин, коефіцієнт вгодованості. Вік риби визначали за лускою [10]. Молодь коропових риб відловлювали в третій декаді липня – першій декаді серпня на мілководних ділянках водойми. Знаряддям лову була маль-

кова тканина та малькова волокуша завдовжки 10 м з кроком вічка 4 мм. Улов молоді риби піддавали якісному і кількісному аналізу, та проводили виміри лінійно-вагових показників корошових риби. За відносну чисельність молоді риби приймали кількість цьоголіток на 100 м² площі облову [9].

Усі роботи з тваринами виконували згідно правил біоетики із дотриманням Європейської Конвенції «Про гуманне ставлення до лабораторних тварин», «Загальних принципів експериментів на тваринах» та відповідно до «Положення про використання тварин в біомедичних експериментах» [11, 12, 13].

В аналізі даних використовували методи угруповань, порівняльні методи, та інші класичні методи математичної статистики. Цифрові дані обробляли за допомогою пакетів прикладних програм Microsoft Excel 2024 (Microsoft Corp., 2024) та Statistica 6.0 (StatSoft Inc., 2001).

Результати досліджень та їх обговорення. За статистичними даними Управління Державного агентства з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм у Дніпропетровській області у 2024 році в Дніпровському (Запорізькому) водосховищі було вилучено 357 236,1 тон риби родини корошових, що становить 52,08 % від загального вилову усіх видів їхтіофауни – 685 892,1 тон. Такі показники свідчать про домінування корошових риби у промислових уловах водосховища. Наступними в уловах були риби родини ялецевих – 35,17 %, ксеноципрових – 5,26 %, окуневих – 4,35 %.

У Кременчуцькому водосховищі обсяги вилову корошових риби становили 1 108 636 тонн, що на 210 % більше у порівнянні з Дніпровським водосховищем, на 659 % більше ніж у Канівському водосховищі (146 027 тонн), та на 1033 % більше ніж у Київському водосховищі (97 747 тонн).

Сазан. Одним із важливих і цінних ресурсних видів Дніпровського водосховища є сазан (короп). У Дніпровському водосховищі зустрічається переважно в мілководних, добре прогрітих ділянках із заростями вищої водної рослинності. Відзначається високою екологічною пластичністю, здатністю витримувати тимчасову гіпоксію, замулення дна, коливання температури та солоності. Вид займає важливу роль у рибогосподарському промислі – в заплавах частинах водосховищ сазан досягає товарної маси 1,5–3,0 кг, а окремі екземпляри – понад 5 кг.

Фактичні улови сазана у водосховищі з 2008 року по 2019 рік трималися на рівні 9–22 т. В 2021 році вилов сазана сягнув 20,7 т, що становить 55,9 % прогнозу його освоєння (рис. 3). Відносна частка сазана в уловах не перевищувала 2,02 % що обумовлено збільшенням вилову майже у 25 разів його прямого харчового конкурента – карася сріблястого (з 22,3 т у 2001 році до 566,6 т у 2021 році). У 2022 році обсяг промислового вилучення сазана із водосховища становив 1,7 т, що складало лише 3,5 % від

прогнозу 2022 року. У 2023 році вилов сазана сягнув 42,88 т, що становило 5,9 % від загального вилову риб у водосховищі та 44,67 % – від прогнозу вилову. У 2024 році вилов сазана сягнув 36,81 т, що становило 30,67 % від прогнозу вилову.

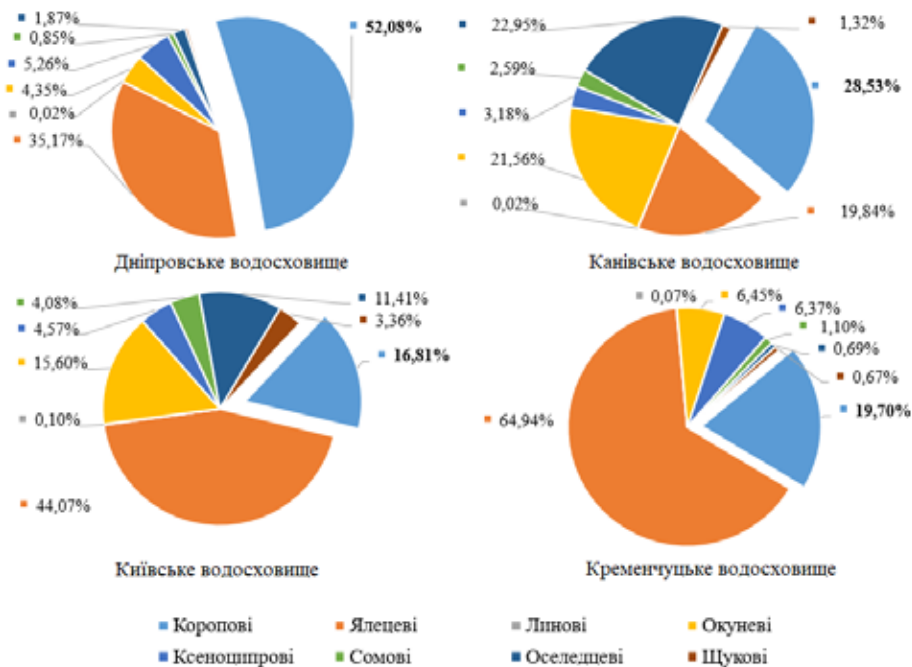


Рис. 2. Відсоткове співвідношення родин риб в промислових уловах каскаду водосховищ річки Дніпро в 2024 році, %

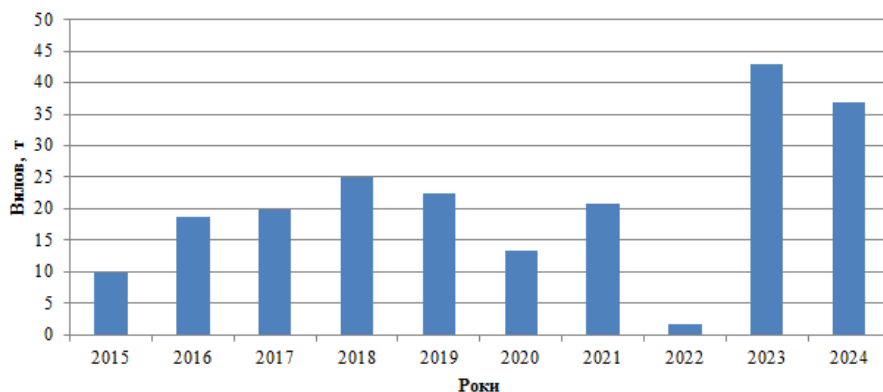


Рис. 3. Динаміка промислових уловів сазана у Дніпровському водосховищі за період 2015 – 2024 рр.

Улітку 2025 року віковий ряд сазана представлений 17 класами (3–19-річки). Частка старших вікових груп старше 10 років досягала 8,7 %, що вказує на наявність запасу старших вікових груп в популяції. В аналогічний період 2024 року віковий ряд сазана був представлений 18 класами (3–20-річки), частка старших вікових груп старше 10 років досягала 9,4 %. Під час літніх досліджень 2023 року віковий ряд сазана був представлений 17 класами (3–19-річки). Ядром промислової популяції були 6–9-річки (67,8 %). Варіаційний ряд мав вигляд несиметричної кривої з піком на особинах 8-річного віку та зміщенням варіаційного ряду вправо.

Аналіз показників природного поповнення популяції вказує на досить незначне поповнення сазана. Підтвердженням цьому є досить низькі показники чисельності молоді прибережних популяцій, які мають місце останні 5 років (2020 р. – 1,08 екз./100 м², 2021 р. – 2,43 екз./100 м²; 2022 р. – 1,58 екз./100 м², 2023 р. – 3,02 екз./100 м², 2024 р. – 2,26 екз./100 м²).

Середньостатистичні показники популяції становили: самці промислова довжина – $47,42 \pm 2,56$ см, маса – $2245,24 \pm 216,22$ г, самки відповідно $55,48 \pm 2,65$ см і $3210,17 \pm 245,14$ г.

Влітку 2025 року на 100 сіткодів контрольного порядку припадало 1326 кг (462 екз.). Влітку 2024 року на 100 сіткодів контрольного порядку припадало 1467 кг (502 екз.). Влітку 2023 року на 100 сіткодів контрольного порядку припадало 1346 кг (496 екз.). Основний улов контрольного порядку як за чисельністю (72,15 % від загальної), так і масою (82,14 %) забезпечували сітки з кроком вічка 75–100 мм.

Враховуючи коефіцієнт природної смертності (0,21) та коефіцієнт загальної смертності (0,40), запас сазана у Дніпровському водосховищі можна оцінити в 580 т. Прогноз допустимого вилову сазана у 2026 році складе 110 т.

Наявність старшевікових особин, маса яких перевищує 10 кг ускладнює вилов сазана ставними сітками кроком вічка до 120 мм, оскільки ці знаряддя лову не відловлюють крупних особин. З метою вилову старшевікових особин доцільно використовувати сітки з кроком вічка вище 120 мм та проводити селективний відлов особин крупновічковим неводом з кроком вічка 100 мм на окремих ділянках пониззя Дніпровського водосховища за наявності науково-біологічного обґрунтування.

Практика зариблення водосховища молоддю сазана дає позитивні результати, тому рекомендується продовжити практику щорічного зариблення Дніпровського водосховища коропом (сазаном) у відповідності до розроблених науково-біологічних обґрунтувань з метою освоєння існуючих резервів природної кормової бази і отримання рибної продукції.

Карась сріблястий. Широко поширений представник родини коропових, що займає провідне місце серед фонових видів іхтіофауни стоячих

та слабопроточних водойм України. У Дніпровському водосховищі вид є звичайним в складі іхтіоценозу, переважно у заплавлених ділянках, затоках, мілководдях з мулистим дном і густою водною рослинністю. Карась демонструє високу екологічну пластичність, здатний витримувати зниження вмісту кисню, різкі коливання температури та органічне забруднення, що дозволяє йому виживати у несприятливих умовах.

Найчисельніший промисловий вид Дніпровського водосховища. У 2024 році промисловий вилов карася сягнув 320,42 т (рис. 4), що становило 46,70 % всіх промислових уловів.

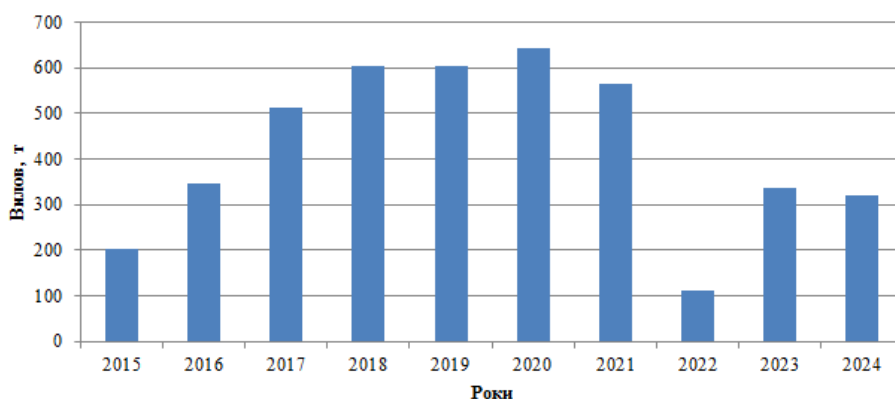


Рис. 4. Динаміка промислових уловів карася сріблястого у Дніпровському водосховищі за період 2015 – 2024 рр.

У 2023 році промисловий вилов карася сягнув 337,77 т, що становило 46,33 % всіх промислових уловів. У 2022 році промисловий вилов карася сягнув 113,168 т, що становило 80,50 % всіх промислових уловів, подібний показник також є наслідком заборони промислу у водосховищі. У 2021 році вилов сягнув 566,77 т. У 2020 році вилов карася сягнув максимальних значень – 642,29 т, що становить 55,06 % від загальних уловів по водосховищу. За останні 20 років промисловий вилов карася зріс майже у 30 разів.

Оскільки карась – це популярний об’єкт аматорського та спортивного рибальства, це дає підстави вважати, що фактичні обсяги вилучення карася з водосховища значно вищі. Отже, карась сріблястий залишається домінантним видом у промислових уловах Дніпровського водосховища. Він відіграє ключову роль у формуванні загального рибного ресурсу водойми.

Середні показники маси карася сріблястого у водосховищі складали $312,22 \pm 21,15$ г у самок та $275,29 \pm 24,65$ г у самців. У риб із Самарської затоки цей показник в середньому складав $278,24 \pm 17,42$ г у самок та $201,14 \pm 13,56$ г у самців. Встановлено, що у карася з Самарської затоки

коефіцієнти вгодованості були меншими, ніж у риб з нижньої ділянки водосховища.

Доведено, що карась сріблястий з Самарської затоки відстає за розмірно-ваговими показниками від карася сріблястого, вилученого з нижньої ділянки водосховища. Через значну чисельність та біомасу, яка утворилася в затоці, а також під впливом антропогенних чинників Самарської затоки особини даного виду характеризуються тугорослістю, порівняно з іншими ділянками водосховища, що потребує розробки спеціальних заходів щодо його промислового освоєння, а саме застосування дрібновічкових ставних сіток у місцях його масової локалізації.

Улітку 2025 року контрольні улови карася на 100 сіткодів складали 6634 екз. (2327,02 кг). Улітку 2024 року контрольні улови карася на 100 сіткодів складали 6722 екз. (2482,12 кг). Улітку 2023 року контрольні улови карася на 100 сіткодів складали 6689 екз. (2515,06 кг).

Поповнення популяції карася сріблястого у 2026 році буде здійснюватися, головним чином, за рахунок генерацій 2020–2022 років. У 2020 році чисельність цьоголіток карася в середньому по водосховищу сягнула 24,18 екз./100 м², у 2021 році – 22,15 екз./100 м², у 2022 році – 21,48 екз./100 м², – що вказує на гарний стан природного поповнення даного виду.

Враховуючи коефіцієнт природної (0,23) та загальної (0,38) смертності, величину поповнення, накопичення старших вікових груп, стан природного поповнення, промисловий запас карася сріблястого можна оцінити в 6400 т, а рекомендований вилов карася у 2026 році можна встановити на рівні 1600 т.

Враховуючи те, що карась – це вид-вселенець, а його біологічні показники в Дніпровському водосховищі мають задовільні параметри, можна зробити висновок, що популяція даного виду знаходиться в прогресуючому стані, що в свою чергу обумовлює необхідність подальшої інтенсифікації його промислового освоєння.

Висновки та перспективи подальшого розвитку. На основі аналізу біологічного стану, структури промислових уловів і природного поповнення *C. carpio* та *C. gibelio* у Дніпровському водосховищі можна сформулювати такі висновки:

1. Карась сріблястий залишається домінуючим видом у промислових уловах водосховища, складаючи 46,3–46,7 % щорічного вилову у 2023–2024 рр. Його чисельність та біомаса стабільно високі, а природне поповнення є інтенсивним. Промислові запаси карася у 2026 році оцінено на рівні 6400 т, а рекомендований вилов – 1600 т.

2. Сазан зберігає роль цінного, проте малочисельного промислового виду. Його частка в уловах становить менше 6 %, а природне поповнення популяції є недостатнім. За останні 5 років показники цьоголіток не перевищу-

вали 3 екз./100 м², що свідчить про низький рівень відтворення. Запас сазана у 2025 році оцінено в 580 т, прогноз допустимого вилову на 2026 рік – 110 т.

3. Промислова структура популяцій обох видів характеризується значною часткою старших вікових груп (особливо у сазана), що зумовлює необхідність селективного лову за допомогою відповідних знарядь для вилучення крупних екземплярів.

4. Популяція карася сріблястого в Самарській затоці характеризується тугорослістю, зменшеними коефіцієнтами вгодованості та нижчими лінійно-ваговими показниками, що є наслідком високої щільності популяції та антропогенного тиску. Це обґрунтовує доцільність впровадження спеціального промислового лову дрібновічковими ставними сітками в локалізованих зонах масового скупчення.

5. Практика штучного зариблення сазаном демонструє позитивні результати щодо стабілізації чисельності, однак не замінює необхідність відновлення або створення ефективних штучних нерестовищ, що є стратегічно важливим заходом для стійкого функціонування популяції.

Подальший розвиток наукових досліджень і промислового використання сазана та карася сріблястого має базуватись на поглибленні даних біологічного моніторингу популяцій водосховища, впровадженні біотехнологічних інновацій в систему природного і штучного відтворення видів та екосистемному підході до управління водними біоресурсами.

Подяки: немає.

Фінансування: немає.

Конфлікт інтересів: немає.

ASSESSMENT OF COMMERCIAL STOCKS AND FORECAST OF FISH CATCH OF THE CARP FAMILY (CYPRINIDAE) OF THE DNIPROVSKE RESERVOIR FOR 2026

*Marenkov O.M. – PhD in Ichthyology, Associate Professor
orcid.org/0000-0002-3456-2496*

*Nesterenko O.S – PhD in biology, Senior Researcher
orcid.org/0000-0002-7407-7911*

*Borovyk I.I. – PhD in biology
orcid.org/0000-0001-8106-1080*

*Kurchenko V.O. – PhD in biology
orcid.org/0000-0002-1199-3760*

*Shmahailo M.O. – PhD-student
orcid.org/0000-0002-0361-1232*

*Oles Honchar Dnipro National University
gidrobions@gmail.com, vanbor17@gmail.com*

The ichthyofauna of the Dnipro River reservoir cascade is represented by 24 species of fish, but the basis of the catch is only a few mass species: silver Prussian carp, roach, freshwater bream, white bream and common carp. Currently, there is a tendency to gradually increase the biodiversity of catches at the expense of secondary species, but their total share remains small (about 8–12% by mass). Modern studies note significant quantitative changes in the populations of silver Prussian carp and common carp, as key representatives of the Cyprinidae family in the Dnipro River reservoirs. In recent years, the reservoirs have come under tangible manifestations of climate change – an increase in average annual temperatures, a change in the precipitation regime. The state is faced with the need to develop measures to restore fish resources and assess long-term consequences for the entire cascade. The aim of this work was to conduct a comprehensive analysis of the dynamics of commercial fishing of common carp and silver Prussian carp in the Dniprovsk reservoir, to identify the main trends in the population status of these fish species and to outline scientifically substantiated ways of their commercial exploitation in 2026. It was established that the population of silver Prussian carp in the Samara Bay is characterized by stunted growth, reduced fattening coefficients and lower linear-weight indicators, which is a consequence of high population density and anthropogenic pressure. It is advisable to introduce special commercial fishing with small-mesh gillnets in localized areas of mass accumulation. The practice of artificial stocking with carp demonstrates positive results in terms of stabilizing the number, but does not replace the need to restore or create effective artificial spawning grounds, which is a strategically important measure for the sustainable functioning of the population. Further development of scientific research and industrial use of common carp and silver Prussian carp should be based on deepening the data of biological monitoring of reservoir populations, the introduction of biotechnological innovations into the system of natural and artificial reproduction of species, and an ecosystem approach to the management of aquatic bioresources.

Key words: reservoir bioproductivity, ichthyofauna, stocking, limits, aquatic bioresources.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бузевич І.Ю., Симон М.Ю. Структурні показники та динаміка промислових уловів риб дніпровських водосховищ. *Ribogospod. nauka Ukr.* 2023. 4(66), 17–34
2. Сондак В.В., Курганський С.В., Захарченко І.Л., Дроган Г.М., Коба С.А. Перспективи промислового використання сріблястого карася Київського водосховища. *Ribogospod. nauka Ukr.* 2023. 2(64), 42–60
3. Didenko A., Buzevych I., Gurbyk A. First records of ratan goby *Ponticola ratan* in the Kaniv Reservoir and Desna River (Ukraine): A discreet invader of rip-raps. *Journal of Great Lakes Research.* 2023. 49(4). <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2023.05.002>
4. Didenko O, Gurbyk O, Maksymenko M, Buzevych O, Khrystenko D, Buzevych I, Leuskii M, Kurganskii S, Gurbyk V, Velykopolskii I, Talabishka Y, Nazarov O. Records of fish and aquatic invertebrates made in Ukraine during 2008-2023 field studies. Version 1.3. Ukrainian Nature Conservation Group (NGO). 2023. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/7qjdr3>

5. Сайт Державного агентства розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм. URL: https://darg.gov.ua/_promislove_ribalstvo_0_229_menu_0_1.html (дата звернення 27.07.2025)
6. Федоненко О. В., Маренков О. М. *Промислове освоєння іхтіофауни Запорізького (Дніпровського) водосховища: Довідник*. Д.: ЛІРА, 2018. 152 с.
7. Маренков О. М., Нестеренко О. С., Боровик І. І., Шмагайло М. О., Гамолін А. В. Оцінка запасів і прогноз вилову ляща (*Abramis brama* Linnaeus, 1758), сазана (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), плітки (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758), карася сріблястого (*Carassius gibelio* Bloch, 1782) та судака (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) Запорізького (Дніпровського) водосховища на 2025 рік. *Рибогосподарська наука України*. 2024. 4(70), 41–67. <https://doi.org/10.61976/fsu2024.04.041>
8. Rudyk-Leuska, N. J., Buzevych, I. Y., Leusky, M. V., Kotovska, G. O., & Khrystenko, D. S. Structural indices of the Prussian carp (*Carassius gibelio* b.) population in the Kremenchuk reservoir. *Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*. 2022. 82(3), 44–51.
9. Арсан О.М., Давидов О.А., Дьяченко Т.М., Євтушенко М.Ю., Жукінський В.М., Кірпенко Н.І., Кіпніс Л.С., Кленус В.Г., Коновець І.М., Линник П.М., Ляшенко А.В., Олійник Г.М., Пашкова О.В., Протасов О.О., Силаєва А.А., Ситник Ю.М., Стойка Ю.О., Тімченко В.М., Шаповал Т.М., Шевченко П.Г., Щербак В.І., Юришинець В.І., Якушин В.М. *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод*: за ред. В. Д. Романенка. К. : Логос, 2006. 408 с.
10. Озінковська С.П., Єрко В.М., Коханова Г.Д., Тарасова О.М., Полторацька В.І. Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів з метою визначення лімітів промислового вилову риб з великих водосховищ і лиманів України. Київ. 1998. 47 с.
11. Хендель, Н. В. Регламентация проведення експериментів над тваринами: міжнародні та національні правові стандарти. *Український часопис міжнародного права, Спецвипуск: Міжнародно-правові стандарти поводження з тваринами та їх захисту і практика України*. 2013. 71–74.
12. Council Directive 2010/63/EU of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. Official Journal of the European Communities. 2010. L 276, 33–79.
13. Положення про Комітет з питань етики (біоетики). Нормативний документ Міністерства освіти, науки, молоді та спорту України. Наказ від 19.11.2012 № 1287: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1287736-12#Text>

REFERENCES

1. Buzevych, I. Yu., Symon, M. Yu. (2023). Strukturni pokaznyky ta dynamika promyslovykh uloviv ryb dniprovskykh vodoskhovyshch. [Structural indicators and dynamics of commercial fish catches in the Dnipro reservoirs]. *Ribogospodarska Nauka Ukrainy*, 4(66), 17–34. [in Ukrainian]
2. Sondak, V. V., Kurhanskyi, S. V., Zakharchenko, I. L., Drohan, H. M., & Koba, S. A. (2023). Perspektyvy promysloвого vykorystannia sribliastoho karasia Kyivskoho vodoskhovyshcha. [Prospects for the commercial use of Prussian carp in the Kyiv Reservoir]. *Ribogospodarska Nauka Ukrainy*, 2(64), 42–60. [in Ukrainian]
3. Didenko A., Buzevych I., Gurbyk A. (2023). First records of ratan goby Ponticola ratan in the Kaniv Reservoir and Desna River (Ukraine): A discreet invader of rip-raps. *Journal of Great Lakes Research*, 49(4). <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2023.05.002>
4. Didenko O, Gurbyk O, Maksymenko M, Buzevych O, Khrystenko D, Buzevych I, Leuskii M, Kurganskii S, Gurbyk V, Velykopolskii I, Talabishka Y, Nazarov O (2023). Records of fish and aquatic invertebrates made in Ukraine during 2008–2023 field studies. Version 1.3. Ukrainian Nature Conservation Group (NGO). Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/7qjdr3>
5. Derzhavne ahenstvo rozvytku melioratsii, rybnoho hospodarstva ta prodovolchyykh prohram [State Agency for the Development of Land Reclamation, Fisheries and Food Programs]. URL: https://darg.gov.ua/_promislove_ribalystvo_0_229_menu_0_1.html (data zvernennia 27.07.2025) [in Ukrainian]
6. Fedonenko, O. V., Marenkov, O. M. (2018). Promyslove osvoiennia ikhtiofauny Zaporizkoho (Dniprovskoho) vodoskhovyshcha: Dovidnyk. [Commercial exploitation of ichthyofauna of the Zaporizke (Dniprovsk) Reservoir: A reference book]. 152 s., LIRA. [in Ukrainian]
7. Marenkov, O. M., Nesterenko, O. S., Borovyk, I. I., Shmahailo, M. O., & Hamolin, A. V. (2024). Otsinka zapasiv i prohnoz vylovu liashcha (Abramis brama), sazana (*Cyprinus carpio*), plitky (*Rutilus rutilus*), karasia sribliastoho (*Carassius gibelio*) ta sudaka (*Sander lucioperca*) Zaporizkoho (Dniprovskoho) vodoskhovyshcha na 2025 rik [Stock assessment and catch forecast of bream (*Abramis brama*), common carp (*Cyprinus carpio*), roach (*Rutilus rutilus*), Prussian carp (*Carassius gibelio*) and pike-perch (*Sander lucioperca*) in the Zaporizke (Dniprovsk) Reservoir for 2025.]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 4(70), 41–67. <https://doi.org/10.61976/fsu2024.04.041> [in Ukrainian]
8. Rudyk-Leuska, N. J., Buzevych, I. Y., Leusky, M. V., Kotovska, G. O., & Khrystenko, D. S. (2022). Structural indices of the Prussian carp (*Carassius*

- gibelio* B.) population in the Kremenchuk Reservoir. *Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*, 82(3), 44–51.
9. Arsan O.M., Davydov O.A., Diachenko T.M., Yevtushenko M.Iu., Zhukynskyi V.M., Kirpenko N.I., Kipnis L.S., Klenus V.H., Konovets I.M., Lynnyk P.M., Liashenko A.V., Oliinyk H.M., Pashkova O.V., Protasov O.O., Sylaiava A.A., Sytnyk Yu.M., Stoika Yu.O., Timchenko V.M., Shapoval T.M., Shevchenko P.H., Shcherbak V.I., Yuryshynets V.I., Yakushyn V.M. (2006). *Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnevyykh vod* [Methods of hydroecological research of surface waters]: za red. V. D. Romanenka. K. : Lohos, 408 s. [in Ukrainian]
 10. Ozinkovska S.P., Yerko V.M., Kokhanova H.D., Tarasova O.M., Poltoratska V.I. (1998). *Metodyka zboru i obrobky ikhtiologichnykh i hidrobiologichnykh materialiv z metoiu vyznachennia limitiv promyslovoho vyluchennia ryb z velykykh vodoskhovyshch i lymaniv Ukrainy*. [Methods of collection and processing of ichthyological and hydrobiological materials for determining limits of commercial fish extraction from large reservoirs and estuaries of Ukraine] Kyiv, 47 s. [in Ukrainian]
 11. Khendel N.V. (2013). *Rehlamentatsia provedennia eksperymentiv nad tvarynamy: mizhnarodni ta natsionalni pravovi standarty*. [Regulation of animal experimentation: International and national legal standards]. *Ukrainian Journal of International Law*, 71–76. [in Ukrainian]
 12. Council Directive 2010/63/EU of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. Official Journal of the European Communities. 2010. L 276, 33–79.
 13. Regulations on the Ethics Committee (Bioethics) (2012), normative document of the Ministry of Education and Science, Youth and Sport of Ukraine, Order No. 1287 dated 19.11.2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1287736-12#Text>) [in Ukrainian]

Дата першого надходження рукопису до видання: 27.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

ГІДРОЕКОЛОГІЯ

УДК 574.63:543.064:547.495

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.14>

МОНІТОРИНГ ХЛОРОРАНІЧНИХ СПОЛУК У ВОДНИХ БІОЛОГІЧНИХ РЕСУРСАХ РІЧКИ СЕЙМ ЯК ОСНОВА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ

¹Іщук О.В. – к. с.-г. н., доцент,
orcid.org/0000-0002-8993-8366

²Бордюг Н.С. – доктор педагогічних наук, професор
orcid.org/0000-0002-3489-4669

¹Житомирський державний університет імені Івана Франка

²Херсонський державний аграрно-економічний університет

Ischuk_o@ukr.net, natali-21@ukr.net

Забезпечення продовольчої безпеки та якості харчових продуктів є пріоритетним завданням сучасності. Риба та інші водні біологічні ресурси здатні акумулювати у своїх тканинах небезпечні забруднювачі, зокрема стійкі хлорорганічні сполуки (ХОС), такі як пестициди (ДДТ, ГХЦГ, гептахлор) та поліхлоровані біфеніли. Ці речовини мають високу токсичність, здатність до біоаккумуляції в харчових ланцюгах та виявляють канцерогенні й мутагенні властивості, що становить серйозну загрозу для здоров'я людей. Масштабне транскордонне забруднення річки Сейм у серпні 2024 року, що призвело до масової загибелі біоресурсів, підсилило необхідність об'єктивної оцінки безпеки рибної продукції.

Метою дослідження був моніторинг вмісту хлорорганічних пестицидів у тканинах промислових видів гідробіонтів річки Сейм (щука, краснопінка, бички, річковий рак) для оцінки ризиків їх споживання. Дослідження проводили у вересні 2024 року. Вміст хлорорганічних пестицидів визначали методом газорідинної хроматографії.

Результати показали, що у всіх досліджених зразках присутні залишкові кількості ХОС. Найбільш забрудненими виявилися зразки краснопінки, сумарна концентрація ДДТ та ГХЦГ у яких становила 0,0615 мг/кг. У цьому виді також виявлено заборонений високотоксичний гептахлор (0,0085 мг/кг). У всіх аналізованих гідробіонтах зафіксовано значні концентрації ДДТ та його метаболітів (ДДД, ДДЕ), що свідчить про тривале і стійке забруднення річки цими сполуками. Виявлена закономірність підтверджує здатність ХОС до біоаккумуляції в харчовому ланцюгу.

Отримані дані підтверджують наявність загрози забруднення рибної продукції з р. Сейм небезпечними хлорорганічними сполуками. Результати дослідження є науковою основою для розробки заходів з мінімізації ризиків для здоров'я населення, включаючи рекомендації щодо безпечного споживання риби та розроблення програми постійного моніторингу.

Ключові слова: річка Сейм, водні біоресурси, моніторинг, хлорорганічні сполуки, біоаккумуляція, екологічна безпека.

Постановка проблеми. Забезпечення продовольчої безпеки та якості харчових продуктів є одним із пріоритетних завдань сучасності [3]. Відомо, що водні біологічні ресурси наділені здатністю до акумуляції різноманітних забруднювачів [1], у тому числі хлорорганічних сполук (ХОС) [2, 4, 7]. Ці сполуки мають високу стійкість до розкладання, здатність до біоаккумуляції по харчовому ланцюгу та виявляють канцерогенні, мутагенні та тератогенні властивості, що становить серйозну загрозу для здоров'я людей. У серпні 2024 року відбулося масштабне транскордонне забруднення річки Сейм, Існує підозра, що забруднення могло статися внаслідок скидання невідомих речовин у річку з території Росії. За офіційними даними, унаслідок забруднення річок Сейм і Десна загинуло понад 36 тисяч тон біоресурсів [3]. З огляду на це, виникла необхідність оцінки рівнів накопичення хлорорганічних сполук у різних видах риб річки Сейм для обґрунтування їх безпеки та розробки заходів щодо мінімізації ризиків споживання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема забруднення водних екосистем стійкими органічними забруднювачами, зокрема хлорорганічними сполуками (ХОС), залишається актуальною у всьому світі [1, 2, 4, 7]. Річка Сейм, як важлива водна артерія України, потребує особливої уваги через значне антропогенне навантаження на її басейн. Аналіз останніх наукових досліджень показує, що хоча прямих досліджень гідробіонтів р. Сейм на вміст ХОС майже не проводилося, існують численні роботи, що опосередковано підтверджують актуальність та необхідність такого моніторингу [1, 3]. Зокрема, питання моніторингу хлорорганічних пестицидів в організмах гідробіонтів висвітлені в працях Аврошко Є.М., Торяник В.М., Т. О. Берсан, Ю.М. Ситник, Колесник Н.Л. та Розум Є.Ю [1, 2, 4, 7]. Аналіз результатів їхніх досліджень показав, що найвищі концентрації ХОС фіксуються в жирових тканинах, печінці та ікрі, а рівень накопичення корелює з трофічним рівнем виду (хижаки накопичують більше). Узагальнюючі їхні дані можна зробити висновок, що хлорорганічні пестициди і поліхлоровані біфеніли мають токсичну дію на водні організми при значно нижчих концентраціях, ніж інші забруднювачі. Для багатьох хлорорганічних пестицидів, таких як ДДТ, ГХЦГ та інших, їх присутність у водоймах рибогосподарського призначення взагалі не допускається через високу стійкість і здатність до біоаккумуляції [7].

Необхідно відмітити, що більшість публікацій мають фрагментарний характер і здебільшого стосуються вмісту в гідробіонтах важких металів. Таким чином, необхідність проведення власного дослідження безпеки рибної продукції р. Сейм обумовлена наявністю загрози та відсутністю конкретних даних для даного об'єкта, що унеможливорює об'єктивну оцінку ризиків та прийняття управлінських рішень.

Метою нашої роботи було провести моніторинг вмісту основних хлорорганічних сполук (пестицидів та поліхлорованих біфенілів) у тканинах різних видів риб, що мають найбільше промислове значення у річці Сейм, та оцінити безпеку рибної продукції на їх основі.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження були водні біологічні ресурси річки Сейм, а саме щука, краснопірка, бички та річковий рак. Сукупність цих видів дозволяє дослідити процес біоаккумуляції хлорорганічних сполук на різних рівнях харчового ланцюга:

Збір та обробку іхтіологічного матеріалу проводили із використанням загальноприйнятих класичних методик [5, 6]. Визначення хлорорганічних пестицидів та поліхлорованих біфенілів проводили методом газорідинної хроматографії за ДСТУ 4514:2006. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=84329

Статистичні розрахунки проводили з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel 2021.

Результати досліджень та їх обговорення. Хлорорганічні пестициди та поліхлоровані біфеніли мають значну токсичність для водних організмів навіть за низьких концентрацій, що підтверджується дослідженнями Колесника Н. Л., Розум Є. Ю. [4, 7]. Для багатьох хлорорганічних пестицидів, таких як ДДТ, ГХЦГ та гептахлор, їхня присутність у водоймах рибогосподарського призначення повністю заборонена через високу стійкість, здатність до біоаккумуляції та віддалених токсикологічних наслідків [4].

Вміст ХОС у відібраних зразках риби визначали у вересні 2024 р. Проведеними хіміко-токсикологічними дослідженнями зразків щуки встановлено, що концентрація ХОП (хлорорганічних пестицидів) в організмі риби в досліджуваній період коливалася від 0,0083 до 0,0094 мг/кг. Найвища концентрація хлорорганічних пестицидів була зафіксована для гептахлору (0,0094 мг/кг), також високі концентрації виявлені для ДДТ (0,0088 мг/кг). Гептахлор не виявлено в організмі щуки. Вміст у рибі ДДТ та його метаболітів (ДДД і ДДЕ) свідчить про тривале забруднення води річки Сейм, оскільки ДДТ є стійким пестицидом. Варто враховувати, що щука накопичує хлорорганічні пестициди (ХОП) через поїдання дрібнішої риби, що може призводити до збільшення їх концентрації в харчовому ланцюгу (Рис. 1).

Отримані дані щодо біоаккумуляції хлорорганічних пестицидів у щуки узгоджуються загальними закономірностями, викладеним у працях Колесник Н.Л. [4]. Цю закономірність підтверджують і результати дослідження Bordajandi et al. (2003) [8], які зафіксували підвищені концентрації стійких органічних забруднювачів саме в хижих видів риб, таких як європейський вугор та форель.

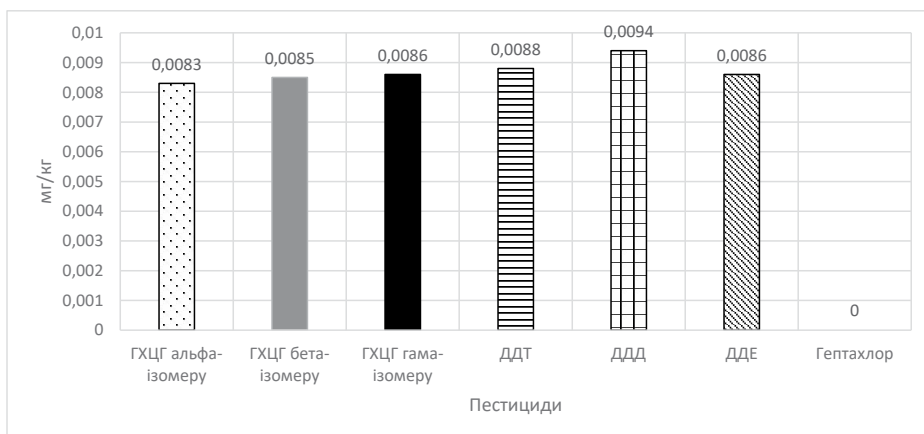


Рис. 1. Концентрація ХОП у зразках щуки, мг/кг сирої маси (р. Сейм, вересень 2024 р.)

Концентрація ХОП в зразках краснопірки, в досліджуваний період, знаходилася в межах 0,0083-0,0094 мг/кг. Максимальні концентрації виявлені для ГХЦГ бета-ізомеру (0,0093 мг/кг) та ДДД (0,0094 мг/кг). ДДД (дихлордифенілетилен) є продуктом розпаду ДДТ – інсектициду, який раніше широко використовували. Необхідно відмітити, що порівняно зі зразками щуки, у зразках краснопірки було виявлено гептахлор у концентрації 0,0085 мг/кг. Гептахлор через високу свою токсичність та стійкість у навколишньому середовищі заборонений для використання в багатьох країнах світу (Рис. 2).

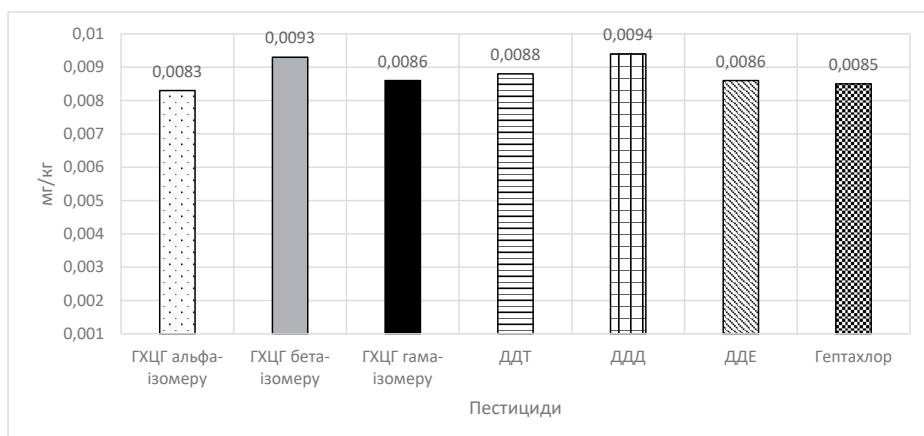


Рис. 2. Концентрація ХОП у зразках краснопірки, мг/кг сирої маси (р. Сейм, вересень 2024 р.)

Виявлення забороненого гептахлору в зразках краснопірки (0,0085 мг/кг) вказує на наявність локального джерела забруднення. Цей результат узгоджується з даними Розум Є.Ю. [7] щодо токсичності даної сполуки для риб. На відміну від наших результатів, сучасні дослідження, як-от робота Siyu Yao et al. (2022) [10] на азійських річках, фіксують вкрай рідкісні випадки виявлення гептахлору, що підтверджує гіпотезу про його надходження в р. Сейм із нелегального використання або внаслідок деградації старих сховищ пестицидів.

Вміст хлорорганічних пестицидів в зразках бичків варіював в межах від 0,0083 до 0,0094 мг/кг сирої маси. Найбільш високі концентрації відмічалися для ДДТ та ДДД, відповідно 0,0088 мг/кг та 0,0094 мг/кг (Рис. 3). Тобто зберігається така ж сама тенденція до більшого накопичення цих сполук, як щукою, так і краснопіркою. Необхідно відмітити, що бички, як риби з низькою міграційною активністю, можуть слугувати біомаркером екологічного стану середовища існування.

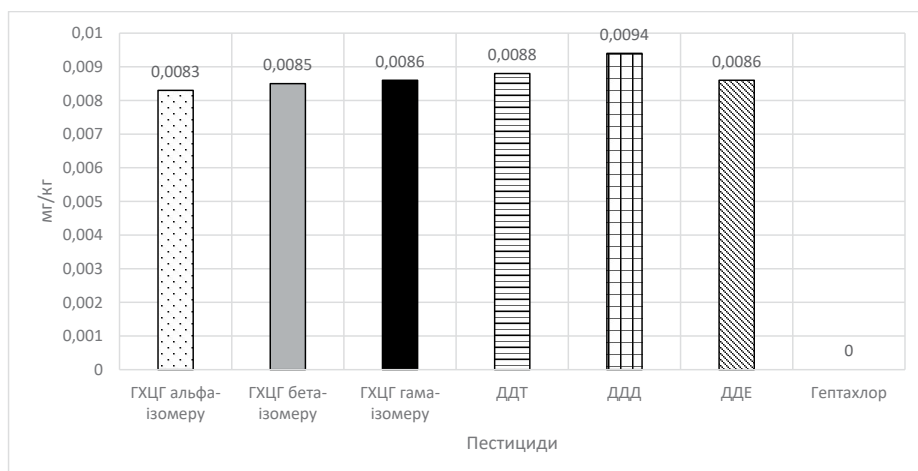


Рис. 3. Концентрація ХОП у зразках бичків, мг/кг сирої маси (р. Сейм, вересень 2024 р.)

Отримані дані підтверджують придатність осілих донних видів риб, зокрема бичків, для біомоніторингу стану водних екосистем. Це положення знаходить підтвердження в дослідженнях Juan C. Colombo et al. (2000) [11], які ідентифікували донні види риб як інтегральні показники забруднення, використовуючи їх для оцінки накопичення хлорорганічних пестицидів у гирлі річки в Південній Америці.

Як і більшість водних організмів, раки також мажуть накопичувати токсичні речовини, зокрема раки можуть поглинати хімічні сполуки через

зйбра під час дихання, через їжу. Результати наших досліджень показали, що найвищий вміст пестицидів у зразках рака річкового спостерігається для ДДД (0,0094 мг/кг). Вміст ГХЦГ (альфа, бета, гама ізомери), ДДТ та ДДЕ приблизно на одному рівні, в межах від 0,0083 мг/кг до 0,0088 мг/кг. Гептахлор не виявлений (Рис. 4).

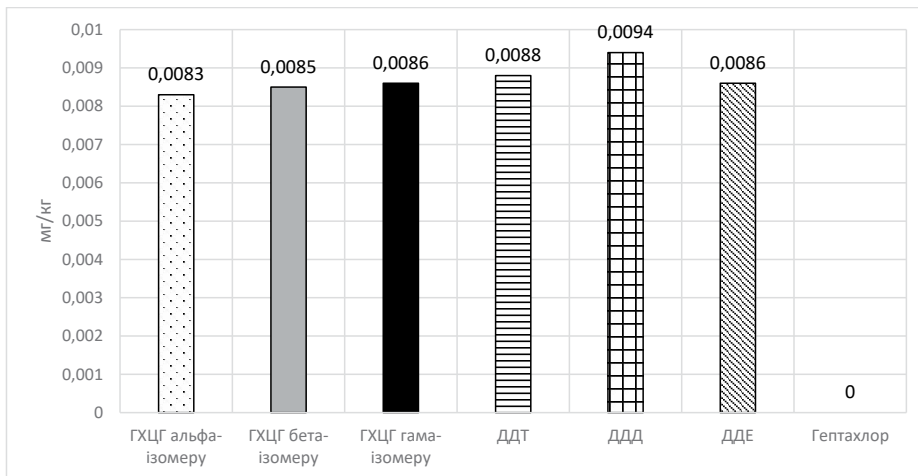


Рис. 4. Концентрація ХОП у зразках річкового рака, мг/кг сирій маси (р. Сейм, вересень 2024 р.)

Отже, аналіз даних лабораторних досліджень зразків гідробіонтів показав, що найбільша концентрація у всіх водних організмах відмічалася для ДДТ та його метаболітів – 0,0268 мг/кг. Більша концентрація ГХЦГ була виявлена в зразках краснопірки – 0,0262 мг/кг, окрім того в даних зразках виявлено гептахлор в концентрації 0,0085 мг/кг. Отримані дані щодо домінування ДДТ та його метаболітів узгоджуються з результатами, отриманими для риб із зони Полісся [2], а також із висновками досліджень Sonia Romero-Romero et al. (2017) [9], що свідчить про типовість цього явища як наслідку інтенсивного застосування пестициду в минулому. Однак підвищені концентрації, виявлені в р. Сейм, можуть вказувати на наявність додаткових джерел надходження. Однією з можливих причин є транскордонне перенесення забруднювачів, що призводить до їхнього сучасного надходження в екосистему річки.

Найбільш забрудненими токсичними сполуками (ДДТ та ГХЦГ) виявилися зразки краснопірки. Сумарна концентрація цих речовин становила 0,0615 мг/кг, проти 0,0522 мг/кг в інших видах гідробіонтів (щука, бичок, рак річковий). Це може свідчити про забруднення водного середовища цими речовинами впродовж тривалого часу (Рис. 5).

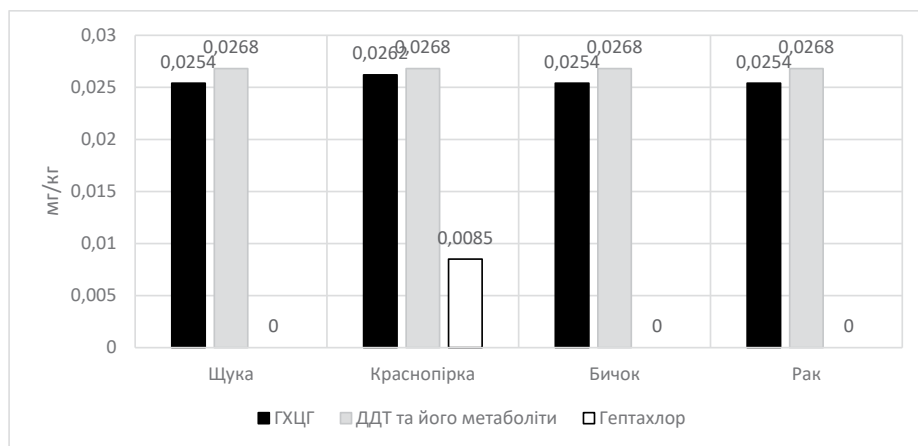


Рис. 5. Концентрація ХОС у зразках гідробіонтів

Висновки. Аналіз даних лабораторних досліджень зразків гідробіонтів показав, що найбільша концентрація у всіх водних організмах відмічалася для ДДТ та його метаболітів – 0,0268 мг/кг. Більша концентрація ГХЦГ була виявлена в зразках краснопірки – 0,0262 мг/кг, окрім того в даних зразках виявлено гептахлор в концентрації 0,0085 мг/кг. Таким чином, найбільш забрудненими токсичними сполуками (ДДТ та ГХЦГ) виявилися зразки краснопірки. Сумарна концентрація цих речовин становила 0,0615 мг/кг, проти 0,0522 мг/кг в інших видах гідробіонтів (щука, бичок, рак річковий). Це може свідчити про забруднення водного середовища цими речовинами впродовж тривалого часу.

Подяки: немає.

Фінансування: немає.

Конфлікт інтересів: немає.

MONITORING OF CHLORORANIC COMPOUNDS IN THE AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES OF THE SEIM RIVER AS THE BASIS FOR THE ECOLOGICAL SAFETY OF FISH PRODUCTS

¹*Ishchuk O.V. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
orcid.org/0000-0002-8993-8366*

²*Bordiug N.S. – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor
orcid.org/0000-0002-3489-4669*

¹*Zhytomyr Ivan Franko State University*

²*Kherson State Agrarian and Economic University
Ischuk_o@ukr.net, natali-21@ukr.net*

Ensuring food security and food quality is a priority task of our time. Fish and other aquatic biological resources can accumulate dangerous pollutants in their tissues, including persistent organochlorine compounds (POCs) such as pesticides (DDT, HCH, heptachlor) and polychlorinated biphenyls. These substances are highly toxic, capable of bioaccumulation in food chains, and exhibit carcinogenic and mutagenic properties, posing a serious threat to human health. The large-scale transboundary pollution of the Seim River in August 2024, which led to the mass death of biological resources, reinforced the need for an objective assessment of the safety of fish products.

The aim of the study was to monitor the content of organochlorine pesticides in the tissues of industrial species of hydrobionts of the Seim River (pike, rudd, gobies, crayfish) to assess the risks of their consumption. The study was conducted in September 2024. The content of organochlorine pesticides was determined by gas-liquid chromatography.

The results showed that all samples tested contained residual amounts of organic chlorine compounds. The most contaminated samples were those of redfin, with a total concentration of DDT and HCH of 0.0615 mg/kg. This species also contained the banned highly toxic heptachlor (0.0085 mg/kg). Significant concentrations of DDT and its metabolites (DDD, DDE) were found in all analyzed hydrobionts, indicating long-term and persistent contamination of the river with these compounds. The pattern found confirms the ability of POPs to bioaccumulate in the food chain.

The data obtained confirm the threat of contamination of fish products from the Seim River with hazardous organochlorine compounds. The results of the study provide a scientific basis for developing measures to minimize risks to public health, including recommendations for safe fish consumption and the development of a continuous monitoring program.

Key words: Seim River, aquatic biological resources, monitoring, organochlorine compounds, bioaccumulation, environmental safety.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аврошко Є.М., Торяник В.М. Динаміка хімічного споживання кисню у поверхневих водах річки Сейм в період її транскордонного забруднення у серпні-вересні 2024 року. *Актуальні проблеми дослідження довкілля : матеріали XI Міжнародної наукової конференції* (Суми, 22-23 травня 2025 р.). Суми: Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, 2025. С. 144-146.
2. Берсан Т. О., Ситник Ю. М. Вміст хлорорганічних пестицидів у деяких видах риб зони Полісся України: сучасний стан проблеми. *Біорізнноманіття та роль тварин в екосистемах: матеріали VII Міжнародної наукової конференції*. Дніпропетровськ: Адверта, 2013. С. 78-81.
3. Державна комісія ТЕБ та НС визначила комплекс заходів для локалізації та ліквідації наслідків забруднення річок Сейм та Десна. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/derzhavna-komisiya-teb-ta-nsvyznachyla-kompleks-zahodiv-dlya-lokalizatsiyi-ta-likvidatsiyi-naslidkiv-zabrudnennya-richoksejm-ta-desna/> (дата звернення: 24.10.2025)

4. Колесник Н. Л. Токсичний вплив пестицидів на біоту прісних водойм України (огляд). Рибогосподарська наука України. 2015. № 4. С. 31-53.
5. Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів з метою визначення лімітів промислового вилову риб з великих водосховищ і лиманів України / С. П. Озінковська, В. М. Єрко, Г. Д. Коханова, О. М. Тарасова, В. І. Полторацька. К., 1998. 47 с.
6. Мовчан Ю. В. Риби України: визначник-довідник Київ: Золоті ворота, 2011. 443 с.
7. Розум Є. Ю. Ознаки отруєння риб хлорорганічними пестицидами. *Аграрний вісник Причорномор'я. Ветеринарні науки*. Одеса, 2004. Вип. 25. С. 46-50.
8. Bordajandi L.R. Study on PCBs, PCDD/Fs, organochlorine pesticides, heavy metals and arsenic content in freshwater fish species from the River Turia (Spain) / Bordajandi L.R., Gómez G., Fernández M.A., Abad E., Rivera J., González M.J. // *Chemosphere*. Vol. 53. Issue 2. October 2003. P. 163-171 [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(03\)00417-X](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(03)00417-X)
9. Sonia Romero-Romero Biomagnification of persistent organic pollutants in a deep-sea, temperate food web / Sonia Romero-Romero, Laura Herrero, Mario Fernández, Belén Gómara, José Luis Acuña // *Science of The Total Environment*. Vol. 605–606. 15 December 2017. P. 589-597. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.148>
10. Siyu Yao Distribution and Health Risk Assessment of Organochlorine Pesticides in Agricultural Soils from the Pearl River Delta of China / Siyu Yao, Jiahui Huang, Haijun Zhou, Cuiting Cao, Tao Ai, Huanhuan Xing and Jianteng Sun Levels // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022. № 19(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph192013171>
11. Juan C. Colombo Detritivorous fish contamination in the Rio de la Plata estuary: A critical accumulation pathway in the cycle of anthropogenic compounds / Juan C. Colombo, Claudio Bilos, Mauricio Remes Lenicov, Dario Colautti, Patricia Landoni, and Charles Brochu // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. June 2000. 57(6). P. 1139-1150.

REFERENCES

1. Avroshko Ye.M., Torianyk V.M. (2025) Dynamika khimichnoho spozhyvannia kysniu u poverkhnevyykh vodakh richky Seim v period yii transkordonnoho zabrudnennia u serpni-veresni 2024 roku [Dynamics of chemical oxygen demand in the surface waters of the Seim River during its transboundary pollution in August-September 2024]. *Aktualni problemy doslidzhennia dovkillia : materialy XI Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii (Sumy, 22-23 travnia 2025 r.)*, Sumy: Sumskyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet imeni A. S. Makarenka, pp. 144-146. [in Ukrainian].

2. Bersan T. O., Sytnyk Yu. M. (2013) Vmist khlororhanichnykh pestytsydiv u deiaknykh vyдах ryb zony Polissia Ukrainy: suchasnyi stan problemy [The content of organochlorine pesticides in some fish species of the Polissya region of Ukraine: the current state of the problem]. *Bioriznomanittia ta rol tvaryn v ekosystemakh: materialy VII Mizhnarodnoi naukovoї konferentsii*. Dnipropetrovsk: Adverta, pp/ 78-81. [in Ukrainian].
3. Derzhavna komisiia TEB ta NS vyznachyla kompleks zakhodiv dlia lokalizatsii ta likvidatsii naslidkiv zabrudnennia richok Seim ta Desna. Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy [The State Commission for Technological and Environmental Safety and Emergencies has defined a set of measures to localize and eliminate the consequences of pollution of the Seim and Desna rivers. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine]. URL: <https://mepr.gov.ua/derzhavna-komisiya-teb-ta-nsvyznachyla-kompleks-zahodiv-dlya-lokalizatsiyi-ta-likvidatsiyi-naslidkiv-zabrudnennya-richoksejm-ta-desna/> (data zvernennia 24.10.2025).
4. Kolesnyk N. L. (2015) Toksychnyi vplyv pestytsydiv na biotu prisnykh vodoim Ukrainy (ohliad) [The toxic impact of pesticides on the biota of freshwater bodies in Ukraine (review)]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, no. 4, pp. 31-53. [in Ukrainian].
5. S.P.Ozinkovska, V.M.Yerko, H.D.Kokhanova, O.M.Tarasova, V.I.Poltoratska (1998). *Metodyka zboru i obrobky ikhtiologichnykh i hidrobiologichnym materialiv z metoiu vyznachennia limitiv promyslovoho vyluchennia ryb z velykykh vodoshkovyshch i lymaniv Ukrainy* [Methods of collecting and processing ichthyological and hydrobiological materials for the purpose of determining the limits of industrial extraction of fish from large reservoirs and estuaries of Ukraine]. Kyiv. [in Ukrainian].
6. Movchan Yu.V. (2011). *Ryby Ukrainy* [Fish of Ukraine]. Kyiv: Zoloti vorota. [in Ukrainian].
7. Rozum Ye. Yu. (2004) Oznaky otruiennia ryb khlororhanichnymy pestytsydamy [Signs of fish poisoning with organochlorine pesticides]. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria. Vetrynarni nauky*. Odesa, vol. 25, pp. 46-50. [in Ukrainian].
8. Bordajandi L., Gómez G., R., Fernández M.A et. al. (2003) Study on PCBs, PCDD/Fs, organochlorine pesticides, heavy metals and arsenic content in freshwater fish species from the River Turia (Spain). *Chemosphere*. Vol. 53. Issue 2. P. 163-171
9. Sonia Romero-Romero, Laura Herrero, Mario Fernández et. al. (2017) Biomagnification of persistent organic pollutants in a deep-sea, temperate food web. *Science of The Total Environment*. Vol. 605–606. P. 589-597. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.148>

10. Siyu Yao, Jiahui Huang, Haijun Zhou et. al. (2022) Distribution and Health Risk Assessment of Organochlorine Pesticides in Agricultural Soils from the Pearl River Delta of China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. № 19(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph192013171>
11. Juan C., Claudio Bilos, Mauricio Remes Colombo et. al. (2000) Detritivorous fish contamination in the Rio de la Plata estuary: A critical accumulation pathway in the cycle of anthropogenic compounds. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 57(6). P. 1139-1150.

Дата першого надходження рукопису до видання: 22.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

УДК 504.4.054

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.2.15>

ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ ВОД ВОДОСХОВИЩА ЯЛПУГ У М. БОЛГРАД ДЛЯ РІЗНИХ ВИДІВ ВОДОКОРИСТУВАННЯ

Романчук М.Є. – к. геогр. н., доцент,
orcid.org/0000-0002-1741-7262

Тишкевич М. І. – студентка II курсу магістратури
orcid.org/0009-0007-0543-5424

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
tmromanchuk67@gmail.com, fgvfhbujn@gmail.com

Водосховище Ялпуг є складовою системи Придунайських озер і використовується для іригаційних, питних, рибогосподарських потреб тощо. До 60–70-х років воно мало статус озера та підтримувало природний водообмін з озером Кугурлуй. Після спорудження у 70-х роках дамб і шлюзових споруд усі Придунайські озера були перетворені на наливні водосховища з регульованим гідрологічним режимом. Нині водосховище Ялпуг–Кугурлуй поповнюється водними ресурсами річки Дунай через канали «105-й кілометр», Репіда та Скунда.

Нами було проведено оцінку якості вод водосховища Ялпуг в районі м.Болград, яке знаходиться на півдні Одеської області, за 2020–2023 роки для іригаційних, питних та рибогосподарських цілей.

Для визначення придатності води для зрошення були використані: класифікація С.Я. Бездніної (1984), за якою аналізувалося відсоткове співвідношення іонів натрію до суми катіонів у порівнянні з мінералізацією; методика Келлі і Лібіха, по якій розраховувалось співвідношення натрію до суми кальцію та магнію, а також магнію до суми кальцію та магнію; методика А.М. Можейка і Т.К. Воротника – характеризує співвідношення суми натрію та калію до суми кальцію, магнію, натрію та калію у порівнянні з коефіцієнтом K ; методика «Відсоток розчинного натрію» (SSP), яка визначає співвідношення натрію та калію до сумарної концентрації катіонів; методика адсорбційного співвідношення (SAR), яка базується на співвідношенні іонів Na^+ до іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} .

Встановлено, що вода водосховища по всім методикам, окрім SAR відповідає нормам лише у 2022 році, тоді як в інші роки для покращення якості вона потребує розбавлення прісною водою та застосування інших методів попередньої обробки. За показником SAR вода Ялпуга має низький ризик осолонцювання ґрунтів протягом усього періоду дослідження.

Оцінку якості вод для господарсько-питних потреб здійснювали відповідно до вимог ДСТУ 4808:2007 на основі середніх та найгірших показників. За методикою джерела централізованого питного водопостачання оцінюються за 80 показниками, згрупованими у сім груп. У даному дослідженні розглянуто 15 показників із двох груп, тому оцінка якості вод в м.Болград являється орієнтовною: II група – загально-санітарні показники хімічного складу води: сухий залишок (мінералізація), сульфати, хлориди, магній, твердість загальна, водневий показник (pH), азот

амонійний, азот нітритний, азот нітратний, окисність біохроматна (*ХСК*), розчинений кисень, біохімічне споживання кисню за п'ять діб (*БСК₅*); VII група – токсикологічні показники хімічного складу води: залізо загальне, нафтопродукти (*НП*), синтетичні поверхнево-активні речовини (*СПАР*).

У середньому за період 2020-2023 рр. визначено, що у водосховищі Ялпуг за середніми значеннями якості води «добра», чиста з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості. За найгіршими показниками якості води у водосховищі характеризується як «задовільна», слабо забруднена вода з ухилом до класу «доброї», чистої. Оцінка води за показником фізіологічної повноцінності (СанПіН 2.2.4-171-10) показала, що найбільші перевищення діапазону нормативних значень спостерігаються за вмістом натрію та сухого залишку.

Для оцінки води водосховища, призначеної для рибогосподарських потреб, у роботі використано методику порівняння фактичних даних із нормативними значеннями, згрупованими за лімітуючою ознакою шкідливості (*ЛОШ*) – санітарно-гігієнічною, токсикологічною та рибогосподарською.

Було з'ясовано, що за весь період спостережень максимальне перевищення показників токсикологічної групи *ЛОШ* спостерігалось у 2020 році – у 4,13 разів, а санітарно-токсикологічної групи *ЛОШ* – у 2021 році – у 8,48 разів. Через обмеженість даних рибогосподарську *ЛОШ* було визначено лише за показником нафтопродуктів, який знаходиться в межах нормативу.

Ключові слова: іригація, питна вода, рибогосподарські потреби, органолептичні показники, токсичні речовини, загально-санітарні показники.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Вода водосховища Ялпуг є важливим ресурсом і використовується для різних потреб, як у м. Болград, так і прилеглих населених пунктах. Вона відіграє ключову роль у забезпеченні міста Болград питною водою, виступаючи основним джерелом водопостачання.

Водосховище використовується для промислового лову риби. Майже щороку Ялпуг зариблюється такими видами риб, як товстолоб, короп та білий амур, що підкреслює важливість контролю якості води для рибогосподарських цілей.

Проблема раціонального водокористування на зрошувальних системах особливо актуальна для півдня України, зокрема для Одеської області, де часто спостерігаються посушливі періоди, високі температури та недостатня кількість опадів.

З вище переліченого випливає, що необхідно здійснювати комплексну оцінку якості води, проводити постійний моніторинг та планувати ефективні водогосподарські заходи для забезпечення раціонального використання води водосховища Ялпуг для різних типів водокористування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Водосховище Ялпуг є об'єктом постійної уваги науковців, які здійснюють комплексні дослідження його вод для оцінки якості та придатності до різних видів використання [1с.156-193]

Деякі автори характеризували фізико-хімічні властивості води для питних потреб відповідно до вимог ДСТУ 4808:2007, СанПіН 4630-88 та *ІЗВ* [2 с. 89-93; 3; 4].

Якість вод Ялпуга має велике значення для зрошення, тому у роботах [5 с. 69-76; 6; 7; 8] приділяється велика увага цьому питанню.

Водосховище являється об'єктом промислового лову риби. У зв'язку з цим у деяких наукових працях приводяться дослідження води для рибогосподарського призначення з використанням комбінаторного індексу забруднення (*КІЗ*) й за індексом забруднення (*ІЗВ*) [9;10].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). В роботі застосований комплексний підхід до оцінки якості вод Ялпуга. Актуальність досліджень водосховища зумовлена необхідністю раціонального використання його вод, яка забезпечує питні потреби міста Болград, використовується для поливу сільськогосподарських земель прилеглих територій та являється об'єктом промислового та аматорського лову риби. З огляду на це, водосховище потребує постійного контролю якості вод для забезпечення ефективного й безпечного водокористування.

Матеріали і методи дослідження. Розрахунки виконано на основі даних спостережень: за 2020 рік – по декадах, а за 2021–2023 роки – по місяцях. Вихідні дані для дослідження були надані підрозділом Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю, ВП «Причорноморський ЦВРГ».

Оцінювання якості води для зрошення проводять за кількома критеріями: враховують загальну мінералізацію, вміст токсичних елементів, температуру води, концентрацію зважених речовин, співвідношення основних катіонів (насамперед натрію до кальцію та магнію), концентрацію біогенних речовин тощо [3; 4; 5;6].

Згідно з класифікацією Бездніної С.Я. (1984 р.) поряд з мінералізацією (M_o , г/дм³) вод враховується відсоткове співвідношення іонів натрію до суми катіонів (kNa) і за якістю поділяється на типи: I ($M_o \leq 0,50$; $kNa \leq 60\%$) – води цілком придатні для зрошення всіх типів ґрунтів; II ($0,50 < M_o \leq 1,0$; $kNa \leq 60\%$) – води придатні для зрошення більшості типів ґрунтів; III – води обмежено придатні (III₁₋₅ ($1,0 < M_o \leq 5,00$; $kNa \leq 60\%$) – потребують поліпшення розведенням; III₆₋₇ ($M_o \leq 0,50$; $60\% < kNa \leq 76\%$) – потребують хімічної меліорації; III₈₋₉ ($0,50 < M_o \leq 1,0$; $60\% < kNa \leq 76\%$) і III₁₀₋₁₂ ($1,0 < M_o \leq 5,0$; $60\% < kNa \leq 70\%$) – потребують розведення і хімічної меліорації); IV – води умовно придатні (IV₁ ($M_o \leq 1,0$; $76\% < kNa \leq 93\%$) – потребують хімічної меліорації; IV₂ ($1,0 < M_o \leq 3,0$; $70\% < kNa \leq 76\%$), IV₃ ($1,0 < M_o \leq 2,0$; $76\% < kNa \leq 93\%$ або $2,0 < M_o \leq 3,0$; $76\% < kNa \leq 86\%$) і IV₄ ($3,0 < M_o \leq 4,0$; $70\% < kNa \leq 86\%$ або $4,0 < M_o \leq 5,0$; $70\% < kNa \leq 80\%$) – потребують розведення і хімічної меліорації); V – води не придатні для зрошення [6;7].

Відповідно до методики Келлі та Лібіха наявність Na^+ і Mg^{2+} у поливній воді не впливає шкідливо на ґрунт, якщо виконуються співвідношення [4,5]:

$$rNa^+/(rCa^{2+}+rMg^{2+})\leq 1,0 \quad (1)$$

$$rMg^{2+}/(rCa^{2+}+rMg^{2+})\leq 1,0 \quad (2)$$

Можейко А.М. і Воротник Т.К. вважають, що вода є придатною для поливу за умови, якщо коефіцієнт K , який визначається як співвідношення [3;6;7]:

$$(Na^++K^+)/(Ca^{2+}+Mg^{2+}+Na^++K^+)\leq 0,65, \quad (3)$$

де Na^+ , K^+ , Ca^{2+} і Mg^{2+} – це концентрації катіонів у ммоль/дм³, не перевищує 0,65. При значенні $K \leq 0,65$ вода вважається сприятливою для поливу; якщо $0,65 < K \leq 0,75$ – несприятливою; при $K > 0,75$ – дуже несприятливою, спричиняє осолонцювання ґрунту.

SAR (натрієво-адсорбційне відношення) відображає відносну частку іонів Na^+ порівняно з іонами Ca^{2+} і Mg^{2+} у воді [8].

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}{2}}} \quad (4)$$

де Na^+ , K^+ , Ca^{2+} і Mg^{2+} – це концентрації катіонів у мг-екв/дм³

Значення SAR показує потенціал накопичення натрію в ґрунті внаслідок тривалого використання води, насиченої натрієм (Ayers and Westcot, 1985). Відповідно до діапазону значень SAR , зрошувальну воду можна поділити на чотири класи: $SAR < 10$ – відмінна, $10-18$ – добра, $18-26$ – сумнівна, $SAR > 26$ – непридатна.

У дослідженні використано методику SSP (Sodium Soluble Percentage). Підхід запозичено з роботи Міліці Вране щодо оцінки зрошувальної води в контексті ЦСР 6 (Цілі сталого розвитку). SSP є практичним показником, що характеризує співвідношення натрію та калію до загальної кількості катіонів у воді [8].

$$SSP = \frac{Na^+}{(Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+)} \times 100 \quad (5)$$

де Na^+ , K^+ , Ca^{2+} і Mg^{2+} – це концентрації катіонів у мг-екв/дм³

Якщо значення SSP менше 50% то вода придатна для зрошення, якщо понад 50%, то непридатна.

Для оцінки якості води, призначеної для питних потреб населення, використано методику ДСТУ 4808:2007, яка передбачає класифікацію

поверхневих вод за гігієнічними та екологічними критеріями для об'єктів централізованого питного водопостачання. Методика включає 80 показників, згрупованих у сім блоків [11].

Діапазон величин показників (критеріїв) якості поверхневих вод поділений на чотири класи: 1 клас – відмінна, бажана якість води; 2 клас – добра, прийнятна якість води; 3 клас – задовільна, прийнятна якість води; 4 клас – посередня, обмежено придатна, небажана якість води. Згідно з гігієнічними нормативами, вода вважається придатною за умови належності до 1–3 класів якості [11].

Аналіз вихідних даних проводився за середніми та найгіршими значеннями. Він охоплює 15 показників із двох груп, тому результати слід розглядати як орієнтовні:

1) II група – загально-санітарні показники хімічного складу води: сухий залишок (мінералізація), сульфати, хлориди, магній, твердість загальна, водневий показник, азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний, окисність біохропатна (XCK), розчинений кисень, BCK_5 ;

2) VII група – токсикологічні показники хімічного складу води: залізо загальне, нафтопродукти, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР).

Значення узагальненого інтегрального індексу якості вод визначають за формулою:

$$I_{\text{інтегр}} = \frac{I_{II} + I_{VII}}{2} \quad (6)$$

де I_{II} – I_{VII} – величини групових індексів, виражених у класах;
2 – кількість групових індексів.

Оцінка якості вод для рибогосподарського використання проводилась за речовинами, які поділені на наступні групи за *ЛОШ* (лімітуюча ознака шкідливості): санітарно-токсикологічна, токсикологічна та рибогосподарська [9].

Якщо показники якості вод не виявляють ефекту спільної дії, значення кожного з параметрів окремо не повинно перевищувати норматив:

$$Ci \leq ГДК_i \quad (7)$$

Показники з ефектом сумачії відображають сукупний вплив кількох речовин із подібним механізмом дії або однаковою лімітуючою ознакою шкідливості. Для кожної групи *ЛОШ* обчислюється інтегральний показник, значення якого не має перевищувати одиницю:

$$\Psi = \sum_1^n \left(\frac{Ci}{ГДК_i} \right) \leq 1 \quad (8)$$

де n – кількість речовин у групі ЛОШ;

C_i – концентрація i -ої речовини.

До токсикологічної групи ЛОШ віднесено: амонійний азот, сполуки заліза та СПАР; до санітарно-токсикологічної – нітратний азот, кальцій, магній, сульфати й хлориди, а до рибогосподарської – нафтопродукти.

Результати досліджень та їх обговорення. Оцінка якості води для зрошення проводилася за II-й та III-й квартали, що відповідає початку та кінцю вегетаційного періоду рослин. За класифікацією Бездніної С. Я. (1984), у 2020, 2021 роках та у II кварталі 2023 року вода відноситься до категорій III₁–III₂ і потребує поліпшення шляхом розбавлення.

Найгірша ситуація спостерігається у III кварталі 2023 року, коли вода потребує як розбавлення, так і хімічної меліорації. Придатною для зрошення вона була лише у 2022 році (табл. 1).

За методикою Келлі та Лібіха (табл. 2), концентрації натрію та магнію мають дорівнювати 1,0 або не перевищувати цього значення. За всі роки спостережень концентрація магнію коливалася від 0,63 мг-екв./дм³ (III квартал 2020 року) до 0,70 мг-екв./дм³ (III квартал 2020 року), тобто токсичної дії на ґрунт не виявлено. Концентрація натрію досягала максимального значення у III кварталі 2023 року (2,09 мг-екв./дм³), а у 2020–2021 рр. показники коливалися в межах 1,33–1,55 мг-екв./дм³.

Лише у 2022 році вода відповідала вимогам для зрошення і не містила токсичних концентрацій натрію та магнію.

Таблиця 1. Оцінка якості вод водосховища Ялпуг – м. Болград (II–III квартали 2020–2023 рр.) за класифікацією Бездніної С.Я.

Рік	Загальна мінералізація		Na, % від суми катіонів		Рекомендації	
	Квартали					
	II	III	II	III	II	III
2020	1530,24	1365,32	56,41	59,88	III(2) поліпшення розбавленням	III(1) поліпшення розбавленням
2021	1309,84	1288,92	57,48	57,94	III(1) поліпшення розбавленням	III(1) поліпшення розбавленням
2022	837,63	934,22	36,39	40,48	II придатні для зрошування	II придатні для зрошування
2023	1383,9	1043,08	57,85	67,63	III(1) поліпшення розбавленням	III(10) потребують розбавлення і хімічної меліорації

За методикою Можейка А. М. і Воротника Т. К. (табл. 3) у 2020 та 2021 роках значення коефіцієнту K коливалися в межах 73,02–76,06 ммоль/дм³ та 74,02–74,72 ммоль/дм³ відповідно, що характеризує воду як несприятливу для поливу.

Таблиця 2. Оцінка якості вод водосховища Ялпуг – м. Болград за методикою Келлі та Лібіха (II–III квартали 2020–2023 рр.)

Рік / квартал	Na+		Mg ²⁺		Можливість використання Na+		Можливість використання Mg ²⁺	
	II	III	II	III	II	III	II	III
2020	1,33	1,55	0,65	0,63	Не можливо	Не можливо	Можливо	Можливо
2021	1,39	1,43	0,67	0,64	Не можливо	Не можливо	Можливо	Можливо
2022	0,57	0,68	0,66	0,70	Можливо	Можливо	Можливо	Можливо
2023	1,37	2,09	0,68	0,55	Не можливо	Не можливо	Можливо	Можливо

У 2022 році якість води покращилася: у II кварталі значення K становило 53,36 ммоль/дм³, а у III кварталі – 57,64 ммоль/дм³, що свідчить про можливість використання води для зрошення. У 2023 році ситуація погіршилася порівняно з 2022 роком, при цьому зафіксовано найвище значення коефіцієнту K за весь період спостережень – 80,70 ммоль/дм³ (III квартал). Водночас можна відмітити тенденцію, що в усі роки дослідження показники у II кварталі були кращими, ніж у III кварталі.

Таблиця 3. Оцінка якості вод водосховища Ялпуг-м. Болград за методикою Можейка А.М. і Воротника Т.К. (II–III квартали 2020–2023рр.)

Рік	II квартал	III квартал	II квартал	III квартал
	значення		характеристика	
2020	73,02	76,062	Несприятлива	Несприятлива, викликає осолонцювання ґрунту
2021	74,02	74,72	Несприятлива	Несприятлива
2022	53,36	57,64	Сприятлива для поливу	Сприятлива для поливу
2023	73,30	80,70	Несприятлива	Несприятлива, викликає осолонцювання ґрунту

За методикою SAR ризик накопичення натрію в ґрунті внаслідок тривалого використання води оцінюється як малий. Значення показника коливаються в межах від 2,32 мг-екв/дм³ (II квартал 2022 р.) до 6,60 мг-екв/дм³ (III квартал 2023 р.) (табл. 4).

За методикою SSP вода вважається придатною для поливу за співвідношенням натрію до загальної кількості катіонів лише у 2022 році, коли відсоткові значення становили 36,38% та 40,48%, що менше порогового рівня 50% (табл. 5).

Наукові підходи до оцінки придатності води для зрошення більш детально розглянуті у праці Лозовіцького П. С. (2014 р.), де період досліджень охоплює 1951–2013 рр. Автор аналізував якість води за методиками Буданова, Саболяча й Дараба, коефіцієнтом SAR , методикою Можейка

і Воротніка, а також за розрахунком кількості токсичних солей в еквівалентах хлору [3]. У нашій роботі також застосовано методики *SAR* та Можейка і Воротніка, але й додатково використані класифікація Бездніної С.Я. (1984 р.), Келлі та Лібіха, *SSP*. Для оцінки якості вод для поливу були розглянуті сучасні дані за 2020–2023рр. (II–III квартали), які відповідають періоду активної вегетації рослин.

Таблиця 4. Оцінка якості вод водосховища Ялпуг-м. Болград за методикою *SAR* (II–III квартали 2020–2023 рр.)

Департамент сільського господарства США				
Рік	<i>SAR</i>		Небезпека осолонцювання	
	II квартал	III квартал	II квартал	III квартал
2020	5,93	6,19	мала	мала
2021	5,63	5,67	мала	мала
2022	2,32	2,84	мала	мала
2023	5,71	6,60	мала	мала

Таблиця 5. Оцінка якості вод водосховища Ялпуг-м. Болград за методикою *SSP* (II–III квартали 2020–2023рр.)

Рік	<i>SSP</i> , %		Оцінка якості вод	
	II квартал	III квартал		
2020	56,41	59,88	Непридатна	Непридатна
2021	57,48	57,93	Непридатна	Непридатна
2022	36,38	40,48	Придатна	Придатна
2023	57,84	67,63	Непридатна	Непридатна

Порівнюючи результати за методикою *SAR*, Лозовіцький П.С. встановив, що 45,87% проб води озера мали значення $SAR > 8$, що свідчило про ризик підлушення ґрунтів. У 1966–1975 та 1991–2013 рр. вода характеризувалася слабкою лужністю та низькою небезпекою осолонцювання, тоді як у 1976–1990 рр. показники відповідали середній лужності та підвищеному ризику осолонцювання [3]. У наших розрахунках вода протягом усього досліджуваного періоду мала низький ризик осолонцювання ґрунтів.

За методикою Можейка А.М. і Воротніка Т.К. Лозовіцький визначив, що 87,47% проб мали значення r нижче загрозового рівня [3]. Натомість, згідно з нашими результатами, вода є несприятливою для поливу у 50% випадків, становить ризик осолонцювання ґрунтів – у 25% проб і у 25% – являється придатною для зрошення.

Артинова І. І. (2020) досліджувала оз. Ялпуг–Кугурлуй за 2007–2015рр., використовуючи K_3 та співвідношення Na^+/Ca^{2+} і $Na^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$, і встановила непридатність води для зрошення взимку [4]. У нашому дослідженні оцінювання проведено для II–III квартали – періоду активної вегетації, що робить результати практично релевантнішими.

Один із ключових показників для зрошення – температура води. Оптимальною для поливу сільськогосподарських угідь вважається температура 18–20 °C [7]. Не один з авторів не приділяв цьому питанню уваги. В нашій роботі було з'ясовано, що придатною для зрошення вода Ялпуга була лише у II кварталі 2020 року (18,5 °C) та у вересні 2021 року (18 °C). В інші періоди температура води була або вище, або нижче бажаного діапазону.

Аналіз якості вод водосховища Ялпуг для питного водопостачання за нормами ДСТУ 4808:2007 проводився за санітарно-хімічними (блок II) та токсикологічними (блок VII) показниками. Для кожного показника було розраховано середнє річне значення та визначено найгірше значення, після чого обчислено блокові індекси та встановлені відповідні класи й підкласи якості вод. Оцінювання виконувалося окремо для кожного року спостережень.

У табл. 6 представлений узагальнений інтегральний індекс для середніх значень, а у табл. 7 – для найгірших показників.

Вода за весь період 2020–2023 рр. за середнім інтегральним індексом (*Інтегр. сер.*) відповідала 2 класу (2(3) підклас) і оцінювалася як «добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільна», слабо забруднена, прийнятної якості.

Таблиця 6. Середні значення узагальненого інтегрального індексу якості вод водосховища Ялпуг – м. Болград за 2020-2023 рр.

	Рік	Оцінка якості води (середні значення)		
		Значення	Підклас якості	Характеристика
І інтегр. сер	2020	2,64	2-3	Вода, перехідна за якістю від «доброї», чистої до «задовільної», слабо забрудненої
	2021	2,3	2(3)	«Добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості
	2022	2,3	2(3)	«Добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості
	2023	2,23	2	«Добра», чиста вода прийнятної якості
Інтегр. сер. 2020-2023 рр.		2,37	2(3)	«Добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості

Найгірша якість води спостерігалася у 2020 році – 2–3 підклас (3 клас), що характеризувалося як перехідний стан від «доброї», чистої до «задовільної», слабо забрудненої води. Найкращий стан води зафіксовано

у 2023 році – 2 підклас (2 клас), що відповідає оцінці «добра», чиста вода прийнятної якості. За найгіршими показниками інтегрального індексу вода Ялпуга протягом 2020–2023 рр. відносилася до **3-го класу якості і відрізнялася** лише підкласами (табл. 7).

У 2020 та 2022 роках вона належала до 3-го підкласу та характеризувалася як «задовільна», слабо забруднена вода прийнятної якості. У 2021 році якість води була дещо кращою (2–3 підклас) – перехідна за станом від «доброї», чистої до «задовільної», слабо забрудненої. У 2023 році вода відносилася до 3(2) підкласу, що оцінюється як «задовільна», слабо забруднена вода з ухилом до класу «доброї», чистої.

Найбільш негативний вплив на якість вод Ялпуга мали зміни у часі сухого залишку (мінералізації), сульфатів, водневого показника, твердості загальної (рис. 1-4.)

Графік зміни сухого залишку (мінералізації) наведений на рис. 1. Порогове значення 3-го класу якості вод за ДСТУ 4808:2007 становить 1000мг/дм³. Перевищення фіксувалися у всі роки, окрім квітня–жовтня 2022р. (800–961мг/дм³) та вересня 2023 р. (984 мг/дм³).

Найвище значення зафіксовано у II кварталі 2020 р. – 1530 мг/дм³ (1,53 рази вище норми).

Таблиця 7. Найгірші значення узагальненого інтегрального індексу якості вод водосховища Ялпуг – м. Болград за 2020-2023 рр.

	Рік	Оцінка якості води (найгірших значень)		
		значення	Під-клас якості	Характеристика
І інтегр. нг	2020	3,08	3	«Задовільна», слабо забруднена вода прийнятної якості
	2021	2,6	2-3	Вода, перехідна за якістю від «доброї», чистої до «задовільної», слабо забрудненої
	2022	3,1	3	«Задовільна», слабо забруднена вода прийнятної якості
	2023	2,79	3(2)	«Задовільна», слабо забруднена вода з ухилом до класу «доброї», чистої
Інтегр.нг. 2020-2023 рр.		2,89	3 (2)	«Задовільна», слабо забруднена вода з ухилом до класу «доброї», чистої

За вмістом сульфатів майже протягом усього періоду дослідження спостерігалось перевищення нормативу 3-го класу якості (250 мг/дм³), що свідчить про його значний вплив на водосховище. Показники коливалися від мінімальних значень (38,7 мг/дм³) у червні 2022 року до максимальних (689,3мг/дм³) – у лютому того ж року, що у 2,7 разів перевищувало встановлену норму (рис. 2).

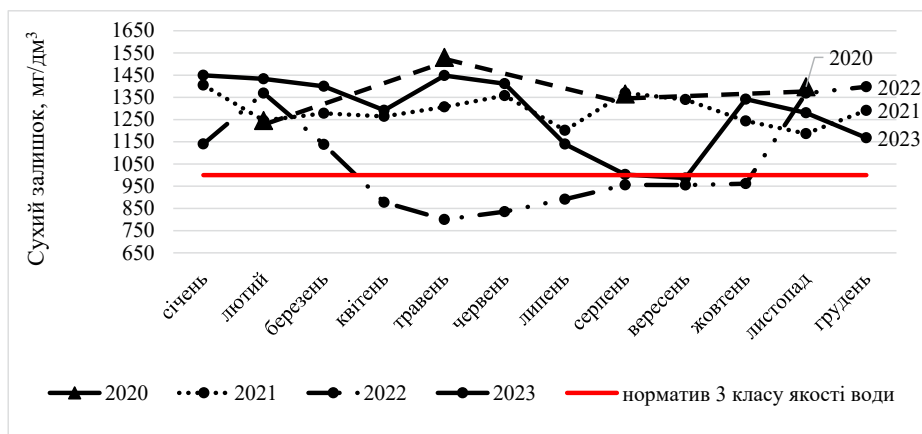


Рис. 1. Динаміка сухого залишку у воді водосховища Ялпуг – м. Болград

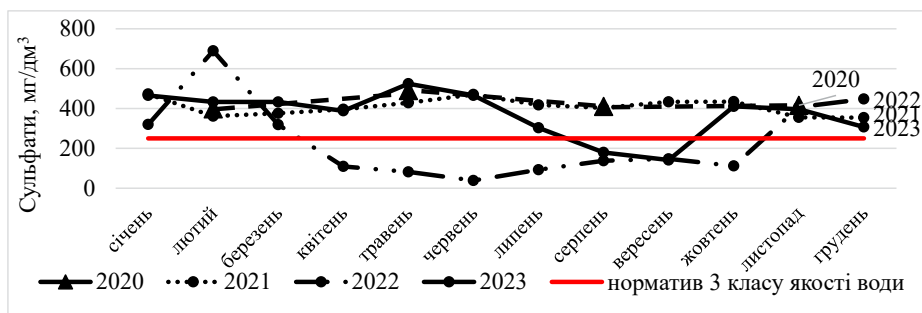


Рис. 2. Графік зміни концентрації сульфатів у воді водосховища Ялпуг – м. Болград

За вмістом водневого показника (pH) зафіксовано перевищення нормативу для 3-го класу якості води ($8,5 pH$), що вказує на підлуження середовища. У 2020 році перевищення спостерігалось у II кварталі ($8,9 pH$). У 2021 році невідповідність нормі зафіксована у квітні ($9,27 pH$), травні ($8,86 pH$), червні ($9,0 pH$), серпні ($9,2 pH$) та жовтні ($8,7 pH$). У 2022 році перевищення відмічене в травні ($8,8 pH$), липні ($8,7 pH$) і листопаді ($8,6 pH$), а в 2023 році – у січні ($8,6 pH$) та березні ($8,7 pH$) (рис. 3).

Значення загальної твердості перевищували норматив (7 ммоль/дм^3) тільки протягом 2020–2021 рр. Показники коливалися від 7 ммоль/дм^3 (серпень 2021р.) до 10 ммоль/дм^3 (II квартал 2020 р.) (рис. 4).

Одиничні перевищення відповідних нормативів якості вод водосховища Ялпуг були зафіксовані: за вмістом хлоридів (в 1,1 разів у жовтні 2022 року); за вмістом азоту амонійного (в 3,34 разів у червні 2021 року); за показником $БСК_5$ (в 1,4 рази у грудні 2021 року) та показником $ХСК$ – у 3,47 разів вище межі 3-го класу якості.

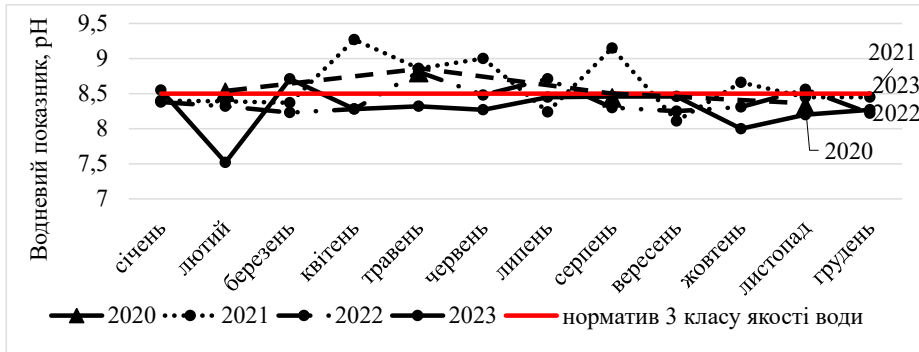


Рис. 3. Динаміка показника рН в воді водосховища Ялпуг – м. Болград

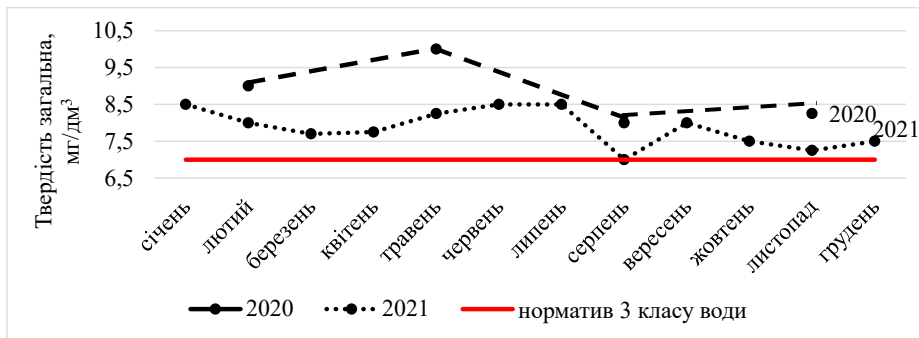


Рис. 4. Динаміка загальної твердості води водосховища Ялпуг – м. Болград

Вода, яку використовує м. Болград для питного водопостачання повинна відповідати гігієнічним вимогам нормативного документу Сан-ПіН 2.2.4-171-1 [12]. Більш того, концентрація мінералізації у воді, її складові, загальна жорсткість та деякі інші компоненти мають бути адекватними біологічним потребам організму та відповідати показникам фізіологічної повноцінності. Дані розрахунків наведені в табл. 8.

За показником жорсткості перевищення верхньої межі норми зафіксовано лише один раз – у II кварталі 2020 року (10 ммоль/дм³).

Концентрація кальцію перевищувала верхню межу норми (75 мг/дм³) у 1,33 рази – у I кварталі 2020 року.

За вмістом магнію перевищення верхньої межі норми (50 мг/дм³) спостерігалось у серпні та жовтні 2022 року, а також у березні та вересні 2023 року – у 1,58 разів. Концентрація натрію була вищою за норму протягом усього періоду дослідження: найменше перевищення становило 1,5 рази (травень 2022 р.), а найбільше – 15 разів (II квартал 2020 року).

Таблиця 8. Діапазон показників фізіологічної повноцінності питної води водосховища Ялпуг – м. Болград (2020-2023 рр.)

Найменування показників	Одиниці виміру	Діапазон фактичних значень	Діапазон нормативних значень
Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	1,7 – 10↑	1,5 – 7,0
Загальна лужність	ммоль/дм ³	-	0,5 – 6,5
Кальцій	мг/дм ³	40,2 – 100↑	25 – 75
Магній	мг/дм ³	18,0 – 79↑	10 – 50
Натрій	мг/дм ³	100,1↑ – 305↑	2 – 20
Сухий залишок	мг/дм ³	800↑ – 1530↑	200 – 500

Сухий залишок перевищував верхню межу діапазону нормативних значень протягом усього періоду 2020-2023рр.: мінімальний показник зафіксований у травні 2022 року (800мг/дм³), а максимальний – у II кварталі 2020 року (1530 мг/дм³).

В роботі Лозовіцького П. С. (2014 р.) для оцінки якості вод Ялпуга, як об'єкту водопостачання, використовувалася порівняльна характеристика фактичних даних із нормативами ДСанПіН 2.2.4-171-10. Цей документ регламентує якість водопровідної води та з колодязів та каптажів джерел [3]. В нашій роботі, окрім ДСанПіН 2.2.4-171-10, також використано методику ДСТУ 4808:2007, яка характеризує якість води у місцях водозабору для подальшого використання її, як джерела централізованого водопостачання.

У роботі Артинової І. І. розглядалося використання води водосховища для питних потреб за сольовим складом, органічними речовинами, азотом і фосфором [4]. У нашій роботі для більш повної оцінки якості вод Ялпуга проведений детальний аналіз перевищень відповідних нормативів по кожному з 15 показників, що відносяться до II (санітарно-хімічні) та VII (токсикологічні) блоків методики ДСТУ 4808:2007.

Для оцінки якості вод для рибогосподарського водокористування вихідні данні були згруповані за лімітуючою ознакою шкідливості за токсикологічними, санітарно-токсикологічними та рибогосподарськими критеріями. Вміст амонійного азоту, який входить до токсикологічної групи ЛОШ, у 2021 році становив 0,5 мг/дм³, що перевищує норматив ($ГДК_{кр} = 0,39$ мг/дм³) у 1,8 разів; у 2022 році – концентрація становила 0,4 мг/дм³, що у 1,02 рази вище нормативного значення.

За вмістом заліза рибогосподарський норматив ($ГДК_{кр} = 0,1$ мг/дм³) був перевищений у 2020-му (0,23 мг/дм³) та у 2022-му роках (0,14 мг/дм³). Концентрація СПАР лише у 2022 році була вищою за $ГДК_{кр}$ (0,1мг/дм³) і становила 0,12 мг/дм³.

За санітарно-токсикологічною групою *ЛОШ* перевищень за вмістом нітратного азоту та кальцію протягом років спостережень не зафіксовано. Вміст магнію у всі роки перевищував середньорічне значення *ГДК_{рз}* (40мг/дм³): у 2023 році він становив 63,8 мг/дм³, а у 2022 році – 69,4 мг/дм³.

Концентрація сульфатів також була вищою за *ГДК_{рз}*, яке дорівнює 100мг/дм³. Найбільше значення зафіксоване у 2021 році (509,79мг/дм³) і у 5,1 разів перевищує допустимий показник; найнижче значення спостерігалося у 2022 році (241,8 мг/дм³) і було у 2,4 рази вище від норми.

Вміст хлоридів лише у 2021 році (336,04 мг/дм³) перевищував встановлений норматив у 1,2 рази.

Підсумкові результати (табл. 9) за усіма групами *ЛОШ* відображають стан якості води водосховища Ялпуг протягом періоду дослідження.

За даними табл. 9 побудовано гістограму (рис. 5). Аналіз результатів показує, що найбільший негативний вплив на якість води справляє санітарно-токсикологічна група *ЛОШ*. Значне перевищення цього показника зумовлене високою концентрацією сульфатів протягом усього періоду спостережень (рис. 6).

Таблиця 9. Підсумкова таблиця якості води для рибогосподарського використання водосховища Ялпуг за 2020-2023 рр.

<i>ЛОШ</i>	Роки			
	2020	2021	2022	2023
Токсикологічна	4,13	2,73	4,02	2,92
Санітарно-токсикологічна	7,25	8,52	5,26	5,75
Рибогосподарська	0,4	0,4	0,3	0,05

За токсикологічною групою *ЛОШ* також були перевищення протягом періоду дослідження і значення коливались від 2,73 (2021 р.) до 4,13 (2020р.). За рибогосподарською групою *ЛОШ* оцінку проведено орієнтовно через відсутність повних даних – лише за концентрацією нафтопродуктів у воді. Перевищень нормативів не виявлено.



Рис. 5. Зміна у часі якості вод водосховища Ялпуг за *ЛОШ*

Концентрація сульфатів перевищувала гранично допустиму концентрацію для рибогосподарських водойм (100 мг/дм^3) протягом усього періоду спостережень, за винятком травня ($81,8 \text{ мг/дм}^3$), червня ($38,7 \text{ мг/дм}^3$) та липня ($92,8 \text{ мг/дм}^3$) 2022 року. У ці місяці показники тимчасово знижувалися, після чого знову спостерігалось зростання концентрації сульфатів у воді.

У роботі А. В. Чугай та О. В. Деревенської (2018) дослідження вод Ялпуга, як об'єкту рибогосподарського використання, проводилися за 2003–2017 рр., а для оцінки якості вод застосовувався комбінаторний індекс забруднення (*KI3*). Вода водосховища Ялпуг відносилась до класу «дуже брудна» (клас IVб–IVг), найбільші перевищення спостерігалися за магнієм і сульфатами, проте загальна тенденція свідчить про поступове зменшення забруднення після 2004 р. [10].

У нашій роботі оцінка проводилася за лімітуючими ознаками шкідливості, що дозволяє визначити ефект спільної дії речовин, віднесених до однієї групи *ЛОШ*.

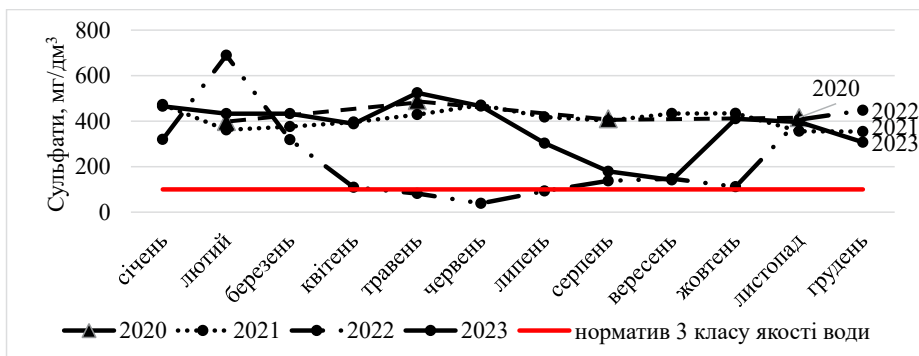


Рис. 6. Динаміка концентрації сульфатів відносно ГДКрг.

Дослідження останніх років, що стосуються рибогосподарського використання водосховища, в основному зосереджені лише на флорі та фауні Ялпуга, зокрема у роботах П. Герасимюка (2025 р.), Шекка та Т. В. Моторного (2024 р.), а також Bogach M., Panikar V. (2024 р.) [13, 14, 15]. Вони не надають оцінки саме стану якості вод водойми.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Водосховище Ялпуг є найбільшим прісноводним об'єктом Одеської області, що використовується як джерело питного водопостачання, для рибного господарства та зрошення прилеглих сільськогосподарських угідь. На основі отриманих результатів можна зробити наступні висновки:

1) *Оцінка якості вод для іригаційних цілей:* Вода водосховища Ялпуг за класифікацією Бездніної С. Я. (1984) за весь період спостережень у

62,5% випадків визнана обмежено придатною, потребує розбавлення; у 25% – придатна для зрошення; у 15,5% – потребує розведення та хімічної меліорації. За методикою Келлі та Лібіха встановлено, що токсичної дії на ґрунт магній не чинить. Проте за концентрацією натрію у 2020, 2021 та 2023 роках вода може справляти токсичну дію на ґрунт. У результаті розрахунків за методикою Можейка А. М. і Воротника Т. К. вода водосховища була визнана несприятливою для поливу у 50% випадків, сприятливою – у 25% та несприятливою, такою, що викликає осолонцювання ґрунту – у 25%. За методикою Департаменту сільського господарства США (SAR) протягом усього періоду спостережень вода характеризується низьким ризиком осолонцювання ґрунтів. За результатами оцінки методом SSP, вода придатна для зрошення лише у 25% випадків, тоді як у 75% спостережень вона виявилася непридатною для цього. Для зменшення негативного впливу можна проводити гіпсування ґрунтів, вирощувати солестійкі культури або застосовувати інші методи попередньої обробки.

2) Вода водосховища Ялпуг для господарсько-питного водокористування (відповідно до ДСТУ 4808:2007) за середнім показником інтегрального індексу протягом 2020-2023 років відносилася до 2-го класу 2(3) підкласу – «добра», з ухилом до «задовільної» слабо забрудненої прийнятної якості.

Середньоарифметичне значення за найгіршими показниками склало 2,89, тобто вода протягом усього періоду спостереження належала до 3-го класу (3(2) підклас) та характеризувалася як «задовільна», слабо забруднена з ухилом до класу «доброї», чистої. Найбільший вплив на якість вод протягом усіх років дослідження мали такі показники, як сухий залишок та сульфати.

При оцінюванні фізіологічної повноцінності якості вод (СанПіН 2.2.4-171-1) перевищення верхньої межі спостерігалось за загальною жорсткістю, а також за вмістом кальцію і магнію. За показниками натрію та сухого залишку зафіксовано перевищення як верхньої, так і нижньої межі нормативів.

Для підвищення якості питної води доцільно скористатися додатком В ДСТУ 4808:2007, в якому наведені технологічні прийоми кондиціювання поверхневих вод. Особливу увагу слід приділити загально-санітарним показникам хімічного складу води.

3) Найбільш негативний вплив на якість вод водосховища Ялпуг, як об'єкту *рибогосподарського призначення*, справляли речовини, що відносяться до загально – санітарних показниками. Особливо високі перевищення протягом усіх років досліджень фіксувалися за вмістом сульфатів, а у 2021 році – також і за концентрацією хлоридів. За токсикологічною групою *ЛОШ* найбільші перевищення відносно *ГДК_{кр}* спостерігалися у

2020, 2022 та 2023 роках за вмістом заліза загального, а у 2021 році – за вмістом азоту амонійного.

4) Високі концентрації сульфатів, магнію, натрію пов'язані з високою мінералізацією води у водосховищі Ялпуг, оскільки там немає природної циркуляції, а річки, що впадають у нього (Великий Ялпуг та Карасулак), також мають високу мінералізацію.

5) Річка Великий Ялпуг майже повністю протікає по території Молдови, тому питання забруднення її вод треба вирішувати на міждержавному рівні.

Подяки: немає.

Фінансування: немає.

Конфлікт інтересів: немає.

ASSESSMENT OF THE SUITABILITY OF THE WATERS OF THE YALPUGH RESERVOIR IN THE CITY OF BOLGRAD FOR VARIOUS TYPES OF WATER USE

*Romanchuk M.E. – Candidate of Geography, Associate Professor
orcid.org/0000-0002-1741-7262*

*Tyshkevych M.I. – 2st year Master's student,
orcid.org/0009-0007-0543-5424*

*Odessa I.I. Mechnikov National University,
mromanchuk67@gmail.com, fgvfjbujn@gmail.com*

The Yalpuh Reservoir is part of the Danube Lakes system and is used for irrigation, drinking, and fishery purposes. Until the 1960s–1970s, it had the status of a lake and maintained a natural water exchange with Lake Kugurluy. After the construction of dams and sluices in the 1970s, all Danube Lakes were transformed into filled reservoirs with a regulated hydrological regime. Currently, the Yalpuh–Kugurluy Reservoir is replenished with water resources from the Danube River through the “105th Kilometer,” Repida, and Skunda canals.

We conducted an assessment of the water quality of the Yalpuh Reservoir near the city of Bolhrad, located in the south of the Odesa region, for the period 2020–2023 for irrigation, drinking, and fishery purposes.

To determine the suitability of water for irrigation, the following methods were used: the classification by S.Ya. Bezdina (1984), which analyzes the percentage ratio of sodium ions to the total cations in comparison with mineralization; the Kelly and Liebig method, which calculates the ratio of sodium to the sum of calcium and magnesium, as well as the ratio of magnesium to the sum of calcium and magnesium; the method by A.M. Mozheiko and T.K. Vorotnyk, which characterizes the ratio of the sum of sodium and potassium to the sum of calcium, magnesium, sodium, and potassium in comparison with coefficient K ; the “Soluble Sodium Percentage” (SSP) method, which determines the ratio of sodium and potassium to the total concentration of cations; and the Sodium Adsorption Ratio (SAR) method, which is based on the ratio of Na^+ ions to Ca^{2+} and Mg^{2+} ions.

It was established that the reservoir water meets the standards according to all methods except *SAR* only in 2022, while in other years, to improve its quality, it requires dilution with fresh water and the application of other pre-treatment methods. According to the *SAR* indicator, the water of the Yalpuh reservoir has a low risk of soil sodicity throughout the entire study period.

The assessment of water quality for domestic and drinking purposes was carried out in accordance with DSTU 4808:2007 (Ukrainian National Standard for Drinking Water) based on average and worst indicators. According to the methodology, centralized drinking water supply sources are assessed by 80 indicators grouped into seven categories. In this study, 15 indicators from two groups were considered, so the water quality assessment in Bolhrad is approximate: Group II – General sanitary indicators of chemical composition: dry residue (mineralization), sulfates, chlorides, magnesium, total hardness, pH, ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, biochemical oxygen demand (*BOD₅*), chemical oxygen demand (*COD*), dissolved oxygen; Group VII – Toxicological indicators of chemical composition: total iron, petroleum products, and synthetic surfactants (*SPAR*).

The study showed that, according to the average integral index, the water quality in the Yalpuh Reservoir was “good”, i.e. clean water with a tendency toward the “satisfactory” class – slightly polluted but acceptable quality. According to the worst indicator, the water quality was characterized as “satisfactory”, slightly polluted with a tendency toward the “good” class.

The assessment of physiological suitability of water (SanPiN 2.2.4-171-10) revealed that the highest exceedances were observed in sodium content and dry residue.

For the assessment of water intended for fishery purposes, the method of comparing actual data with regulatory values grouped by the Limiting Indicator of Harmful Effect (*LIH*) was applied, which includes sanitary-hygienic, toxicological, and fishery criteria. It was determined that during the entire observation period, the maximum exceedance of toxicological *LIH* indicators occurred in 2020 – by 4.13 times, and the sanitary-toxicological *LIH* – in 2021 – by 8.48 times. Due to limited data, the fishery *LIH* was determined only by the indicator of petroleum products, which remained within the normative limits.

Key words: irrigation, drinking water, fishery purposes, organoleptic indicators, toxic substances, general sanitary indicators.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лозовіцький П. С. Оцінювання якості води оз. Ялпуг – м. Болград за еколого-санітарними критеріями та специфічними речовинами токсичної дії. *Часопис картографії*. 2014. Вип. 11. С. 156–193.
2. Комплексна оцінка функціональних змін в організмі здорових щурів, що споживали в якості питної воду оз. Ялпуг/ Ковальчук Л. Й. та ін. *Вісник проблем біології і медицини*. 2015. № 2. С. 120.
3. Лозовіцький П. С. Оцінювання якості води оз. Ялпуг – м. Боград за сольовим складом і мінералізацією *Часопис картографії*. 2014. Вип. 10. С. 250 – 281
4. Артинова І. І. Комплекс заходів щодо покращення стану водних ресурсів оз. Ялпуг–Кугурлуй: магістерська робота. Одеса: ОДЕКУ. 2020. 55с.

5. Балихіна Г. А. Оцінка якості води для зрошення в придунайських озерах за даними моніторингу. *Індуктивне моделювання складних систем: збірник наукових праць*. Київ: МННЦ ІТС НАН та МОН України. 2015. №.7. С. 69–76.
6. Федькович К. В., Юрасов С. М. Оцінка якості вод водосховища Сасик як об'єкта іригаційного призначення. *Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції: зб. тез Всеукр. наук.-практ. конф. (Житомир, 8 листопада 2018 р.)*. Житомир : ЖДТУ, 2018. С. 39–40.
7. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. Підручник. Київ: Ніка-центр, 2001. 118 – 125 с.
8. Vranešević M. et al. Irrigation water quality in a framework of sustainable development goal 6: a review of challenges, impacts, policy alignments. *Frontiers in Agronomy*. Vol 7, 2025. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/agronomy/articles/10.3389/fagro.2025.1580338/full#B35> (дата зверненн 14.11.2025)
9. Юрасов С.М. Методи оцінки якості природних вод: збірник методичних вказівок. Одеса: ОДЕКУ. 2005. 86 с.
10. Чугай А. В., Деревенська О. В. Оцінка рівня забруднення вод озера Ялпуг як об'єкта рибогосподарського призначення. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2018. № 22. С. 133–139.
11. ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. Київ: Видавництво стандартів, 2007. 42 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=53159 (дата звернення 01.10.2025)
12. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСан-ПіН 2.2.4-171-10): Закон України від 01 липня 2010 р. № 452/17747. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (дата звернення 01.10.2025)
13. Герасимюк В. П. Сучасний стан фітопланктону Придунайських озер. *Вісник Одеського національного університету*. Одеса: ОНУ. 2025. Том 25. Вип 2(47). С. 25-33.
14. Шекк П. В., Моторна т. В. Особливості формування іхтіофауни озер ялпуг та кугурлуй в умовах антропогенної трансформації. *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів: зб. Тез Міжнар. наук.-практ. конф.*(Київ, 9-10 листопада 2024 р.) Київ : ПРО ФОРМАТ, 2024. С. 127-130.
15. Bogach M., Panikar V. Common carp monogenia in reservoirs of the Odesa region (Ukraine). *German International Journal of Modern Science*. 2024. № 73. pp 54–57.

REFERENCES

1. Lozovitskyi P. S. (2014) Otsiniuvannia yakosti vody oz. Yalpuh – m. Bolhrad za ekoloho-sanitarnymy kryteriiamy ta spetsyifichnymy rehovynamy toksychnoi dii [Assessment of water quality in the Yalpuh lake – Bolhrad city according to ecological and sanitary criteria and specific toxicological data]. *Chasopys kartohrafi.* vol 11, pp. 156–193. [in Ukrainian]
2. Kovalchuk L.Y., Mokiienko A.V., Nasibullin B.A., ta in (2015) Kompleksna otsinka funktsionalnykh zmin v orhanizmi zdorovykh shchuriv, shcho spozhyvaly v yakosti pytnoi vodu ozera Yalpuh [A comprehensive assessment of functional changes in the bodies of healthy mice that consumed drinking water from Lake Yalpuh]. *Visnyk problem biolohii i medytsyny.* no 2, pp. 120. [in Ukrainian]
3. Lozovitskyi P. S. (2014) Otsiniuvannia yakosti vody oz. Yalpuh – m. Bolhrad za solovym skladom i mineralizatsiieiu [Assessment of water quality of Lake Yalpuh – Bolhrad city by salt composition and mineralization]. *Chasopys kartohrafi.* vol 10, pp. 250–281. [in Ukrainian]
4. Artynova I. I. (2020) Kompleks zakhodiv shchodo pokrashchennia stanu vodnykh resursiv oz. Yalpuh–Kuhurlui [The complex of zakhodiv is aimed at improving the state of water resources of Yalpuh–Kuhurlui Lake] (mahisterska robota). Odesa: ODEKU. 2020. pp. 55. [in Ukrainian]
5. Balykhina H. A. (2015) Otsinka yakosti vody dlia zroshennia v prydunaiskykh ozerakh za danymy monitorynhu [Assessment of water quality for irrigation in Danube lakes based on monitoring data]. *Induktyvne modeliuvannia skladnykh system: zbirnyk naukovykh prats* [Inductive modeling of composite systems: a collection of scientific papers]. Kyiv: MNNTs ITS NAN ta MON Ukrainy. no. 7, pp. 69–76. [in Ukrainian]
6. Fedkovych K. V., Yurasov S. M. (2018) Otsinka yakosti vod vodoskhovyshcha Sasyk yak ob'iekta iryhatsiinoho pryznachennia [Assessment of water quality of the Sasyk reservoir as an irrigation facility]. *Proceedings of the Sustainable development of the country within the framework of European integration: collection of abstracts of the All-Ukrainian scientific-practical conference.* (Zhytomyr, November 8, 2018). Zhytomyr : ZhDTU, pp. 39–40. [in Ukrainian]
7. Snizhko S.I. (2001) Otsinka ta prohnouzuvannia yakosti pryrodnykh vod [Estimation and forecasting of the acidity of natural waters]. Kyiv: Nikatsentr, pp 118 – 125.
8. Vranešević M. et al. (2025) Irrigation water quality in a framework of sustainable development goal 6: a review of challenges, impacts, policy alignments. *Frontiers in Agronomy.* vol 7,3. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/journals/agronomy/articles/10.3389/fagro.2025.1580338/full#B35> (accessed 14 November 2025)

9. Yurasov S.M. (2005). Metody otsinky yakosti pryrodnykh vod: zbirnyk metodychnykh vkazivok [Methods for assessing the quality of natural waters: a collection of methodological guidelines]. Odesa: ODEKU. pp. 86. [in Ukrainian]
10. Chuhai A. V., Derevenska O. V. (2018) Otsinka rivnia zabrudnennia vod ozera Yalpuh yak ob'iekta rybohospodarskoho pryznachennia [Evaluation of the even flow of waters of Lake Yalpug as an object of the Lord's recognition]. *Ukrainian hydrometeorological journal*. no 22, pp. 133–139. [in Ukrainian]
11. DSTU 4808:2007 Dzherela tsentralizovanoho pytnoho vodopostachannia. Hihienichni ta ekolohichni vymohy shchodo yakosti vody i pravyla vybyrannia (2007). [DSTU 4808:2007 Sources of centralized drinking water supply. Hygienic and ecological requirements for water quality and selection rules]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/docpage?id_doc=53159 [in Ukrainian]
12. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl “Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoï dla spozhyvannia liudynoiu” (DSanPiN 2.2.4-171-10)”: Zakon Ukrainy № 452/17747 [On the approval of State sanitary norms and rules “Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption” (DSanPiN 2.2.4-171-10)”: Law of Ukraine dated July 1, 2010, no. 452/17747] 01.07.2010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> [in Ukrainian]
13. Herasymiuk V. P. (2025) Suchasnyi stan fitoplanktonu Prydunaiskykh ozer [Current state of phytoplankton in the Danube lakes] *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu*. Odesa: ONU. vol. 2(47), pp. 25-33. [in Ukrainian]
14. Shekk P. V., Motorna t. V. (2024) Osoblyvosti formuvannia ikhtiofauny ozer yalpuh ta kuhurlui v umovakh antropohennoi transformatsii [Peculiarities of the formation of the ichthyofauna of Lake Yalpuh and Kuhurlui in the conditions of anthropogenic transformation]. Proceedings of the. *Suchasni problemy ratsionalnoho vykorystannia vodnykh bioresursiv: zb. Tez Mizhnar. nauk.-prakt. Konf. (Kyiv, 9-10 november 2024)*. Kyiv : PRO FORMAT, pp. 127-130. [in Ukrainian]
15. Bogach M., Panikar V. (2024) Common carp monogenia in reservoirs of the Odesa region (Ukraine). *German International Journal of Modern Science*. No 73. pp. 54-57

Дата першого надходження рукопису до видання: 24.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 31.12.2025

НОТАТКИ

НОТАТКИ

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

Water bioresources and aquaculture

Науковий

журнал

2(18)/2025

Коректура • М. Бабич
Комп'ютерна верстка • Н. Кузнєцова

Формат 70x100/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсетний. Цифровий друк. Обл.-вид. арк. 19,64. Ум. друк. арк. 22,10.
Підписано до друку 31.12.2025. Наклад 100 прим. Замовлення № 1225/997.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.