

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

Water bioresources and aquaculture

Науковий

журнал

1(17)/2025



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Internet
Вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 8 від 29.04.2025).

Головний редактор – Пічура В.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор.
Відповідальний редактор – Дюдяєва О.А. – старша викладачка кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пилипенка.

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»
зареєстровано 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)

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

ЗМІСТ

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ	7
<i>Бургаз М. І., Соборова О. М., Матвієнко Т. І.</i> Систематизація виробничо-експортних потоків і споживчих вподобань у сегменті рибної продукції світового ринку.....	7
<i>Бургаз М. І., Соборова О. М.</i> Вдосконалення маркетингових стратегій українських виробників рибної продукції: рекомендації та перспективи.....	20
<i>Лічна А. І.</i> Використання безхребетних у біотехнологіях: медичні п'явки, шовкопряд, бджоли.....	33
<i>Махінько Р. Г., Дунаєвська О. Ф.</i> Трансформація радіоекологічного стану рибної біоти річки Здвиж у постчорнобильський період.....	46
<i>Мельниченко С. Г.</i> Комплексний аналіз параметрів Степівського водосховища для оцінки можливостей його рибогосподарської експлуатації.....	56
<i>Слюсаренко І. С., Безалтична О. О.</i> Розвиток рибництва у світі.....	68
<i>Сондак В. В., Шевченко В. Ю.</i> Оцінка рибогосподарських параметрів малих водосховищ півдня України на прикладі Щербанівського водосховища.....	80
АКВАКУЛЬТУРА	90
<i>Головко А. А., Козичар М. В.</i> Біологічні аспекти рибництва в сучасних умовах змін та адаптацій в умовах півдня України (огляд).....	90
<i>Головко А. А., Козичар М. В., Оліфіренко В. В.</i> Культивування коловороток <i>Brachionus plicatilis</i>	98
<i>Дюдяєва О. А.</i> Світова аквакультура в умовах адаптації до зміни клімату.....	106
<i>Лавринюк О. О., Лісогурська Д. В., Вербельчук Т. В., Борщенко В. В.</i> Виробництво та реалізація товарної продукції аквакультури в Україні.....	123
<i>Оліфіренко В. В., Рутта О. В., Оліфіренко А. А.</i> Біологія та культивування коловоротки.....	133
<i>Поручинська І. В., Поручинський В. І., Куцевич А. М.</i> Сучасний стан аквакультури в Україні.....	143
ГІДРОЕКОЛОГІЯ	152
<i>Бреус Д. С.</i> Досвід управління водними ресурсами в умовах зміни клімату на прикладі Норвегії.....	152
<i>Бузіна І. М., Головань Л. В., Чуприна Ю. Ю.</i> Сталий розвиток водних ландшафтів: інноваційні підходи до відновлення екосистеми річки Десна.....	162

<i>Бузіна І. М., Жолтіков В. Л., Новосад К. Б., Новосад О. К., Кузьменко М. Є., Парфененков Ю. М.</i> Екологічний стан водно-болотних угідь Харківської області та їх роль у підтримці біорізноманіття.....	172
<i>Бургаз М. І., Катинська І. В., Бургаз О. А.</i> Біологічна продуктивність та екологічна оптимізація рибогосподарського використання озера Кагул.....	184
<i>Коляда О. В., Головань Л. В., Чуприна Ю. Ю.</i> Екологічна оцінка та моделювання забруднення річки Уди в межах Харківської області.....	197
<i>Махінько Р. Г.</i> Динаміка накопичення радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у водних біоресурсах річки Здвиж Житомирської області у віддалений період після аварії на ЧАЕС.....	206
<i>Пічура В. І., Потравка Л. О., Білошкурченко О. С.</i> Дослідження наслідків руйнації Каховської дамби та осушення водосховища для населення України.....	218
<i>Тучапська А. Я., Добрянська О. П., Микітчак Г. С., Кориляк М. З., Тучапський Я. В.</i> Оцінка гідроекологічного стану паркового ставу «Озеро Левандівське»	248
МЕТОДИ І МЕТОДИКИ.....	261
<i>Алмашова В. С.</i> Моніторинг екологічної оцінки якості води річки Дністер.....	261
<i>Булейко А. А.</i> Моніторинг досліджень радіоактивності в рекреаційних зонах м. Дніпро на прикладі ділянок озера Ломівське та озера Куряче в умовах сьогодення.....	279
ПРОМИСЕЛ.....	289
<i>Бургаз М. І., Баштанник П. В., Лісна А. І.</i> Рибальський туризм як складова регіонального розвитку: світовий досвід та українські реалії.....	289
<i>Матвієнко Т. І.</i> Сучасні напрями розвитку ринку праці в галузі рибальства в Україні.....	303

CONTENTS

WATER BIORESOURCES.....	7
<i>Burhaz M. I., Soborova O. M., Matviienko T. I.</i> Systematization of production-export flows and consumer preferences in the global fish products market segment.....	7
<i>Burgaz M. I., Soborova O. M.</i> Improving marketing strategies of Ukrainian fish product manufacturers: recommendations and prospects.....	20
<i>Lichna A. I.</i> The use of invertebrates in biotechnology: medicinal leeches, silkworms, bees.....	33
<i>Makhinko R. H., Dunaievska O. F.</i> Transformation of the radioecological status of fish biota in the Zdvizh river during the post-Chornobyl period.....	46
<i>Melnyshenko S. H.</i> Comprehensive analysis of the parameters of the Stepivske reservoir for assessing the possibilities of its fisheries exploitation.....	56
<i>Slyusarenko I. S., Bezaltychna O. O.</i> Development of fisheries in the world.....	68
<i>Sondak V. V., Shevchenko V. Yu.</i> Assessment of fisheries parameters of small reservoirs in Southern Ukraine using the example of the Shcherbanivskiy reservoir.....	80
AQUACULTURE.....	90
<i>Holovko A. A., Kozychar M. V.</i> Biological aspects of fish farming in the modern conditions of changes and adaptations in the conditions of Southern Ukraine (review)....	90
<i>Holovko A. A., Kozychar M. V., Oliferenko V. V.</i> Cultivation of Rotifers <i>Brachionus plicatilis</i>	98
<i>Dyudiyayeva O. A.</i> World aquaculture in the conditions of the adaptation to climate change.....	106
<i>Lavryniuk O. O., Lisohurska D. V., Verbelchuk T. V., Borshchenko V. V.</i> Production and sale of commercial aquaculture products in Ukraine.....	123
<i>Olifirenko V. V., Rutta O. V., Olifirenko A. A.</i> Rotifer biology and cultivation.....	133
<i>Poruchynska I. V., Poruchynskiy V. I., Kutsevich A. M.</i> Current status of aquaculture in Ukraine.....	143
HYDROECOLOGY.....	152
<i>Breus D. S.</i> Experience in water resources management under the climate change conditions on the example of Norway.....	152
<i>Buzina I. M., Holovan L. V., Chupryna Yu. Yu.</i> Sustainable development of water landscapes: innovative approaches to the restoration of the Desna river ecosystem....	162
<i>Buzina I. M., Zholtikov V. L., Novosad K. B., Novosad O. K., Kuzmenko M. Ye., Parfenenkov Yu. M.</i> Ecological state of wetlands in Kharkiv region and their role in biodiversity conservation.....	172

<i>Burhaz M. I., Katynska I. V., Burhaz O. A.</i> Biological productivity and ecological optimization of fisheries use of lake Kagul.....	184
<i>Koliada O. V., Golovan L. V., Chuprina Yu. Yu.</i> Environmental assessment and modeling of pollution of the Udy river within the Kharkiv region.....	197
<i>Makhinko R. H.</i> Dynamics of radionuclide ¹³⁷ Cs and ⁹⁰ Sr accumulation in aquatic bioresources of the Zdvyzh river (Zhytomyr region, Ukraine) in the long-term period after the Chornobyl accident.....	206
<i>Pichura V. I., Potravka L. O., Biloshkurenko O. S.</i> Research into the consequences of the Kakhovka dam destruction and the reservoir's drainage for Ukraine's population.....	218
<i>Tuchapska A. Ya., Dobrianska O. P., Mykitchak H. S., Koryliak M. Z., Tuchapskyi Ya. V.</i> Assessment of the hydroecological state of the park pond "Lake Levandivske".....	248
METHODS AND TECHNIQUES	261
<i>Almashova V. S.</i> Monitoring of the ecological assessment of water quality of the Dnister river.....	261
<i>Buleyko A. A.</i> Monitoring of radioactivity surveys in recreational areas of the city of Dnipro on the example of Lomivske lake and Kuryachne lake sites in today's conditions.....	279
FISHING	289
<i>Burgaz M. I., Bashtannyk P. V., Lichna A. I.</i> Fishing tourism as a component of regional development: global experience and Ukrainian realities.....	289
<i>Matviienko T. I.</i> Modern trends in the development of the labour market in the fisheries sector in Ukraine.....	303

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ

UDC 339.564:639.3:658.84(100)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.1>

SYSTEMATIZATION OF PRODUCTION-EXPORT FLOWS AND CONSUMER PREFERENCES IN THE GLOBAL FISH PRODUCTS MARKET SEGMENT

Burhaz M. I. – PhD in Biology, Associate Professor,

Soborova O. M. – PhD in Geography, Associate Professor,

Matvienko T. I. – Senior Lecturer,

I. I. Mechnikov Odesa National University,

marynaburhaz@gmail.com, olkasobr@gmail.com, tatyana.matvienko@gmail.com

The article presents a comprehensive study of the global fish products market, emphasizing the systematization of production and export flows and the detailed analysis of consumer preferences across various world regions.

The research outlines the dynamics and trends in the development of the fish and seafood industry, identifying the leading producer and exporter countries such as China, Norway, Vietnam, Chile, and the United States. Their specialization, export strategies, market shares, and positions within regional and intercontinental trade flows are examined in depth. A typological classification of global regions is developed based on the prevailing forms of fish product consumption (fresh, frozen, canned, smoked), the dominance of certain species (salmon, tuna, whitefish, shrimp, etc.), pricing tiers, and culturally conditioned culinary practices.

The study also explores how globalization processes, supply chain digitalization, environmental challenges, and geopolitical instability are reshaping international fish trade logistics. Particular attention is paid to the growing influence of sustainability criteria on consumer behavior – including the demand for environmentally certified aquaculture products, traceability systems, and eco-labeling initiatives. The article introduces an analytical model for the systematization of the “producer–exporter–consumer” flow, providing a practical framework that can be adapted for developing and optimizing national strategies in the area of fish product foreign trade.

The findings may serve both as a conceptual basis for further academic research and as a tool for policymakers and market stakeholders involved in fishery economics and trade regulation.

Keywords: fish products, global market, production, export, consumer preferences, logistics, aquaculture, trade flows, sustainability.

Problem statement. The global fish products market demonstrates steady growth dynamics, driven by both demographic shifts and the structural transformation of the global agri-food sector. In the context of increasing competition

among producing countries, escalating environmental challenges, and shifting consumer priorities, the issue of a systematic analysis of production-export flows combined with the behavioral characteristics of end consumers becomes particularly relevant. Despite the significant economic potential of fish product trade, analytical fragmentation remains regarding the coordination of logistics routes, the evolution of product forms at the export stage, and the influence of cultural and price factors on the market demand structure. The lack of a unified model for summarizing such data complicates effective strategic planning at both national and international levels.

Analysis of recent research and publications. The issues of global fish product production and trade are actively studied on an interdisciplinary level. Reports by [1], [2], and reveal macroeconomic and environmental aspects of the market's functioning, but they mostly focus on specific countries or product groups. The works of authors such as [3], [4], and [10] provide important empirical assessments of price trends and consumer shifts, yet often overlook regional specifics and transformations in logistics systems. In Ukrainian academic discourse, applied publications dominate, focusing on aquaculture or food security issues, while global positioning in the fish products market has not been systematically addressed. This highlights the need for an analytical approach that combines production-export flows with the modeling of consumer preferences.

Objective. The aim of this study is to develop a conceptual model for systematizing production-export flows and consumer preferences in the global fish products market segment. To achieve this goal, the following tasks must be fulfilled: to analyze the current structure of global fish production and export by country and product group; to identify key types of consumer strategies in various regions of the world based on product form, price, and origin; to determine the links between production chains and logistics routes; and to propose a generalized model of interaction among the producer, exporter, and end consumer.

Research results. The global fish products market is shaped by dozens of countries that differ significantly in production scale, technological base, specialization, and orientation toward domestic or international demand. According to the latest [1] statistical reviews (2022), the total global production of fish and seafood exceeded 180 million tons, with more than 50 % coming from aquaculture.

The leading producer countries include (Table 1):

- China, the undisputed global leader in aquaculture, producing over 60 million tons annually. While the majority of products are consumed domestically, significant volumes are also exported to Southeast Asia, the EU, and the USA.
- Indonesia, which has a strong marine fishing sector and shrimp farming industry. Its export flows are directed toward Japan, China, the USA, and the Middle East.

- India, specializing in freshwater species (pangasius, rohu) and frozen shrimp. It is one of the largest suppliers to EU countries.
- Norway, a leading European exporter, especially in the salmon segment, supplying over 50 % of the world's salmon exports. Strong logistics and branding strategies have enabled Norwegian companies to hold prominent positions in the EU, Chinese, and US markets.
- Chile and Peru, leaders in the production of fishmeal and canned seafood, with export-oriented models.
- The USA and Canada, which combine the development of oceanic fisheries (cod, tuna, salmon) with large-scale processing and domestic consumption.

Table 1. Leading Countries by Fish and Seafood Production Volume ([1], 2022)

Country	Total Production Volume (million tons)	Main Specialization	Export Destinations
China	60+	Aquaculture (carp, seafood)	Southeast Asia, EU, USA
Indonesia	15–17	Marine fishing, shrimp	Japan, China, USA, Middle East
India	12–14	Freshwater fish, frozen shrimp	EU, USA, China
Norway	4–5	Salmon, cod, cold-water fish	EU, China, USA
Chile	3–4	Salmon, fishmeal, canned products	Japan, USA, Brazil
Peru	3–4	Anchovy, fishmeal, feed products	China, EU, Latin America
USA	5–6	Tuna, cod, salmon, oceanic fisheries	Canada, Japan, South Korea
Canada	1.5–2	Marine fish, mollusks, processing	USA, China, Japan

The presented data highlight the high concentration of fish production in Asian countries, which account for more than half of global output thanks to large-scale aquaculture and favorable natural and climatic conditions. At the same time, countries in Europe, North and Latin America form specialized export niches – from salmon to fishmeal – focusing on added value, processing, and certification. This confirms that success in the global market is determined not only by volume but also by the quality characteristics of the product, the ability to meet standards, and an effective marketing strategy.

At the regional level, several models can be distinguished (Figure 1), namely:

- The European model, based on high added value (eco-certification, quality control, labeling);

- The Asian model, focused on production scale, price competitiveness, and diversified logistics routes;
- Latin America, as an example of effective raw material export specialization with an emphasis on primary processing products;
- North America, a mixed-profile market combining high domestic demand with active participation in export markets.

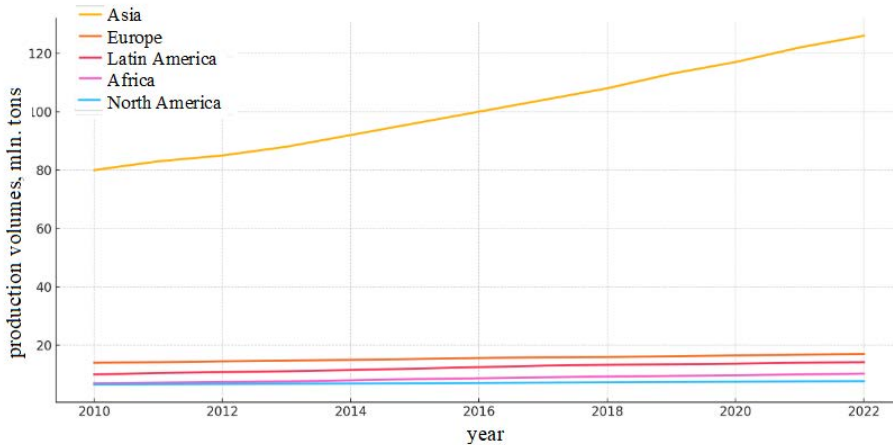


Fig. 1. Dynamics of Fish Product Production by Region, 2010–2022

Thus, the structure of the global fish production market is dynamic and geographically heterogeneous. For successful integration into the global supply chain, countries must consider not only production volumes but also their ability to adapt logistically, implement certification, build recognizable brands, and comply with international standards.

Consumer demand for fish products is shaped by a number of factors: income levels, the state of logistics infrastructure, dietary habits, degree of urbanization, environmental awareness, and more. Taking into account current market transformations, it is appropriate to distinguish several types of consumer preferences based on key criteria:

1. By product form. In developed countries with efficient logistics infrastructure (European Union, Japan, the USA), there is a prevailing demand for fresh and chilled fish, which is primarily distributed through retail chains and the HoReCa channel (Figure 2). In contrast, countries with limited access to refrigeration or unstable transport systems (Eastern Europe, Latin America, some regions of Africa) show a predominance of frozen fish, which is more suitable for long-term storage.

Canned fish (tuna, sardines, mackerel) maintains steady popularity among all consumer groups due to its long shelf life. Smoked, dried, and fermented products are characteristic of the culinary traditions of East Asia, Scandinavia, and parts of Eastern Europe.

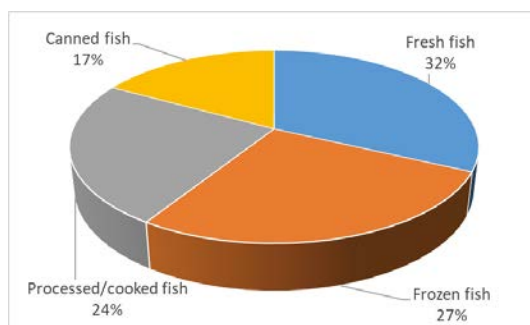


Fig. 2. Demand Distribution for Main Fish Product Formats in EU Countries, %

2. By price segment. The premium segment includes live or chilled high-quality fish (salmon, sea bass, black caviar), marketed in countries with high standards of living (EU, South Korea, Gulf countries) (Table 2). The mid-range segment consists of moderately priced products—fillets, frozen tilapia, pangasius, cod—popular in the USA, China, and countries of Eastern and Central Europe.

Table 2. Typical Consumer Preferences for Fish Products by Region

Region	Predominant Product Form	Price Segment	Key Consumer Expectations	Market Characteristics
European Union	Fresh, chilled, smoked	Mid – premium	Quality, certification (MSC, ASC), local origin, traceability	Developed logistics, retail dominance, strong regulatory framework
North America	Fresh, filleted, frozen	Mid – premium	Convenience, high nutritional value, ready-to-eat	High demand for protein-rich fish (salmon, tuna), active HoReCa segment
Southeast Asia	Dried, fermented, live, seafood	Economy – mid	Affordability, national culinary tradition, fish as a staple food	High per capita consumption, dominance of local markets
China	Frozen, fresh, filleted	Mid	Affordable price, safety, eco-friendliness, growing focus on certification	Largest domestic market, rapid growth in aquaculture demand
Japan	Sushi-grade, live, chilled	Premium	Reliable supply, freshness, suitability for raw consumption	Strict quality standards, large seafood import volumes
Middle East (UAE, Saudi Arabia)	Chilled, frozen, filleted	Premium	Halal, quality, branded labeling, imported products	Highly import-dependent, strict certification requirements
Latin America	Frozen, canned	Economy – mid	Price, long shelf life, accessibility	Local production presence, unstable logistics
Sub-Saharan Africa	Frozen, canned	Economy	Cheap, nutritious, long shelf life	High import dependence, limited cold chain coverage
Scandinavia	Smoked, fermented, chilled	Mid – premium	Local origin, traditionality, ecological purity	Emphasis on national traditions, active support for sustainable consumption

Note: Based on aggregated data from [1], [5], [5], and marketing reviews from 2020–2023.

Economy-segment products (canned fish, offal, mince, semi-processed items) dominate in the diets of populations with limited financial resources, particularly in South Asia, Africa, and certain regions of Latin America.

3. By Origin and Ethical Consumption Criteria. In countries with high levels of social and environmental responsibility, demand is growing for fish products that comply with the principles of sustainable development. Consumers prioritize certifications of sustainable origin (MSC, ASC), absence of antibiotics, adherence to bioethical principles in aquaculture (especially for farmed products), and local sourcing that reduces environmental footprint and supports local communities.

4. By Consumer Type. For households, key decision factors include affordability, shelf life, and cooking convenience. The food service sector (HoReCa) prioritizes standardized quality, appealing presentation, and reliable supply. Health-conscious consumers seek high nutritional value, low fat content, and high protein (mainly tuna and cod). Meanwhile, flexitarians, vegetarians, and eco-consumers increasingly focus on eco-labeling, product traceability, and the social responsibility of producers.

Thus, the segmentation of consumer preferences in the fish product market is a crucial precondition for effective trade and marketing strategies. Understanding consumption specifics in target regions enables producers and exporters to tailor relevant offerings, improve price competitiveness, and promote their products in a globalized and diversified market.

Structure of Production-Export Flows and Logistics Models in the Global Fish Market.

Global production and export flows of fish products are shaped within globalized agri-food chains that cover all stages—from farming and harvesting to primary processing, transportation, value-added processing, storage, and distribution. A key feature of the fish industry is its high sensitivity to temperature regimes, shelf life, and storage conditions, which heavily influence logistics solutions and infrastructure requirements.

Table 3 illustrates two key models of international fish trade.

The “South → North” model represents a traditional division of labor, where countries of the Global South supply raw materials to developed nations. In contrast, the “East ↔ West” model highlights China’s growing role not only as a producer but also as a re-exporter that processes products for other markets.

Table 3. Geographical Structure of Global Export-Logistics Flows of Fish Products

Main Model	Flow Direction	Exporting Countries	Importing Countries	Description
South → North	One-way	Indonesia, India, Peru, Vietnam	EU, USA, Japan	Dominated by supply of raw materials and semi-processed goods
East ↔ West	Two-way	China, USA, EU, Japan	China, USA, EU, Japan	Active redistribution, including re-exporting

The type of product determines the logistics: fresh fish requires short, fast routes, while frozen or processed products can be transported intercontinentally (Table 4). Fishmeal and by-products are highly specialized and serve as raw materials for other agricultural sectors.

Table 4. Main Product Types in Global Fish Trade Flows

Product Type	Logistical Characteristics	Main Routes
Fresh/chilled fish	Short-distance transport	Norway → Germany, Canada → USA
Frozen fish and seafood	Suitable for intercontinental transport	India → EU, Vietnam → USA
Fishmeal, oils, by-products	Bulk shipments	Chile, Peru → EU, China

Logistics hubs play a critical role in ensuring the smooth movement of fish products (Table 5). Ports in Asia, North America, and Europe function not only as transshipment points but also as centers for primary processing and storage. Rotterdam holds a special place as the gateway to the European market.

Modern logistics models are focused on preserving product quality, minimizing losses, and ensuring supply chain transparency (Table 6). Cold chain technologies and digital monitoring systems are becoming standard in global fish trade, especially for premium segments.

Table 5. Key Logistics Hubs in Global Fish Exports

Port/City	Country	Main Function
Qingdao, Shanghai	China	Export of frozen fish and shrimp
Rotterdam	Netherlands	Main import hub to the EU
Los Angeles, Seattle	USA	Receiving goods from Asia and Latin America
Oslo, Bergen	Norway	Export of salmon to the EU, USA, and Asia

Table 6. Characteristics of Logistics Models in the Fish Industry

Model	Description	Advantages
Cold chain logistics	Continuous refrigeration throughout the chain	Ensures product safety and quality
Temperature-controlled containers	0 to −18°C	Intercontinental delivery with minimal losses
Digital technologies	GPS, RFID, blockchain	Traceability, batch control, loss reduction

In recent years, the vulnerability of supply chains in the fish products sector has become increasingly evident. The COVID-19 pandemic, disruptions in maritime transport, rising fuel costs, and geopolitical tensions—particularly the conflict in the Black Sea—have led to delays, reduced shipment volumes, and the need to regionalize supply chains. In response to these challenges, leading

countries have intensified investments in local processing facilities, process digitalization, and expanded cooperation with regional partners.

An analysis of the structure of global production and logistics flows in the fish industry reveals a high degree of globalization and interdependence between exporting countries and consumer markets. Geographic asymmetry—where raw materials are mainly sourced from Southern countries while processing and consumption are concentrated in the Northern Hemisphere—adds complexity to logistical operations and increases demands on infrastructure.

The type of product directly influences logistics routes: fresh products are typically circulated within regions, while frozen products are distributed globally. Logistics hubs—ports with a high level of specialization and technological capacity—play a vital role in facilitating efficient product movement within the constraints of limited shelf life.

The implementation of cold chain technologies, digital monitoring, and blockchain solutions has become a key factor in increasing the reliability of supply. At the same time, recent global challenges—such as the COVID-19 pandemic, logistics crises, and geopolitical conflicts—have highlighted the growing need for the regionalization of logistics schemes, development of local processing centers, and adaptation to the volatile conditions of the global market.

Thus, a country's success in participating in the global fish supply chain depends not only on the volume of production but also on its level of technological integration, logistical flexibility, and capacity to respond to external risks.

When analyzing the interaction model of «producer – exporter – consumer» in the fish product segment, it is important to note that the effective functioning of the global fish market hinges on the alignment of interaction among three key links: the producer, the exporter (as the logistical and trade link), and the final consumer. Each of these components has its own priorities, operational logic, and expectations; however, their synchronization determines the resilience and efficiency of the supply chain.

1. Producer. This may be either a fishing enterprise or an aquaculture farm. The main objectives of the producer are to ensure a stable volume of production; comply with safety and quality standards; reduce seasonal or environmental dependence; and adapt to market requirements (certification, packaging formats, cooling).

In countries with developed aquaculture sectors (e.g., China, Norway, Vietnam), producers focus on continuous technological upgrades, biosecurity measures, and the rational use of feed and water resources.

2. Exporter / Intermediary Link. This segment functions as a bridge between the producer and the target market. Key responsibilities include: logistics (domestic transport, export channels, cold chain); certification procedures (ecological, veterinary, customs); product adaptation to market requirements

(labeling, translation, packaging format); and ensuring compliance with the importer's legal framework.

An effective intermediary link not only reduces costs and delivery time but also tailors the product to meet the expectations of the target consumer.

3. Consumer. The end consumer determines demand, making understanding their preferences critically important. Global best practices highlight several key consumer expectations: assurance of product safety and freshness; traceability and origin; environmental sustainability (e.g., MSC or ASC certification); convenience in preparation or consumption; and good value for money. In the “producer – exporter – consumer” model, feedback plays a crucial role: data on consumer preferences and behavior must reach the producer to support adaptive production.

4. Relevance for Ukraine. The proposed model has practical value for countries with growing export potential, including Ukraine. To apply it effectively, it is necessary to systematize national export statistics; formalize the demands of key markets (EU, Middle East, Asia); ensure that products comply with export requirements; and establish mechanisms for market communication through digital and institutional tools.

The conducted research shows that current global trends in fish product consumption—particularly the growing importance of aquaculture, the development of digital sales channels, and the rising demand for eco-certified products—create potential opportunities for Ukrainian producers to integrate into global supply chains.

Successfully positioning Ukrainian fish products in international markets will require a comprehensive transformation of production, logistics, and marketing processes in line with the expectations of targeted consumer groups.

Ukraine possesses a range of prerequisites for the development of the aquaculture segment as a source of competitive, high value-added fish raw materials. Favorable natural and climatic conditions, along with a long-standing tradition of farming species such as carp, silver carp, and grass carp, create strong potential for export expansion to markets in the European Union, the Middle East, and the Asia-Pacific region. At the same time, integration into international trade chains is only possible if product quality and safety standards are met (in particular, compliance with HACCP, MSC, and ASC standards) and an efficient cold chain logistics infrastructure is in place.

A focus on consumers who value sustainable production, environmental responsibility, and traceability requires Ukrainian enterprises not only to modernize technically but also to rethink their marketing strategies. In particular, promising approaches include the implementation of digital tools and services (such as marketplaces, mobile applications, and QR-based product batch identification), active participation in international industry exhibitions, and lever-

aging the potential of social media and influencer marketing to build a positive image and global brand recognition.

In light of the above, the following strategic steps are advisable:

1. Development of a national export brand for fish products based on geographic identification, authentic production technologies, and local cultural uniqueness.

2. Provision of government support for certification processes in accordance with international environmental and trade standards (through mechanisms such as partial cost reimbursement, grant incentives, etc.).

3. Institutional support for Ukrainian producers' access to foreign markets by creating industry platforms, participating in technical assistance programs, and engaging in European Union integration initiatives (e.g., EU4Business, Eastern Partnership Trade Helpdesk).

4. Improving the competencies of fishery sector specialists in international marketing, logistics, and regulatory requirements through training programs, workshops, and webinars.

Overall, Ukraine's effective integration into the global fish product market is only possible through strategic cooperation between public institutions, the business community, and international partners. An export-oriented development model should become a key component in the modernization of Ukraine's fisheries sector within the broader context of sustainable economic growth.

Conclusions. As a result of the conducted research, the current structure of the global fish product market was systematized, the main production and export flows were identified, and key consumer preferences across different world regions were outlined. It has been demonstrated that the global fish market is shaped by a variety of factors – from the geography of production and the state of logistics to socio-cultural consumption models and environmental responsibility.

The analysis showed that countries with well-developed export-oriented fisheries sectors (such as Norway, China, Indonesia, and India) demonstrate high efficiency due to a combination of technological capacity, adaptive logistics solutions, and responsiveness to shifting consumer trends. The typology of consumer models made it possible to distinguish target markets for different product formats: fresh fish, semi-processed products, canned goods, and premium segment products.

The proposed analytical model of interaction – "producer – exporter – consumer" – outlines the logic for building sustainable export chains, in which feedback mechanisms, digital traceability, compliance with standards, and institutional support are critically important components.

For Ukraine, the development of its own specialization in the global fish product market is highly relevant. This includes the advancement of competitive

production (both in capture fisheries and aquaculture); institutional support for accessing international markets; implementation of certification and traceability systems; adaptation of products to target consumer models; and the development of logistics infrastructure and digital trade platforms.

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧО-ЕКСПОРТНИХ ПОТОКІВ І СПОЖИВЧИХ ВПОДОБАНЬ У СЕГМЕНТІ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ СВІТОВОГО РИНКУ

*Бургаз М. І. – к.б.н., доц.,
Соборова О. М. – к.з.н., доц.,
Матвієнко Т. І. – ст. викл.,*

*Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
marynaburhaz@gmail.com, olkasobr@gmail.com, tatyana.matvienko@gmail.com*

У статті представлено комплексне дослідження світового ринку рибної продукції з акцентом на систематизацію виробничих та експортних потоків і детальний аналіз споживчих переваг у різних регіонах світу.

У дослідженні окреслено динаміку та тенденції розвитку рибної та морепродуктової галузі, визначено провідні країни-виробники та країни-експортери, такі як Китай, Норвегія, В'єтнам, Чилі та США. Поглиблено досліджено їхню спеціалізацію, експортні стратегії, ринкові частки та позиції в регіональних і міжконтинентальних торговельних потоках. Розроблено типологічну класифікацію глобальних регіонів на основі переважаючих форм споживання рибної продукції (свіжа, заморожена, консервована, копчена), домінування певних видів (лосось, тунець, сиг, креветки тощо), рівнів ціноутворення та культурно обумовлених кулінарних практик.

У дослідженні також аналізується, як процеси глобалізації, діджиталізація ланцюгів поставок, екологічні виклики та геополітична нестабільність змінюють логістику міжнародної торгівлі рибою. Особливу увагу приділено зростаючому впливу критеріїв сталості на поведінку споживачів, зокрема попиту на екологічно сертифіковану продукцію аквакультури, системи простежуваності та ініціативи з екологічного маркування. У статті представлено аналітичну модель для систематизації потоку «виробник-експортер-споживач», що забезпечує практичну основу, яка може бути адаптована для розробки та оптимізації національних стратегій у сфері зовнішньої торгівлі рибною продукцією.

Отримані результати можуть слугувати як концептуальною основою для подальших наукових досліджень, так і інструментом для політиків та учасників ринку, які займаються питаннями економіки рибного господарства та регулюванням торгівлі.

Ключові слова: рибна продукція, світовий ринок, виробництво, експорт, споживчі переваги, логістика, аквакультура, торговельні потоки, сталість.

ЛІТЕРАТУРА

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). World Fisheries and Aquaculture Outlook. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022 (SOFIA). URL: <https://www.fao.org/3/cc0461ru/cc0461.pdf>

2. Кабінет Міністрів України. Постанова № 1265 від 30.12.2015 «Про затвердження Порядку ведення реєстру експортерів продукції аквакультури». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1265-2015-p>
3. Мельниченко С. І., Харчук В. Ю. Глобальні тенденції виробництва та експорту рибної продукції у XXI столітті. *Економіка та держава*. 2021. № 10. С. 58-62.
4. Серeda В. С. Економічна ефективність експорту рибної продукції в Україні. *Агросвіт*. 2022. № 9. С. 24-29.
5. OECD-FAO Agricultural Outlook 2023–2032: Fish and Seafood. Organisation for Economic Co-operation and Development. URL: <https://www.oecd-ilibrary.org>
6. Національне агентство з акредитації України. Сертифікація рибної продукції на експорт: вимоги та виклики. *Бюлетень НААУ*. 2021. № 2. С. 17-21.
7. Державна служба статистики України. Експорт рибної продукції за країнами світу у 2022 році. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>
8. World Bank. Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture. *Agriculture and Environmental Services Discussion Paper*, 2014. № 3. Washington, D.C.: World Bank. 80 p.
9. Kotler P., Keller K. Marketing Management. 15th ed. Pearson Education, 2016. 832 p.
10. Шевчук О. Г., Нестеренко Т. В. Стратегії просування рибної продукції на зарубіжні ринки. *Економіка та суспільство*. 2022. № 39. С. 93-98.

REFERENCES

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). World Fisheries and Aquaculture Outlook. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022 (SOFIA). URL: <https://www.fao.org/3/cc0461ru/cc0461.pdf>
2. Cabinet of Ministers of Ukraine. Resolution No. 1265 of 30.12.2015 “On approval of the Procedure for maintaining the register of exporters of aquaculture products”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1265-2015-p> [in Ukrainian].
3. Melnychenko S. I., Kharchuk V. Yu. (2021). *Hlobalni tendentsii vyrobnytstva ta eksportu rybnoi produktsii u XXI stolitti* [Global trends in the production and export of fish products in the 21st century]. *Ekonomika ta derzhava* [Economy and state]. no. 10, 58-62. [in Ukrainian].
4. Sereda V. S. (2022). *Ekonomichna efektyvnist eksportu rybnoi produktsii v Ukraini* [Economic efficiency of fish product exports in Ukraine]. *Ahrosvit* [Agrosvit]. no. 9, 24-29. [in Ukrainian].
5. OECD-FAO Agricultural Outlook 2023–2032: Fish and Seafood. Organisation for Economic Co-operation and Development. URL: <https://www.oecd-ilibrary.org>

6. *Natsionalne ahentstvo z akredytatsii Ukrainy* (2021). *Sertyfikatsiia rybnoi produktsii na eksport: vymohy ta vyklyky* [National Accreditation Agency of Ukraine. Certification of fish products for export: requirements and challenges]. *Biuleten NAAU* [NAAU Bulletin]. no. 2, 17-21. [in Ukrainian].
7. *Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Eksport rybnoi produktsii za krainamy svitu u 2022 rotsi* [State Statistics Service of Ukraine. Export of fish products by country in 2022]. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
8. World Bank (2014). *Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture. Agriculture and Environmental Services Discussion, Paper № 3*. Washington, D.C.: World Bank.
9. Kotler P., Keller K. (2016). *Marketing Management*. 15th ed. Pearson Education.
10. Shevchuk O. H., Nesterenko T. V. (2022). *Strategii prosuvannia rybnoi produktsii na zarubizhni rynky* [Strategies for promoting fish products to foreign markets]. *Ekonomika ta suspilstvo* [Economy and society]. no. 39, 93-98. [in Ukrainian].

UDC 639.3:658.8(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.2>

IMPROVING MARKETING STRATEGIES OF UKRAINIAN FISH PRODUCT MANUFACTURERS: RECOMMENDATIONS AND PROSPECTS

*Burgaz M. I. – PhD in Biology, Associate Professor,
Soborova O. M. – PhD in Geography, Associate Professor,
I.I. Mechnikov Odesa National University,
marynaburhaz@gmail.com, olkasobr@gmail.com*

This article provides a comprehensive analysis of the current state of marketing strategies employed by Ukrainian fish product manufacturers in the context of domestic challenges and dynamic transformations in the global fish market. It has been established that the national aquaculture and fisheries sector is currently characterized by a low level of integration of modern marketing tools, which undermines the effectiveness of positioning Ukrainian products both in domestic and international markets.

One of the key issues identified is the underdevelopment of strategic branding, the absence of a stable system of consumer communication, and the limited use of digital distribution and promotion channels. Most enterprises operate within narrow local markets without a consistent marketing policy focused on long-term development.

To deepen the research, leading international practices were analyzed, including those of countries with advanced fisheries sectors such as Germany, Poland, the United States, and China. It was found that the success of these countries largely stems from the implementation of innovative approaches to fish product promotion, extensive use of ecological marketing elements, and effective interaction between producers, retail chains, and state institutions. Special attention is paid to the development of cooperative business models, certification of quality and ecological origin, and the creation of sustainable brands with high consumer loyalty.

Based on the conducted analysis, a set of practical recommendations is proposed to enhance the marketing activities of Ukrainian producers. These include the formation of local branding systems, the development of online sales and social media as communication channels with consumers, the support of cooperatives among small producers, and a focus on environmentally friendly, certified products.

The study substantiates the prospects for developing a comprehensive system for promoting Ukrainian fish products that can meet the growing demands of domestic consumers and strengthen competitiveness in international markets—an especially important factor in the context of European integration and trade liberalization.

Keywords: fish product marketing; aquaculture; branding; export; consumer preferences; digital distribution channels; international market; competitiveness; cooperation; ecological certification; marketing strategies; Ukrainian fisheries sector.

Problem statement. In the current context of intense competition in agri-food markets and growing demand for high-quality, safe, and environmen-

tally sustainable products, the issue of effective marketing of fish products has become particularly relevant. Ukrainian fish producers, especially aquaculture enterprises, face numerous barriers—including low brand recognition, limited access to external markets, underdeveloped consumer communication, and weak integration of digital technologies in distribution processes. As a result, there is an urgent need to improve marketing strategies that can enhance product competitiveness, expand distribution channels, and build a positive image of the Ukrainian fish sector both domestically and internationally.

Analysis of recent research and publications. Issues related to marketing in the agricultural sector and aquaculture trade have been addressed by both Ukrainian and foreign scholars, including V. Yu. Kharchuk, S. I. Melnychenko, and O. H. Shevchuk, as well as in reports by the FAO, OECD, and the World Bank. Their work highlights general trends in the development of the fish market, approaches to improving production efficiency, and the foreign trade performance of enterprises. However, most studies focus primarily on the macroeconomic level, while the aspect of strategic marketing – particularly branding, digitalization, and consumer behavior—remains insufficiently explored. There is a clear need to systematize existing approaches, adapt international experience to Ukrainian conditions, and formulate practical recommendations for the effective promotion of fish products [5].

Objective. The purpose of this study is to substantiate directions for improving marketing strategies of Ukrainian fish product manufacturers, taking into account current challenges, changes in consumer preferences, and international practices. To achieve this goal, the following tasks are set: to analyze the current state of the Ukrainian fish market and identify marketing weaknesses of producers; to examine successful fish product promotion strategies in foreign countries (EU, USA, China) and assess their potential for adaptation; to formulate proposals for improving digital distribution channels, local branding, producer cooperation, and ecological product positioning; to determine the prospects for enhancing the competitiveness of Ukrainian fish products in the global market through the implementation of modern marketing approaches.

Research results. Marketing in the fish industry has been covered in numerous studies, yet in Ukraine this topic has not received sufficient scholarly attention. Ukrainian authors (I. Lahutin, O. Korin, M. Pugachov) mostly focus on general issues of agromarketing, with limited emphasis on the specifics of the fish product market. Their research identifies that the weak market orientation of fish production enterprises is caused by deficient marketing policies, a low share of branded products, underdeveloped distribution channels, and limited use of digital promotion tools.

Foreign studies (notably by K. Anderson, S. Tveterås, and T. Bjørndal) emphasize the importance of product differentiation strategies, a focus on sus-

tainable development, and value creation through branding and certification. In the EU and North America, marketing strategies in the fish sector are largely based on detailed analysis of consumer preferences, trends in healthy eating, and environmental standards. Considerable attention is paid to service quality, packaging, logistics, and digital communication.

These studies underscore the gap between Ukrainian realities and contemporary global marketing practices, which highlights the need for systematic improvement of domestic producers' strategies.

Ukraine's fish sector is an integral part of the agri-food complex and features a well-developed, though unevenly distributed, production structure covering the full cycle—from harvesting and farming to processing, storage, and distribution of ready-to-consume fish products. In the context of rising demands for food safety and quality, the sector serves not only as a source of essential protein resources for the domestic market, but also as a potentially export-oriented industry.

The main production areas remain inland fisheries in freshwater bodies, as well as fishing in the Black and Azov Seas, and the aquaculture sector, which has shown positive development dynamics due to restrictions on marine fish capture and the need for stable supplies. Since 2014, following the annexation of Crimea and the loss of part of the maritime coast, the national fish industry has undergone significant transformations: the focus has shifted to inland waters, pond farming, and the development of intensive cultivation systems (e.g., basin and recirculating aquaculture systems).

At present, the priority objects of aquaculture in Ukraine are traditional freshwater fish species—carp, silver carp, and grass carp—which dominate the commodity structure of production. There is a growing interest in the cultivation of predatory species such as pike-perch, pike, and perch, as well as premium products like trout, sturgeon, and African catfish (*Clarias*).

At the regional level, the key centers of production are located in Dnipropetrovsk, Cherkasy, Kyiv, Poltava, Volyn, and Odesa regions. The processing infrastructure is mainly concentrated in the southern part of the country. At the same time, the market remains highly dependent on imports, particularly of marine fish and seafood, which puts pressure on domestic producers and underscores the need for competitive marketing strategies.

Table 1 provides a summary analysis of the main characteristics of the current structure of Ukrainian fish production.

This analytical information forms the foundation for further assessment of the current state of marketing strategies used by Ukrainian producers, which must be adapted to the evolving market environment and aligned with the needs of targeted consumer groups.

Table 1. Analysis of the Structure and Specifics of Fish Product Manufacturing in Ukraine

Indicator / Direction	Characteristics
Main sectors	Industrial fishing, aquaculture, processing
Geographic concentration	Central (Dnipropetrovsk, Cherkasy), Southern (Odesa) regions
Popular aquaculture species	Carp, silver carp, grass carp, pike-perch, trout, sturgeon
Import dependence	High (marine fish, seafood)
Domestic production potential	High in the freshwater fish segment
Key challenges	Competition from imports, weak branding, limited modernization
Prospects	Development of niche products, focus on quality, sustainability, and locality

At the same time, Ukraine's domestic market remains significantly dependent on imported fish products, particularly marine species such as herring, mackerel, and cod, as well as seafood such as shrimp, squid, and mussels—mostly imported from EU countries, Iceland, Norway, and China. This situation presents significant challenges for domestic producers, who are forced to compete not only in terms of price, but also in quality, service, and marketing. Consequently, it reinforces the necessity of revising current approaches to the marketing positioning of Ukrainian fish products and implementing innovative sales strategies tailored to modern consumer expectations.

Special attention should be paid to marketing practices within the small and medium-sized business (SMB) segment of Ukraine's fishery sector. SMBs play a crucial role in the structure of the national fish industry, providing flexibility, adaptability, and regional coverage of production and distribution processes. Representatives of this segment typically include family farms, private enterprises, sole proprietorships, and cooperatives focused on fish cultivation, processing, or sales. However, most of these entities operate under conditions of limited financial, human, and technological resources, which directly affects their capacity to apply systematic marketing approaches.

While large enterprises possess significantly broader resources for planning and implementing comprehensive marketing strategies, most small producers rely primarily on intuitive, local, or situational methods of product promotion. This creates a notable gap between them in terms of brand recognition, market entry, consumer interaction, and product positioning (Table 2).

Below is a illustrating the specific features of small and medium-sized businesses (SMBs) in the field of fish product marketing in Ukraine (Table 3). It provides a structured overview of both internal characteristics (strengths and weaknesses) and external factors (opportunities and threats) influencing the effectiveness of marketing strategies in this segment.

Table 2. Comparative Table of Marketing Practices Between SMBs and Large Enterprises in Ukraine's Fishery Sector

Criterion	Small and Medium-Sized Businesses (SMBs)	Large Enterprises
Main sales channel	Direct sales at markets, fairs, via social media	Retail chains, supermarkets, HoReCa, exports
Branding level	Minimal or absent	Established brands with recognizable image
Digital marketing tools	Basic (social media, messengers)	Professional SMM, SEO, websites, online stores
Participation in exhibitions	Regional fairs and expos	National and international forums
Market segmentation	Absent or elementary	Based on research and consumer behavior analysis
Advertising investment	Very limited	Regular budgets for marketing campaigns
Packaging and labeling	Simple or non-branded	Certified, branded packaging
Customer communication	Personal interaction, social media	Omnichannel platforms and CRM systems

Table 3. SWOT Matrix of Small and Medium-Sized Businesses in Fish Product Marketing

Strengths	Weaknesses
Flexibility and adaptability to local demand	Limited marketing knowledge and strategic planning capacity
Direct customer engagement and trust	Low investment in branding and advertising
Regional and niche product specialization	Weak digital presence and outdated promotion methods
Potential for product authenticity and locality	Lack of certification and professional packaging
Opportunities	Threats
Growth in demand for local and eco-friendly food	High competition from imports and large producers
Development of short supply chains and cooperatives	Regulatory burdens and lack of support infrastructure
Digitalization and e-commerce expansion	Consumer preference for recognized brands
Access to international technical assistance	Market volatility and economic instability

Analyzing the provided matrix, it can be argued that the key competitive advantage of SMBs lies in their adaptability, proximity to the consumer, and the potential for local branding. However, leveraging these strengths requires overcoming a range of internal constraints and capitalizing on external opportunities—through digital transformation, organizational cooperation, and improved marketing literacy.

Despite some development dynamics, the marketing strategies of Ukrainian fish producers remain vulnerable to a number of systemic issues that hinder

the formation of a competitive environment within the industry. The main barriers include:

- Low level of marketing competence. Most small and medium-sized enterprises lack dedicated marketing professionals and the knowledge necessary to independently develop effective communication and sales strategies. This results in weak interaction with both consumers and the broader market environment.

- Limited access to key sales channels. Due to a shortage of modern logistics infrastructure, refrigeration and packaging equipment, and a lack of established partnerships, products from small producers rarely reach national retail chains, the HoReCa sector, or specialized eco-stores.

- Low level of brand positioning. Products are often sold without proper labeling, packaging, or brand concept, which makes them less appealing compared to imported alternatives.

- Limited financial resources. Implementing marketing strategies requires capital investment, but most SMBs lack access to stable financing. Credit in the sector is offered at high interest rates, while state support programs remain fragmented and unpredictable.

- Regulatory challenges. The national legal framework for aquaculture and fish processing needs significant improvement. Complicated certification procedures, permitting processes, and product accounting hinder business legalization and expansion.

- Strong competition from imported products. Imported fish often benefits from economies of scale, lower production costs, and advanced marketing campaigns tailored to retail consumers.

Collectively, these factors create an unfavorable environment for the development of effective marketing in the sector and require comprehensive governmental, educational, and institutional support to unlock the potential of national producers.

International experience demonstrates a wide diversity of models for organizing fish production, logistics, and product promotion in both domestic and international markets. Notably, the most systematic approaches are observed in countries with advanced aquaculture sectors—such as China, Norway, and Chile—where fish production is integrated into global agri-food value chains. Common features of these models include the presence of national fishery development strategies; strict quality and traceability control; the implementation of innovative logistics solutions (cold chain, RFID, blockchain); and support for small producers through cooperatives or integration with processors.

Norway, as an example of the European model, focuses on high value-added products—particularly premium salmon varieties exported to over 100 countries. A high level of state support, including infrastructure subsidies and

environmental licensing, creates favorable conditions for sustainable development. China, in contrast, demonstrates a model of intensive aquaculture with an emphasis on scale and self-sufficiency, while actively promoting exports through logistical advantages and price flexibility. In the United States and Canada, oceanic fishing is combined with deep processing and strong support for local consumption through “buy local” programs.

For Ukraine, which possesses substantial aquatic and biological resources, the following adaptation directions are particularly relevant (Table 4):

Table 4. International Practices in Fish Product Production and Export and Their Adaptation Potential in Ukraine

Country	Key Practices	Adaptation Opportunities for Ukraine
Norway	Government support for exporters, environmental certification (ASC), specialized logistics hubs	Introduction of HACCP/ASC certification; creation of export-logistics centers in fishery regions
China	Large-scale aquaculture, domestic market orientation, subsidies for technology	Development of freshwater aquaculture; co-financing programs for cultivation technologies
Chile	Export-oriented processing (fish, fishmeal), integrated production clusters	Creation of production clusters in the Azov and Danube regions
USA / Canada	Support for the local market, digitalized tracking and sales, "buy local" programs	Implementation of online sales platforms; local branding to support domestic producers
Netherlands / Italy	Cooperative models of production and marketing	Establishment of marketing cooperatives for fishers and farmers with state support
Japan	Product traceability, labeling, traditional craftsmanship combined with modern service	Introduction of QR coding; promotion of cultural elements in fish tourism

- Institutionalization of aquaculture as an export-oriented sector through the adoption of a national strategy supporting freshwater fish farming and the creation of preferential conditions for certification according to EU standards (e.g., HACCP, ASC).

- Development of cooperative models as an alternative to large-scale enterprises—by uniting small producers into marketing or production associations, following models applied in the Netherlands or Italy.

- Investment in logistics infrastructure, particularly in regions with high concentrations of fishery enterprises (e.g., Kherson, Chernivtsi, and Volyn oblasts), including cold storage facilities, pre-processing stations, and access to railway hubs.

- Expansion of digital integration through the implementation of online trading platforms, QR-code labeling for product origin verification, and integration into international electronic exchanges.

Taking into account global market trends—especially the increasing demands for transparency, sustainable resource use, and traceability – it is advisable for Ukrainian producers to align with standards and technologies that provide not only a competitive advantage but also long-term ecological and social sustainability.

Even in the absence of substantial financial resources, Ukraine has the potential for gradual adaptation of effective international practices. Key directions include the modernization of production facilities, digitalization of tracking and logistics systems, and the development of cluster and cooperative infrastructure – all of which will contribute to enhancing the global competitiveness of Ukrainian fish products.

Thus, international experience demonstrates the high effectiveness of a comprehensive approach to fishery sector development, one that combines state support, modern technologies, producer cooperation, and digital solutions. For Ukraine, the priority is not to mechanically copy foreign models, but rather to adapt selected elements to the local context—considering the country’s natural resource potential, institutional constraints, and domestic market conditions. The phased implementation of certification systems, logistics modernization, transparent tracking, and the formation of export-oriented clusters could form the foundation of a long-term strategy for the competitive development of Ukraine’s fish product sector.

In the current context, considering the destabilization of the agri-food sector caused by full-scale war, global competition, and shifting consumer behavior, Ukraine’s fishery sector requires a significant update in marketing approaches. Taking into account the strategic development directions outlined in the *“Strategy for Agricultural Development of Ukraine until 2030”*, it is crucial to adapt marketing strategies to the demands of the digital economy, growing demand for healthy food, and export expansion. Accordingly, there is a need to develop an integrated marketing strategy that aligns with current market conditions and ensures the competitiveness of Ukrainian fish products.

Marketing strategies should be based on clear product positioning. Positioning by quality and freshness criteria represents a key competitive advantage for Ukrainian producers. Due to shorter logistics chains, Ukrainian producers are able to guarantee minimal time between harvesting or farming and product delivery, which aligns with European consumers' expectations for "fresh products." Environmental and local positioning are also important and can be implemented through brand creation based on the geographical origin of the product. This aligns with the principles of Geographical Indications (GI), widely applied in the EU and partially supported in Ukraine through programs for small-scale producers such as Ukraine GAP. Furthermore, focusing on healthy nutrition values—particularly the benefits of omega-3 fatty acids for cardiovascular health—

meets the rising trend toward healthy lifestyles, particularly among urban populations and younger generations [3].

A key direction involves the development of digital marketing. Digital technologies significantly enhance the ability to promote fish products. Creating an adaptive website with an online ordering module, quality certifications, and traceability features is a critical step toward meeting international standards, particularly those under the EU Food Safety Framework Program. Promotion via social media platforms such as Instagram, Facebook, and TikTok—leveraging visual content including stories, recipes, and testimonials—is expected to become a powerful tool for consumer engagement. Tools like content marketing and instructional videos on fish preparation and storage can foster emotional brand connection.

Active communication with the end consumer is an essential component of a successful marketing strategy. To this end, consumer segmentation is necessary, targeting distinct groups such as families with children, youth, the HoReCa segment, and retirees. Establishing feedback systems through social media, surveys, and QR codes on packaging will enhance consumer engagement. Additionally, implementing loyalty programs—such as cumulative bonuses and personalized discounts—can help increase repeat purchases and build emotional brand loyalty.

Brand development is another critical element of a marketing strategy. Ukrainian fish producers should create a strong visual identity through logos, colors, and slogans that reinforce the perception of product quality. Participation in industry exhibitions such as *AgroExpo* and *ProFoodTech*, as well as trade missions, will increase visibility in international markets. Integration into omnichannel distribution systems—including online platforms, marketplaces, HoReCa, and supermarket chains—will allow producers to reach a wider range of customers and boost overall sales.

It is also necessary to ensure institutional and governmental support for the development of the fishery sector. A key element is the establishment of state programs to compensate expenses related to certification, participation in trade exhibitions, and marketing initiatives. Ukraine should develop a unified online portal for fish product exporters and organize trade missions to promote Ukrainian fish on international markets. In addition, the development of advisory marketing centers based at specialized universities or regional institutions is essential, as it will help improve the qualification level of fishery enterprises.

The implementation of these strategies will enhance the competitiveness of Ukrainian fish products both in domestic and international markets, thereby contributing to the sustainable development of the fishery sector and strengthening its position in the global marketplace.

The proposed recommendations for improving marketing strategies in Ukraine's fisheries sector are based on an analysis of current agri-food market trends, theoretical models, and international best practices. Implementing

these strategies has strong potential to enhance competitiveness not only at the enterprise level but also across the sector as a whole, enabling a more effective response to modern market challenges.

The expected effects of implementing the proposed recommendations can be evaluated across several key dimensions. First, the economic effects include increased sales volumes in the domestic market through more effective product positioning, communication, and distribution channels. This will improve business profitability, as reduced reliance on traditional sales formats and the shift toward digital channels help lower operational costs. Furthermore, the expansion of fish exports – particularly to the EU, the Middle East, and Asia – can generate new foreign currency inflows and strengthen the sector's resilience to domestic market fluctuations.

Social effects involve the preservation and creation of jobs in rural areas, which supports local economic development and civic sector stability. Additionally, improving access to high-quality and safe fish products will contribute to higher levels of national food security. One important social outcome is the cultivation of a fish consumption culture, particularly among youth, which aligns with broader healthy lifestyle trends.

Institutional effects include strengthening the role of producer clusters, associations, and regional alliances in promoting collective branding. Such collaboration enables resource pooling and the development of more effective promotional strategies for both domestic and foreign markets. New forms of public-private partnerships in agricultural marketing will also emerge, facilitating the implementation of strategies at the national level.

However, despite the positive outlook, the implementation of these recommendations may face several barriers. One of the main risks involves the financial constraints of small and medium-sized enterprises, which may lack sufficient resources for digitalization, branding, or international market entry. Institutional instability – especially shifts in the political or regulatory environment under martial law – may slow the processes of long-term planning and strategy execution. Moreover, the low level of digital literacy among some producers, particularly in rural communities, hinders the full utilization of online tools, which are essential for adapting to modern market requirements. Another constraint is the limited purchasing power of consumers in certain Ukrainian regions, which may reduce demand for higher-value-added products. External threats – such as declining demand for imported products due to global economic crises or logistical disruptions – could also significantly complicate the situation.

In this context, it is essential to establish effective mechanisms for adaptive risk management, as well as to ensure support from the state, international organizations, and donor funds that can provide the necessary resources for the development of the sector.

To achieve the maximum effect from the implementation of the proposed recommendations, it is important to focus scientific efforts on several key directions. One of the critical aspects involves the development of regional branding models for fish products, taking into account ecological purity, geographical location, and cultural characteristics. Assessing the effectiveness of digital promotion channels for fish products, with consideration for the behavioral traits of Ukrainian consumers, will serve as a basis for creating more precise and effective marketing strategies. Monitoring the impact of governmental support programs on the level of marketing innovation in small enterprises is also crucial. International comparative studies of fish promotion strategies in the EU, Scandinavia, and Asia will enable the identification of successful practices that can be adapted to the Ukrainian context. In light of post-war market recovery, it is also important to model development scenarios that include changes in demand, consumption structure, and export potential.

Overall, a systematic approach to improving marketing in Ukraine's fisheries sector may become a foundation for the economic recovery of the industry and its integration into global agri-food chains.

Conclusions. The improvement of marketing strategies for Ukrainian fish producers is a critically important factor in strengthening the competitive position of the industry under conditions of external instability and evolving consumer expectations. The proposed recommendations, grounded in an analysis of current market trends, international practices, and national production characteristics, demonstrate a multifaceted approach to development—ranging from communication digitalization to the formation of joint brands and cluster associations. The comprehensive implementation of such strategies will not only ensure the sustainable development of enterprises but also contribute to the cultivation of a value-oriented fish consumption culture, the enhancement of food security, and the growth of Ukraine's export potential. In the context of global market integration, the fisheries sector has all the prerequisites to become a significant component of national agri-food exports, provided that it is supported by proper governance, state assistance, and scientific guidance.

ВДОСКОНАЛЕННЯ МАРКЕТИНГОВИХ СТРАТЕГІЙ УКРАЇНСЬКИХ ВИРОБНИКІВ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ: РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Бургаз М. І. – к.б.н., доц.,

Соборова О. М. – к.г.н., доц.,

*Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
marynaburhaz@gmail.com, olkasobr@gmail.com*

У статті здійснено комплексний аналіз сучасного стану маркетингових стратегій українських виробників рибної продукції в контексті актуальних внутрішніх викликів та динамічних трансформацій глобального рибного ринку. Встановлено,

що на сьогодні національний сектор аквакультури та рибного господарства характеризується низьким рівнем інтеграції сучасних маркетингових інструментів, що знижує ефективність позиціонування української продукції як на внутрішньому, так і на міжнародному ринках.

Однією з ключових проблем виявлено недостатню розвиненість стратегічного брендингу, відсутність сталої системи комунікації зі споживачем, а також обмежене використання цифрових каналів дистрибуції та просування. Більшість підприємств діють у межах вузького локального ринку, не маючи усталеної маркетингової політики, орієнтованої на довгостроковий розвиток.

Для поглиблення дослідження проаналізовано провідні зарубіжні практики країн з високим рівнем розвитку рибного господарства – зокрема Німеччини, Польщі, США та Китаю. Визначено, що успіх цих країн значною мірою забезпечено впровадженням інноваційних підходів у просуванні рибної продукції, широким використанням елементів екологічного маркетингу, а також ефективною взаємодією між виробниками, торговельними мережами та державними інституціями. Особливу увагу приділено досвіду розвитку кооперативних форм господарювання, сертифікації якості та екологічного походження продукції, а також створенню сталих брендів із високою лояльністю споживачів.

На основі проведеного аналізу запропоновано низку практичних рекомендацій, реалізація яких дозволить активізувати маркетингову діяльність українських виробників. Серед них: формування системи локального брендингу, розвиток інтернет-продажів та соціальних медіа як каналів взаємодії зі споживачем, підтримка кооперацій між дрібними виробниками, а також орієнтація на екологічно чисту, сертифіковану продукцію.

У результаті дослідження обґрунтовано перспективи формування комплексної системи просування української рибної продукції, яка здатна не лише задовольняти зростаючі запити внутрішнього споживача, але й посилювати конкурентоспроможність на міжнародних ринках, що є особливо важливим в умовах євроінтеграційних процесів та лібералізації торгівлі.

Ключові слова: маркетинг рибної продукції; аквакультура; брендинг; експорт; споживчі вподобання; цифрові канали збуту; міжнародний ринок; конкурентоспроможність; кооперація; екологічна сертифікація; маркетингові стратегії; рибне господарство України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стратегія розвитку сільського господарства України до 2030 року [Електронний ресурс]. URL: <https://minagro.gov.ua>
2. European Commission. Marketing standards for fishery and aquaculture products [Електронний ресурс]. URL: <https://ec.europa.eu/fisheries>.
3. Ukraine GAP: Програма підтримки малих агровиробників [Електронний ресурс]. URL: <https://ukrainegap.org.ua>.
4. Food Safety Framework Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Communities, 2002.
5. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome: FAO, 2022. 266 p.

6. OECD. Digital Opportunities for Better Agricultural Policies. Paris: OECD Publishing, 2021. 152 p.
7. Seafish. Fish is the Dish: Campaign Toolkit [Електронний ресурс]. URL: <https://www.fishisthedish.co.uk>
8. ЄБРР. Програми підтримки малого та середнього бізнесу в агросекторі [Електронний ресурс]. URL: <https://www.ebrd.com/ukraine>
9. USAID AGRO. Агроінновації та маркетинг у малому бізнесі [Електронний ресурс]. URL: <https://agro-usaid.org.ua>

REFERENCES

1. *Strategiia rozvytku silskoho hospodarstva Ukrainy do 2030 roku* [Strategy for the Development of Agriculture of Ukraine until 2030]. URL: <https://minagro.gov.ua> [in Ukrainian].
2. European Commission. Marketing standards for fishery and aquaculture products. URL: <https://ec.europa.eu/fisheries>
3. Ukraine GAP: *Prohrama pidtrymky malykh ahrovyrobnykiv* [Small Agricultural Producers Support Program]. URL: <https://ukrainegap.org.ua> [in Ukrainian].
4. Food Safety Framework Regulation (EC) No 178/2002 of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Communities, 2002.
5. FAO. (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome: FAO.
6. OECD (2021). Digital Opportunities for Better Agricultural Policies. Paris: OECD Publishing.
7. Seafish. Fish is the Dish: Campaign Toolkit. URL: <https://www.fishisthedish.co.uk>
8. *YeBRR. Prohramy pidtrymky maloho ta serednoho biznesu v ahrosektori* [EBRD. Programs to support small and medium-sized businesses in the agricultural sector]. URL: <https://www.ebrd.com/ukraine> [in Ukrainian].
9. *USAID AGRO. Ahroinnovatsii ta marketynh u malomu biznesi* [USAID AGRO. Agroinnovations and Marketing in Small Business]. URL: <https://agro-usaid.org.ua> [in Ukrainian].

UDC 576.3:577.1:591.4

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.3>

THE USE OF INVERTEBRATES IN BIOTECHNOLOGY: MEDICINAL LEECHES, SILKWORMS, BEES

Lichna A. I. – Senior Lecturer,
I.I. Mechnikov Odesa National University,
lichnaya.nastya.95@gmail.com

The article summarizes current trends in the biotechnological use of invertebrate animals, particularly medicinal leeches (*Hirudo medicinalis*), silkworms (*Bombyx mori*), and honey bees (*Apis mellifera*). It examines the bioactive substances produced by these organisms and analyzes their potential applications in medical, pharmaceutical, cosmetological, and bioengineering fields. Special attention is given to hirudotherapy – a method of treatment using the secretion of leech salivary glands, which contains enzymes with anticoagulant, anti-inflammatory, analgesic, and antibacterial properties. The role of hirudotherapy in microsurgery and aesthetic medicine is also highlighted.

The modern use of silk proteins–fibroin and sericin–in the development of biocompatible and biodegradable materials for tissue engineering, controlled drug release, wound healing, as well as in dental and ophthalmological practice is described. The article also emphasizes the prospects for using bioactive silk peptides in pharmaceutical and cosmetic developments.

The potential of apitherapy – a biotechnological approach based on the therapeutic properties of bee products (honey, propolis, wax, apitoxin, royal jelly) is revealed. Scientific data are provided on their antiseptic, regenerative, anti-inflammatory, and immunomodulatory effects. Their potential use in the creation of medicinal and cosmetic products is assessed.

The article presents the results of current studies confirming the effectiveness and promise of using invertebrate animals as sources of biologically active substances and technological solutions in modern biotechnology. The summarized data can serve as a foundation for further interdisciplinary research and the implementation of innovations in medical practice.

Keywords: invertebrates, biotechnology, hirudotherapy, fibroin, sericin, silkworm, bees, apitherapy, bioactive substances, medical application.

Problem statement. The development of biotechnology requires the search for new environmentally safe and highly effective sources of biologically active substances. In this context, invertebrate animals represent a promising biological resource for medical, pharmacological, and cosmetological technologies. Despite the significant amount of empirical data, the task of scientific systematization of knowledge and the development of new approaches to the practical use of these organisms in biotechnological processes remains relevant.

Analysis of recent research and publications. Modern scientific literature covers a wide range of studies dedicated to the biotechnological potential

of various invertebrate species. In particular, hirudotherapy demonstrates the effectiveness of enzymes found in the saliva of medicinal leeches (hirudin, bdellins, eglins) in the treatment of thrombosis, varicose veins, and cardiovascular diseases. In the fields of entomology and biomaterials science, the use of silk proteins – fibroin and sericin – as a basis for creating bioimplants and tissue scaffolds is actively being studied. Apitherapy research confirms the wide range of pharmacological activity of honey, propolis, bee venom, and wax. At the same time, comparative interspecies studies on the effectiveness and biosafety of using these organisms in biotechnologies remain insufficiently explored.

Objective. The aim of this work is to conduct a comprehensive analysis of modern approaches to the use of medicinal leeches, silkworms, and bees in biotechnology. The objectives of the study are: to characterize the biological features of the studied organisms that determine their biotechnological potential; to analyze the areas of practical application of these species in medicine and industry; and to identify the advantages and limitations of their use in biotechnological processes.

Research results. The integrated use of invertebrates in biotechnology opens up prospects for the creation of multifunctional biomaterials that combine the properties of various biological agents. In particular, the combined use of medicinal leech secretions, silk proteins from silkworms, and apitherapeutic products enables the development of innovative tools for tissue engineering, chronic wound treatment, and a range of dermatological disorders. For example, silk fibroin-based hydrogel matrices containing hirudin and propolis have been developed, characterized by antimicrobial, anti-inflammatory, and regenerative properties.

The synergistic effect of such biocomposites is due to the combination of the physicommechanical stability of silk proteins with the bioactivity of leech and bee components. Hirudin provides anticoagulant protection of microvessels, sericin promotes the migration of keratinocytes and fibroblasts, while propolis and honey have strong antiseptic properties, which are critically important for the healing of infected wounds. These materials can be used as biofilms, dressings, or systems for local drug delivery.

In addition, there is potential for bioengineering the combined properties of leech peptides and bee venom to create new anti-inflammatory and analgesic agents. For example, melittin – the main component of bee venom – exhibits a synergistic effect when combined with leech-derived thrombin inhibitors in reducing swelling and pain in rheumatological practice.

Thus, the integrative use of biological resources from different invertebrate species significantly expands the possibilities of modern biomedicine, enabling the development of complex, multifactorial therapeutic platforms.

Medicinal Leeches (*Hirudo medicinalis*) are among the oldest biotherapeutic agents that continue to hold clinical relevance in modern medicine.

Their therapeutic effect is primarily based on saliva, which contains over 100 biologically active compounds, among which the key components are hirudin, bdellins, eglins, hyaluronidase, and apyrase. Hirudin is a potent thrombin inhibitor that provides an anticoagulant effect – critically important in the treatment of thromboembolic complications, coronary artery disease, and heart attacks. Other enzymes exhibit anti-inflammatory, analgesic, anti-edematous, and anti-bacterial properties.

Hirudotherapy has found application in aesthetic medicine for improving microcirculation, lymphatic drainage, and reducing swelling and inflammatory processes in the dermis. The biologically active components of leech saliva promote tissue regeneration, increase skin turgor, enhance facial complexion, and aid in the treatment of dermatological conditions such as acne, rosacea, and post-acne marks.

In microsurgery, leeches are used as an effective tool for eliminating venous congestion following tissue transplants (such as ear, finger, or lip replantation). Their ability to provide temporary venous drainage, reduce swelling, and prevent thrombosis enhances the viability of transplants. An additional advantage is the presence of analgesic components in leech saliva, which help reduce postoperative pain.

Clinical studies confirm the relevance of using hirudotherapy in reconstructive surgery, dermatology, and aesthetic medicine. A visualization of the prevalence of clinical cases involving this method across various medical fields is presented in Figure 1 [1].

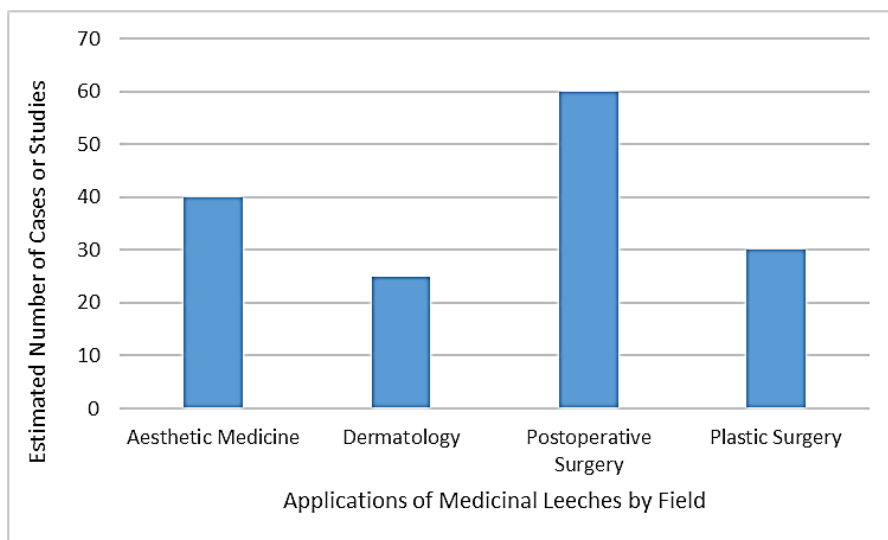


Fig. 1. Applications of Medicinal Leeches by Field

Medicinal Leeches (*Hirudo medicinalis*). In modern biomedicine, medicinal leeches (*Hirudo medicinalis*) have regained considerable attention due to their potent anticoagulant properties. They are widely used in microsurgery, particularly in limb replantation and reconstructive procedures, to restore microcirculation and prevent thrombosis. The primary bioactive component of leech saliva – hirudin – inhibits thrombin, thereby preventing blood clot formation. Although precise statistics on the clinical use of *H. medicinalis* are currently limited, numerous clinical reviews indicate a growing demand for hirudotherapy in many countries across Europe, Asia, and North America.

At the same time, the active commercial use of leeches in medicine presents ecological challenges. Natural populations of *Hirudo medicinalis* are under pressure due to overharvesting, habitat degradation, and changes in hydrological conditions, which has led to the inclusion of this species on protected lists in several regions. This highlights the urgent need to develop artificial breeding technologies for leeches to meet the needs of medicine and scientific research.

Silkworm (*Bombyx mori*). The silkworm (*Bombyx mori*) is one of the most thoroughly studied species in the field of biotechnology, primarily due to the unique properties of the silk it produces. The silk thread consists of two structural proteins – fibroin and sericin. Fibroin, which forms the fibrous core of the cocoon, is distinguished by its high mechanical strength, biocompatibility, low immunogenicity, and capacity for controlled biodegradation. These characteristics make it an extremely promising material for use in tissue engineering, the development of bioactive implants, corneal transplants, nerve conduits, and vascular prostheses [4].

Special attention should be given to fibroin-based 3D scaffolds, which are actively used as matrices for culturing osteoblasts, chondrocytes, and fibroblasts, thus promoting the regeneration of bone, cartilage, and connective tissues. Additionally, fibroin is employed as a carrier for controlled drug delivery. Micro- and nanocapsules made from this protein ensure prolonged release of active substances, including antibiotics, anticancer agents, and vaccines, enabling the development of personalized therapeutic regimens with optimized pharmacokinetic parameters.

Sericin, the other protein component of the cocoon, exhibits antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory activity. It is being actively studied in cosmetology and dermatology as a promising ingredient in skincare and hair-care products. Bioactive peptides of sericin, obtained through hydrolysis, have demonstrated the ability to reduce oxidative stress, stimulate cell proliferation, and promote tissue healing (Table 1) [2].

These data highlight the multifunctionality of silk proteins and their high potential in translational medicine and pharmaceuticals. Innovative approaches to modifying fibroin and sericin allow for the optimization of their properties for targeted use, opening up prospects for the development of new biocompatible materials with tailored characteristics [4].

Table 1. Comparative Characteristics of the Biotechnological Applications of Silkworm Fibroin and Sericin (*Bombyx mori*)

Protein Component	Application Field	Form of Use	Main Functions and Effects
Fibroin	Tissue engineering	3D scaffolds, films, hydrogels	Supports cell adhesion, biocompatibility, stimulates tissue regeneration
	Surgery and transplantation	Bioimplants, vascular grafts, nerve conduits	Biodegradability, mechanical strength, no immune response
	Pharmaceuticals	Micro- and nano-capsules for drug delivery	Controlled release, stability of active substances, improved bioavailability
	Ophthalmology	Transparent films	Used as corneal transplants, sterility, transparency, biocompatibility
Sericin	Cosmetology	Creams, serums, masks	Antioxidant action, moisturizing, anti-inflammatory effects
	Dermatology	Peptide fractions, hydrogels	Wound healing support, oxidative stress protection, antimicrobial activity
	Pharmaceuticals	Protein-based bioactive complexes	Immunostimulation, drug delivery, improved stability of bioactive compounds

Figure 2 presents a comparative analysis of the use of fibroin and sericin proteins across different biotechnological fields. As shown in the diagram, fibroin is most widely used in regenerative medicine, the pharmaceutical industry, and ophthalmology, due to its excellent mechanical properties, biocompatibility, and low immunogenicity. In contrast, sericin is predominantly utilized in cosmetology, dermatology, and nanomedicine, owing to its moisturizing, antioxidant, and anti-inflammatory characteristics.

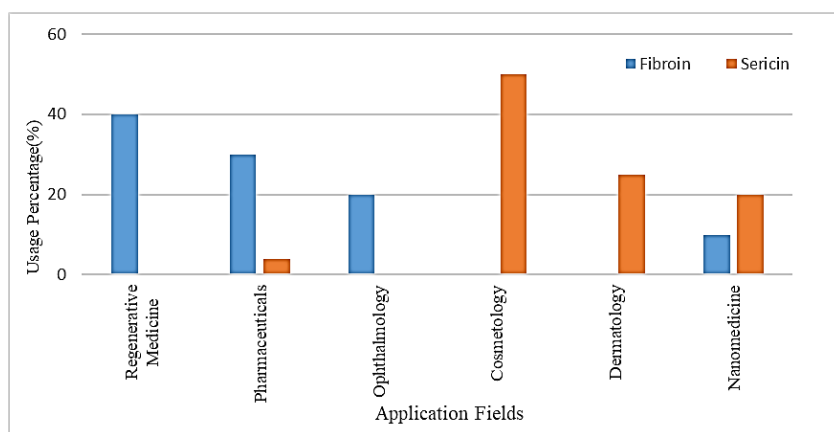


Fig. 2. Comparison of Fibroin and Sericin Applications in Biotechnology

Silkworms (*Bombyx mori*) remain the primary biological source of natural silk, which is important not only for the textile industry but also for modern biotechnological advancements. According to 2023 data, China is the leading producer of silkworm cocoons, accounting for approximately 834,000 metric tons or about 80 % of global production. India ranks second, contributing around 16 % of the global volume. The development of sericulture holds significant socio-economic importance, promoting employment in rural areas and reducing urbanization by lowering migration rates to cities [7].

Bees (*Apis mellifera*) also play a significant role in biotechnological research and practical applications, particularly in medicine, pharmaceuticals, and cosmetology. Beekeeping products are characterized by a unique biochemical composition and a wide range of biological activities – antimicrobial, anti-inflammatory, antioxidant, and immunomodulatory.

Honey, due to its natural antiseptic properties, is widely used in the treatment of wounds, burns, and trophic ulcers. Its antimicrobial activity is attributed to the presence of the enzyme glucose oxidase, which produces hydrogen peroxide, as well as its low pH (3.2–4.5), which inhibits the growth of pathogenic microorganisms. Additionally, polyphenols and flavonoids in honey provide antioxidant effects, promoting tissue regeneration.

Propolis, or bee glue, exhibits a broad spectrum of antimicrobial activity, effectively acting against pathogens such as *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Its high flavonoid content ensures anti-inflammatory, analgesic, and antiviral properties. Propolis is actively used in the production of pharmaceutical preparations for the treatment of inflammatory conditions of the oral cavity and throat.

Beeswax is mainly used as a base for pharmaceutical ointments, creams, and suppositories due to its emollient properties, which help retain moisture in the skin and form a protective barrier.

Royal jelly is a highly bioactive product that stimulates cell proliferation, enhances metabolic processes, and strengthens the immune system. Its biochemical composition includes amino acids, B vitamins, enzymes, and fatty acids, which underpins its use in the production of immunomodulatory, tonic, and restorative preparations.

Bee venom is used in apitherapy – a branch of alternative medicine that employs it for treating musculoskeletal disorders, including arthritis, radiculitis, and osteochondrosis. The main biologically active components of bee venom are melittin, which has strong anti-inflammatory properties, and apamin, which enhances nerve conductivity (Figure 3).

The graph presents the number of primary biomedical application areas for five key beekeeping products: honey, propolis, beeswax, royal jelly, and bee venom. According to the data presented, the most versatile in the field of bio-

medicine are honey, propolis, royal jelly, and bee venom – each of these products has at least three main applications, including antimicrobial activity, immunomodulatory effects, and the ability to promote tissue regeneration. Beeswax, by contrast, is primarily used in the pharmaceutical and cosmetic industries as an auxiliary component [10].

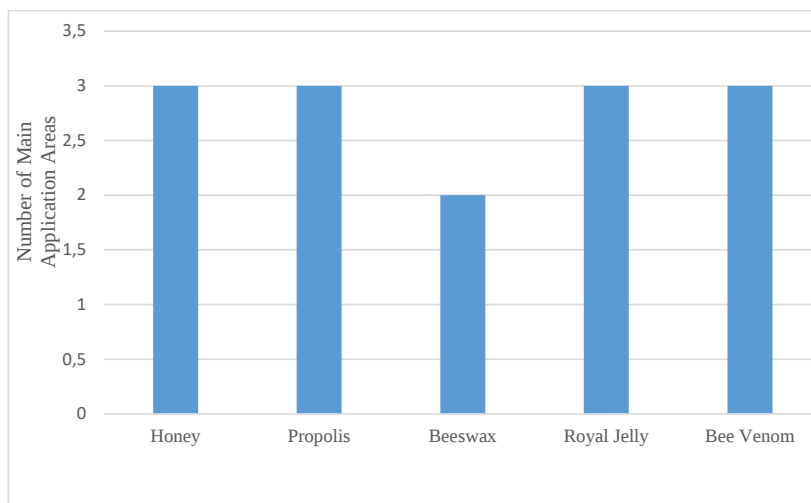


Fig. 3. Applications of Beekeeping Products in Biomedicine

Bees (*Apis mellifera*) play a critically important role in agriculture and biotechnology through the pollination of crops and the production of biologically active products such as honey, wax, propolis, royal jelly, and venom. According to estimates from the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the economic value of pollination services provided by bees amounts to hundreds of billions of US dollars annually. In addition, beekeeping products are widely used in medicine, cosmetology, and pharmaceuticals, further confirming their biotechnological significance. As of 2022, there were approximately 80 million bee colonies worldwide, producing around 1.6 million tons of honey annually, nearly half of which was exported. This underscores the crucial role of beekeeping in the global economy. In Ukraine, according to FAO data, annual honey production ranges from 66,000 to 73,000 tons, with around 400,000 registered beekeepers.

Thus, invertebrate animals represent promising subjects for biotechnological research and practical applications due to the high bioactivity of the substances they produce, their relative ease of maintenance, and their environmental safety. Their natural potential enables wide applications in medical, pharmaceutical, and cosmetic technologies. As the analysis shows, medicinal

leeches, silkworms, and bees are of significant importance for the advancement of regenerative medicine, apitherapy, tissue engineering, and the development of bioactive materials [9].

Medicinal leeches are used in microsurgery due to their ability to secrete hirudin – a natural thrombin inhibitor that prevents blood clotting and promotes tissue preservation following transplantation. In addition, hirudotherapy is gradually finding application in aesthetic medicine, particularly in rejuvenation procedures, which highlights the need for further research into its efficacy, mechanisms of action, and long-term clinical outcomes.

Silkworms (*Bombyx mori*) serve as a source of the protein's fibroin and sericin, which are used in the development of biodegradable implants, scaffolds for tissue engineering, and cosmetic and pharmaceutical products. Thanks to favorable molecular characteristics – including biocompatibility, thermal stability, and modifiability – silk proteins offer new prospects for the creation of personalized drug delivery systems with enhanced efficacy and reduced side effects.

Beekeeping products exhibit complex effects on the human body. Their antibacterial, immunomodulatory, anti-inflammatory, and wound-healing properties form the basis for the development of innovative medical and cosmetic products. In particular, honey and propolis are widely used in antibacterial ointments, gels, and wound dressings, while bee venom is applied in the treatment of rheumatic conditions, including arthritis.

In the future, the biotechnological potential of invertebrates may be significantly expanded through the integration of natural bioactive substances with advanced technologies – including nanotechnology, genetic engineering, and tissue bioengineering. However, the large-scale implementation of such technologies requires additional interdisciplinary research, including preclinical and clinical trials, safety assessments, and the development of regulatory frameworks for quality control. At the same time, the preservation of invertebrate biodiversity and the implementation of sustainable practices remain critical in light of ethical and ecological considerations in the development of biotechnology [8].

Ukraine possesses significant potential for the development of biotechnologies based on the use of invertebrate animals – medicinal leeches, silkworms, and honey bees. National traditions of hirudotherapy, active beekeeping practices, and the presence of scientific centers focused on innovative biomaterials create favorable conditions for the transfer of knowledge into practical applications (Table 2) [10].

For example, the enterprise «Hirudocenter» (Kharkiv) is one of the leading institutions in Ukraine in the cultivation of medicinal leeches and the production of biopharmaceuticals based on them. The company's products are supplied to both medical institutions and the cosmetology industry, demonstrating the commercial potential of hirudobiotechnologies.

Table 2. Key Areas of Invertebrate Biotechnology in Ukraine

Field	Institution/Enterprise	Main Activity	Sector Status
Hirudotherapy	Hirudocenter (Kharkiv)	Breeding of medicinal leeches, production of biopharmaceuticals	Active
Apitherapy	Institute of Beekeeping (Kyiv)	Research on bee products, development of therapeutic agents	Active
Apitherapy	LLC "Ecoproduct"	Production of phytopharmaceuticals from honey and propolis	Commercialized
Sericulture	Institute of Animal Science, NAAS	Silkworm research, base for experimental production	Limited

In the field of apitherapy and beekeeping product processing, the P. I. Prokopovych Institute of Beekeeping (Kyiv) plays an active role. It conducts research on honey, propolis, royal jelly, and bee venom, and develops new therapeutic and preventive preparations. Companies such as LLC «Ecoproduct» manufacture phytopharmaceuticals from bee products for both the domestic market and export.

Regarding sericulture, although the industry has declined in Ukraine, scientific institutions remain that could serve as a foundation for its revival (Table 3). For instance, the Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine has experience working with silkworms and possesses the infrastructure necessary for experimental production. Combined with modern biotechnologies, this could form the basis for the production of bioimplants, filters, and drug delivery carriers based on silk fibroin [7].

Table 3. Biotechnological Potential of Invertebrate-Derived Products

Source	Product Type	Biomedical Application	Development Level in Ukraine
Medicinal leeches	Extracts, leeches as agents	Anticoagulants, anti-inflammatory agents	Advanced
Honey bees	Propolis, royal jelly, venom	Immunomodulators, wound healing products	Advanced
Silkworms	Silk fibroin	Bioimplants, drug carriers, regenerative medicine	Pilot stage

It is also advisable to intensify efforts to integrate national projects into the European research space (for example, through programs such as Horizon Europe or COST Action). This would enable the attraction of investments, the implementation of modern quality control methods, and the adoption of international bioethical standards.

At the same time, ensuring environmental sustainability is essential – particularly the protection of wild populations of *Hirudo medicinalis*, the regulated harvesting of raw materials, the certification of apiaries, and the development of a national strategy for the sustainable biotechnological use of invertebrates. This strategy should integrate scientific, educational, environmental, and economic policies (Table 4).

**Table 4. Examples of International Experience
in the Field of Invertebrate Biotechnology**

Country	Application Type	Example/Company	Innovations
Germany	Medicinal leeches	BioPharma LEECH	Certified breeding (Class IIb)
Japan	Silk fibroin	Research centers	Bioelectronics, 3D printing
China	Silk proteins	Silk Engineering R&D Institutes	Medical implants, nerve conduits
France	Apitherapy, propolis	Apimab Laboratoires	Pharmaceutical products from bee-derived substances
Slovenia, Italy	Organic beekeeping	Certified apiaries	Export to EU and Asia

Ukraine, given its well-developed beekeeping sector, established scientific schools, accessible raw materials, and skilled professionals, has the potential to take a prominent position in this segment of the global bioeconomy. Expanding collaboration with international research programs, implementing EU certification schemes (e.g., GMP, ISO 13485 for medical devices), and supporting startups in the field of biomedical materials could transform the biotechnological processing of invertebrates from a niche area into a strong sector of the national innovation economy.

Conclusion.

1. Invertebrate animals, particularly medicinal leeches, silkworms (*Bombyx mori*), and honey bees (*Apis mellifera*), demonstrate high biotechnological potential due to the synthesis of unique biologically active substances and materials with pronounced therapeutic properties.

2. Medicinal leeches are a source of hirudin – a powerful natural anticoagulant used in microsurgery, regenerative, and aesthetic medicine. Their use requires further scientific research on efficacy and safety.

3. Silk proteins – fibroin and sericin – have broad applications in tissue engineering, pharmaceuticals, and cosmetology due to their biocompatibility, biodegradability, and modifiability. They also offer prospects for the development of personalized drug delivery systems.

4. Beekeeping products (honey, propolis, wax, royal jelly, and bee venom) are utilized in biomedical technologies thanks to their antibacterial, anti-inflammatory, immunomodulatory, and regenerative properties. They play a vital role in pharmaceuticals, cosmetology, and apitherapy.

5. The global significance of beekeeping is confirmed by its economic contribution through crop pollination and the wide use of beekeeping products. Ukraine ranks among the leading honey producers, which is of strategic importance to the national economy.

6. The further development of invertebrate-based biotechnologies involves integration with nanotechnology, genetic engineering, and tissue bioengineering. At the same time, it is crucial to ensure ethical regulation, environmental sustainability, and a scientifically grounded regulatory framework for quality control.

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗХРЕБЕТНИХ У БІОТЕХНОЛОГІЯХ: МЕДИЧНІ П'ЯВКИ, ШОВКОПРЯД, БДЖОЛИ

*Лічна А. І. – старша викладачка,
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
lichnaya.nastya.95@gmail.com*

У статті здійснено узагальнення сучасних напрямів біотехнологічного використання безхребетних тварин, зокрема медичних п'явок (*Hirudo medicinalis*), шовкопрядів (*Bombyx mori*) та медоносних бджіл (*Apis mellifera*). Розглянуто біоактивні речовини, які продукуються цими організмами, та проаналізовано можливості їх застосування у медичній, фармацевтичній, косметологічній і біоінженерній сферах. Особливу увагу приділено гірудотерапії – методу лікування з використанням секрету слинних залоз п'явок, що містить ферменти з антикоагулянтною, протизапальною, анальгезивною та антибактеріальною активністю. Окреслено також роль гірудотерапії в мікрохірургії та естетичній медицині.

Описано сучасне застосування шовкових білків – фіброїну і серицину – у створенні біосумісних, біодеградабельних матеріалів для тканинної інженерії, контролю вивільнення лікарських засобів, засобів загоєння ран, а також у стоматологічній та офтальмологічній практиці. Звернено увагу на перспективи використання біоактивних пептидів шовку у фармацевтичних і косметичних розробках.

Розкрито потенціал апітерапії – біотехнологічного напрямку, що ґрунтується на лікувальних властивостях продуктів бджільництва (меду, прополісу, воску, апітоксину, маточного молочка). Наведено наукові дані щодо їх антисептичних, регенеративних, протизапальних та імуномодулювальних ефектів. Оцінено можливості їх використання у створенні лікарських препаратів і косметичних засобів.

Представлено результати актуальних досліджень, які підтверджують ефективність та перспективність використання безхребетних тварин як джерела біологічно активних речовин і технологічних рішень у сучасній біотехнології. Узагальнені дані можуть слугувати підґрунтям для подальших міждисциплінарних розробок і впровадження інновацій у медичну практику.

Ключові слова: безхребетні, біотехнології, гірудотерапія, фіброїн, серицин, шовкопряд, бджоли, апітерапія, біоактивні речовини, медичне застосування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савченко І. А. Гірудотерапія: механізми дії та клінічне застосування. Київ: Медицина. 2020.
2. Шевченко М. В., Поліщук Н. І. Перспективи використання фіброїну шовку в регенеративній медицині. *Біотехнологія*. 2019. № 12(3), 45-52.
3. Хомич Г. В. Біоактивні речовини продуктів бджільництва: фармакологічні властивості та медичне застосування. *Фармацевтичний журнал*. 2021. № 5(1). С. 28-34.
4. Altman, G. H., Diaz, F., Jakuba, C., et al. Silk-based biomaterials. *Biomaterials*. 2003. 24(3). 401-416. URL: [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(02\)00353-8](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(02)00353-8)
5. Michalsen, A., & Roth, M. Medicinal leech therapy. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2012. Article ID 505412. URL: <https://doi.org/10.1155/2012/505412>
6. Islam, R., & Yasin, M. Medicinal values of honey and propolis in wound healing and infections. *Journal of Apicultural Research*. 2020. no. 59(1): 25-37. URL: <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1718237>
7. Bressan, E., Ferroni, L., Gardin, C., et al. Silkworm silk fibroin as a scaffold for tissue engineering. *Materials Science and Engineering*. 2013. C 33(2): 763-772. URL: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2012.10.001>
8. Комісаренко С. В., Марченко, Т. М. Природні біоактивні компоненти в сучасній фармацевтичній практиці. *Фармакоэкономика в Україні*. 2022. № 4(2), С. 11-19.
9. Кравченко Ю. І., Гуменюк А. Г. Технології з використанням біоматеріалів тваринного походження в медицині. *Біомедичні технології і радіоелектроніка*. 2018. № 5(2). С. 15-20.
10. Медвідь С. А. Апітерапія: наукові підходи до застосування продуктів бджільництва. *Український медичний часопис*. 2021. № 3(1). С. 54-60.

REFERENCES

1. Savchenko, I. A. (2020). *Hirudoterapiia: mekhanizmy dii ta klinichne zastosuvannia* [Hirudotherapy: mechanisms of action and clinical application]. Kyiv: Medicine. [in Ukrainian].
2. Shevchenko, M. V., & Polishchuk, N. I. (2019). *Perspektyvy vykorystannia fibroinu shovku v reheneratyvnyi medytsyni* [Prospects for the use of silk fibroin in regenerative medicine]. *Biotekhnohohiia* [Biotechnology], no. 12(3), 45-52. [in Ukrainian].
3. Khomych, H. V. (2021). *Bioaktyvni rehovyny produktiv bdzhilnytstva: farmakolohichni vlastyvosti ta medychne zastosuvannia* [Bioactive substances of bee products: pharmacological properties and medical

- applications]. *Farmatsevtychnyi zhurnal* [Pharmaceutical Journal]. 5(1), 28-34. [in Ukrainian].
4. Altman, G. H., Diaz, F., Jakuba, C., et al. (2003). Silk-based biomaterials. *Biomaterials*, 24(3):401-416. URL: [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(02\)00353-8](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(02)00353-8)
 5. Michalsen, A., & Roth, M. (2012). Medicinal leech therapy. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Article ID 505412. URL: <https://doi.org/10.1155/2012/505412>
 6. Islam, R., & Yasin, M. (2020). Medicinal values of honey and propolis in wound healing and infections. *Journal of Apicultural Research*, 59(1):25-37. URL: <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1718237>
 7. Bressan, E., Ferroni, L., Gardin, C., et al. (2013). Silkworm silk fibroin as a scaffold for tissue engineering. *Materials Science and Engineering*, C 33(2):763-772. URL: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2012.10.001>
 8. Komisarenko, S. V., & Marchenko, T. M. (2022). *Pryrodni bioaktyvni komponenty v suchasni farmatsevtychnii praktytsi* [Natural bioactive components in modern pharmaceutical practice]. *Farmakoeconomika v Ukraini* [Pharmacoeconomics in Ukraine]. 4(2), 11-19. [in Ukrainian].
 9. Kravchenko, Yu. I., & Humeniuk, A. H. (2018). *Tekhnolohii z vykorystanniam biomaterialiv tvarynnoho pokhodzhennia v medytsyni* [Technologies using biomaterials of animal origin in medicine]. *Biomedychni tekhnolohii i radioelektronika* [Biomedical technologies and radio electronics]. 5(2), 15-20. [in Ukrainian].
 10. Medvid, S. A. (2021). *Apiterapiia: naukovi pidkhody do zastosuvannia produktiv bdzhilnytstva* [Apitherapy: scientific approaches to the use of beekeeping products]. *Ukrainskyi medychnyi chasopys* [Ukrainian Medical Journal]. 3(1), 54-60. [in Ukrainian].

УДК 574:597:504.054(477.42–22)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.4>

ТРАНСФОРМАЦІЯ РАДІОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ РИБНОЇ БІОТИ РІЧКИ ЗДВИЖ У ПОСТЧОРНОБИЛЬСЬКИЙ ПЕРІОД

*Махінко Р. Г. – аспірант,
Дунаєвська О. Ф. – д. біол. н., професор,
Поліський національний університет,
vse-svit@ukr.net*

У статті представлено результати дослідження просторового розподілу радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у тканинах річкових видів риб, виловлених у водах річки Здвиж (Житомирська область) у 2025 році. Вивчено радіоекологічний статус водної біоти в умовах тривалого післяаварійного періоду Чорнобильської катастрофи. Дослідження охоплювало аналіз чотирьох видів риб – товстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*), коропа (*Cyprinus carpio*), карася (*Carassius auratus*) та щуки (*Esox lucius*), які є типовими представниками іхтіофауни вказаного регіону. Для кожного виду було здійснено анатомічне розділення на їстівну (м'язову) частину та голову з внутрішніми органами з подальшим визначенням рівнів радіонуклідів за допомогою методів гамма- та бета-спектрометрії. Отримано дані щодо варіативності накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr у різних анатомічних фракціях, що свідчать про наявність специфічних біоаккумуляційних закономірностей, зумовлених як біологічними особливостями виду, так і функціональним навантаженням тканин. Визначено, що голови та внутрішні органи акумулюють у 1,5–2,5 рази більше радіонуклідів, ніж м'язова тканина. Водночас хижа щука виявила зворотну тенденцію – вищий вміст цезію-137 у м'язах порівняно з іншими фракціями. За результатами порівняння з гігієнічними нормативами МОЗ України, всі показники перебували в межах допустимих рівнів, що вказує на відсутність безпосередньої загрози для споживачів. Разом з тим, результати підтверджують збереження так званої «радіоекологічної пам'яті» в екосистемі навіть у регіонах, які не входять до зони офіційного забруднення. Результати дослідження мають прикладне значення для оцінки безпечності рибної продукції, регіонального моніторингу, планування протирадіаційних заходів та формування рекомендацій щодо раціонального природокористування в басейні річки Здвиж.

Ключові слова: водні біоресурси, радіонукліди, ^{137}Cs , ^{90}Sr , риба, постчорнобильський період, анатомічна диференціація, радіоекологічна безпека.

Постановка проблеми. Аварія на Чорнобильській атомній електростанції 1986 року стала одним із наймасштабніших техногенних забруднень довкілля в історії людства. Однією з найнебезпечніших наслідків є викид довгоживучих радіонуклідів, зокрема цезію-137 (^{137}Cs) та стронцію-90 (^{90}Sr), які демонструють високу біологічну активність та здатність до біоаккумуляції. Незважаючи на минулі десятиліття, присутність

цих радіонуклідів фіксується у багатьох екосистемах, включаючи водні об'єкти, що не входять до офіційних зон радіоактивного забруднення.

У контексті сучасних викликів екологічної та харчової безпеки, особливої уваги потребує радіоекологічна оцінка біоресурсів, які можуть бути джерелом споживчих продуктів – зокрема, риби. М'ясо риб є важливим харчовим продуктом у раціоні людини, а наявність у ньому радіонуклідів навіть у низьких концентраціях становить потенційну загрозу для здоров'я. Актуальність проблеми посилюється відсутністю системного моніторингу у річках і водоймах, що розташовані за межами зон контролю, але мають гідрологічний зв'язок з територіями, де фіксувалися випадки радіоактивного забруднення.

Таким чином, необхідним є вивчення трансформацій радіоекологічного стану водних біоценозів у таких регіонах, аналіз радіонуклідного навантаження на різні біологічні тканини риб, а також оцінка токсикологічної небезпеки для споживача. Це дозволить удосконалити підходи до екологічного моніторингу та профілактики радіологічних ризиків, пов'язаних із вживанням водних біоресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Низка сучасних досліджень підтверджує тривалий вплив радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr на водні екосистеми України, зокрема у віддалений постчорнобильський період. Скиба В. В. здійснив ґрунтовний аналіз накопичення цих радіонуклідів у рибах водойм Лісостепу України, виявивши стабільне збереження стронцію-90 у кісткових тканинах, а цезію-137 – у м'язах [1]. Зарубіна Н. із колегами дослідили екологічний період напіврозпаду ^{137}Cs у різних видах прісноводної риби, зокрема з водойм, розташованих поблизу Чорнобильської зони, показавши поступове зниження вмісту радіонукліду в тканинах організмів навіть через десятки років після аварії [3].

На глобальному рівні вагомим джерелом є монографія Smith J. T. та Beresford N. A., в якій розглянуто довгострокові наслідки Чорнобильської катастрофи, зокрема щодо поведінки радіонуклідів у водних біотопах [2].

Робота Волкової О. М. зі співавторами акцентує на розподілі техногенних радіонуклідів серед гідробіонтів північної частини України, включаючи неспецифічні локальні накопичення у м'язовій тканині хижих видів риб [4]. Волкова О. М. та співавтори проаналізували динаміку вмісту ^{137}Cs у рибі Київського та Канівського водосховищ, що репрезентують басейн Дніпра, і довели необхідність постійного моніторингу через збереження підвищеного радіоекологічного фону в окремих ділянках водойм [5].

Окрім того, на рівні законодавства МОЗ України встановлено гранично допустимі рівні вмісту радіонуклідів у продуктах харчування (Наказ № 256 від 03.05.2006) [6], які є орієнтиром для екологічного та гігієнічного оцінювання рибної продукції. Актуальність оцінки стану забруднення під-

тверджується також державними даними агентства з управління зоною відчуження [10].

Дослідження Махінька Р. Г. фокусуються на регіональних особливостях Житомирського Полісся, де довгостроковий вплив аварії на ЧАЕС проявляється у складі гідробіонтів, незважаючи на офіційно «чистий» статус водойм [7, 8].

Аналіз радіаційного стану довкілля в Україні свідчить про просторову неоднорідність забруднення, включаючи водні екосистеми [9].

Архівні матеріали ДАЗВ України містять актуальні спостереження за станом водойм зони відчуження, включно з рибогосподарськими характеристиками [10].

У підручнику Дубініної А. А. з колективом детально описано методи визначення токсичних речовин, включаючи радіонукліди, у продуктах харчування, що важливо для практичного контролю якості риби [11].

Праця Мороза А. С. та співавторів з медичної хімії дає уявлення про метаболічні наслідки впливу хімічних і радіоактивних сполук на біологічні системи [12].

Постановка завдання. Метою даної роботи є здійснення комплексної радіоекологічної оцінки водних біоресурсів річки Здвиж у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС, із зосередженням на токсикологічних ризиках, пов'язаних зі споживанням риби людиною.

Особлива увага в дослідженні зосереджена на виявленні анатомічної диференціації накопичення радіонуклідів у тканинах риб та оцінці потенційних ризиків для споживачів залежно від виду і частини тіла риби.

В межах реалізації цієї мети були поставлені наступні завдання:

- провести цілеспрямований відбір проб риби з річки Здвиж у репрезентативному за гідрологічними параметрами районі середнього перебігу річки;
- ідентифікувати види іхтіофауни, характерні для водойми, та здійснити розділення проб на м'язову тканину (тушу) і голову з внутрішніми органами;

- визначити концентрації радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у кожному з типів біологічних тканин риб шляхом використання методів гамма- та бета-спектрометрії;

- зіставити отримані дані із встановленими гігієнічними нормативами МОЗ України щодо допустимого вмісту радіонуклідів у продуктах харчування;

- здійснити статистичну обробку результатів і побудову варіаційних рядів концентрацій із визначенням специфіки накопичення радіонуклідів у різних видів риб;

- провести первинну токсикологічну інтерпретацію радіоекологічної ситуації для оцінки потенційних ризиків для споживачів рибної продукції.

Матеріали і методи дослідження. Польовий етап дослідження проведено 08 січня 2025 року на річці Здвиж поблизу села Карабачин Брусилівського району Житомирської області. Вибір цього місця обґрунтований типовими гідрологічними умовами середнього перебігу річки, доступністю до водотоку та репрезентативністю проб для цілей гідроекологічного моніторингу. Місце відбору проб (рисунок 1).



Рис. 1. Місце відбору проб на річці Здвиж (Житомирська область)

Джерело: Google Карти

У процесі дослідження було виловлено чотири види риб, які характерні для іхтіофауни річкових екосистем Українського Полісся: товстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*), короп (*Cyprinus carpio*), карась (*Carassius auratus*), щука (*Esox lucius*). Для кожного зразка риби проводилося розділення на дві фракції – їстівну частину (м'язова тканина/туша) та голову з внутрішніми органами для окремого аналізу.

Аналітичні вимірювання здійснено у Вимірювальній лабораторії Поліського національного університету, яка сертифікована відповідно до вимог ДСТУ ISO 10012:2005. Визначення питомої активності ^{137}Cs проводилося методом гамма-спектрометрії, а ^{90}Sr – методом бета-спектрометрії. Для вимірювань використовувався спектрометр МКС-АТ1315 (виробник – АТОМТЕХ). Процедура включала два основні етапи:

– попереднє вимірювання фонового спектру (робочого та контрольного) протягом 3 годин з його збереженням у пам'яті приладу;

– аналіз наважок рибних проб, поміщених у спеціальні ємності типу Марінеллі, з подальшим розміщенням у захисний блок спектрометра.

Реєстрація гамма-випромінювання здійснювалась сцинтиляційним блоком з кристалом NaI(Tl) розміром 63×63 мм, а бета-випромінювання – детектором на основі пара-терфенілу (128×9 мм). Обробка спектрів проводилася у режимі реального часу за допомогою програмного забезпечення SPTR.

Окрім цього, для контролю потужності експозиційної дози гамма-випромінювання використовувався спектрометр-дозиметр МКГ-АТ1321, обладнаний сцинтиляційним детектором NaI (25×40 мм) і лічильником Гейгера-Мюллера. Вимірювання проводилися в безперервному режимі в стандартних лабораторних умовах.

Статистичну обробку результатів здійснювали за допомогою методів описової статистики з використанням середніх значень, стандартних відхилень та графіків варіацій. Усі дослідження проводилися в межах науково-дослідної теми «Моніторингові дослідження біосфери Українського Полісся», зареєстрованої в МОН України (№ 0124U000645).

Результати досліджень та їх обговорення. У межах виконання дослідження було проаналізовано вміст радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у тканинах чотирьох видів риб, виловлених у річці Здвиж ($n = 7$ зразків на кожен вид). З метою порівняння рівнів накопичення радіонуклідів проводився поділ на дві основні анатомічні частини: м'язову тканину (тушу) та голову з внутрішніми органами. Визначення радіоактивності здійснювалося з урахуванням стандартного відхилення (SD), яке становило в середньому 10% від основного показника, що забезпечує належний рівень точності. Результати вимірювань представлено в таблиці 1.

Таблиця 1. Концентрація радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у тканинах риб з річки Здвиж, Бк/кг ($n = 7, \pm\text{SD}$)

Вид риби	Частина тіла	^{137}Cs , Бк/кг $\pm$ SD	^{90}Sr , Бк/кг $\pm$ SD
Товстолобик	Голова, внутрішні органи	4,76 $\pm$ 0,48	26,30 $\pm$ 2,63
Товстолобик	Туша	2,51 $\pm$ 0,25	22,50 $\pm$ 2,25
Короп	Голова, внутрішні органи	5,45 $\pm$ 0,55	25,10 $\pm$ 2,51
Короп	Туша	3,16 $\pm$ 0,32	17,50 $\pm$ 1,75
Карась	Голова, внутрішні органи	2,05 $\pm$ 0,21	24,30 $\pm$ 2,43
Карась	Туша	0,95 $\pm$ 0,10	19,70 $\pm$ 1,97
Щука	Голова, внутрішні органи	1,53 $\pm$ 0,15	13,30 $\pm$ 1,33
Щука	Туша	3,17 $\pm$ 0,32	12,90 $\pm$ 1,29

Результати свідчать про виражену диференціацію накопичення радіонуклідів у різних частинах тіла. Для більшості видів риб спостерігалось характерне переважання вмісту ^{137}Cs та ^{90}Sr у голові з внутрішніми орга-

нами порівняно з м'язовою тканиною, що пов'язано з високою афінністю цих радіонуклідів до метаболічно активних або мінералізованих тканин (кістки, печінка, нирки).

Ці спостереження знайшли графічне відображення у вигляді порівняльних діаграм, що ілюструють концентраційні співвідношення радіонуклідів у різних анатомічних фракціях риб (рисунки 2, 3).

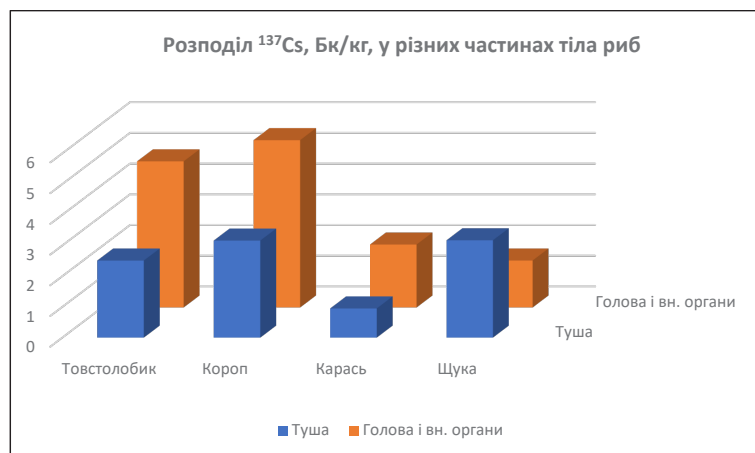


Рис. 2. Розподіл ^{137}Cs в туші та голові (з внутрішніми органами) риб

Джерело: зроблено авторами публікації за результатом власних досліджень.

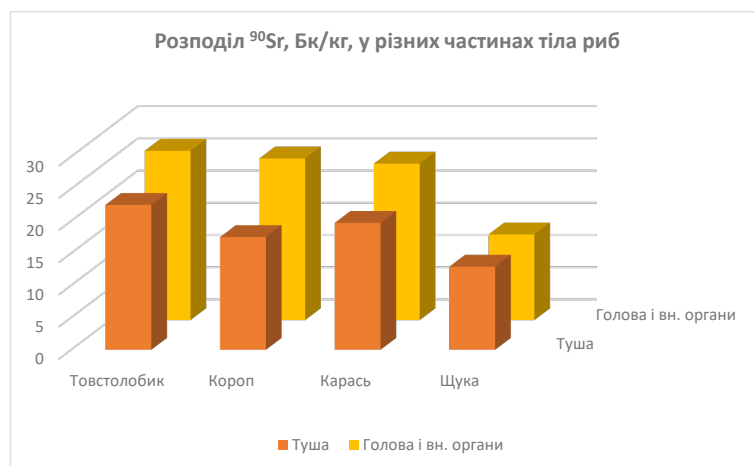


Рис. 3. Розподіл ^{90}Sr в туші та голові (з внутрішніми органами) риб

Джерело: зроблено авторами публікації за результатом власних досліджень.

Водночас у щуки зафіксовано атипову тенденцію – вміст ^{137}Cs у м'язовій тканині (3,17 Бк/кг) перевищив його концентрацію у внутрішніх

органах (1,53 Бк/кг), що може пояснюватися особливостями харчування хижих видів, здатних накопичувати радіонукліди через ланцюги вторинної трофічної біомагніфікації.

Щодо ^{90}Sr , найвищі значення зареєстровано в органах товстолобика (26,30 Бк/кг), що узгоджується з літературними даними про здатність цієї риби до біоаккумуляції стронцію через кальцієвий метаболізм.

Порівняння із гігієнічними нормативами МОЗ України (максимально допустимі рівні: 150 Бк/кг для ^{137}Cs і 75 Бк/кг для ^{90}Sr у рибній продукції) свідчить про відсутність перевищень, що свідчить про умовну безпечність риби з досліджуваної водойми для споживання. Проте наявність навіть низьких рівнів довгоживучих радіонуклідів вимагає подальшого регулярного моніторингу.

Висновки та перспективи подальшого розвитку. Проведене дослідження дозволило виявити особливості радіонуклідного забруднення річкових біоресурсів у типовому екосистемному середовищі Українського Полісся за умов тривалого післяаварійного періоду. Встановлено, що навіть у регіоні, який офіційно не належить до зони радіоактивного забруднення, спостерігається наявність цезію-137 та стронцію-90 у тканинах риб у межах від 0,95 до 5,45 Бк/кг (для ^{137}Cs) та від 12,90 до 26,30 Бк/кг (для ^{90}Sr).

Анатомічна диференціація радіонуклідів вказує на здатність окремих органів до більш інтенсивної акумуляції, що має практичне значення для розробки рекомендацій щодо вживання рибної продукції. Зокрема, внутрішні органи характеризуються вищим вмістом радіонуклідів у порівнянні з м'язовою тканиною, за винятком окремих хижих видів, що підтверджує вплив трофічного рівня на механізми накопичення.

Виявлена специфіка розподілу радіонуклідів серед видів риб і частин тіла підтверджує важливість комплексного підходу до радіоекологічного моніторингу, що передбачає врахування виду риби, екологічної ніші та трофічного статусу. Дані дослідження свідчать про збереження «радіоекологічної пам'яті» в екосистемі, яка акумулює відлуння Чорнобильської катастрофи навіть у незабруднених адміністративно районах.

Отримані результати мають вагоме значення для екологічного прогнозування, а також для формування рекомендацій із раціонального використання водних біоресурсів. Подальші дослідження доцільно зосередити на міжсезонній динаміці радіонуклідного навантаження, біохімічному аналізі органів-накопичувачів та оцінці впливу факторів довкілля на механізми біоаккумуляції.

TRANSFORMATION OF THE RADIOECOLOGICAL STATUS OF FISH BIOTA IN THE ZDVIKH RIVER DURING THE POST-CHORNOBYL PERIOD

*Makhinko R. H. – PhD student (Ecology),
Dunaievsk O. F. – Doctor of Biological Sciences, Professor,
Polissia National University,
vse-svit@ukr.net*

The article presents the results of a study on the spatial distribution of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in the tissues of river fish species caught in the Zdvizh River (Zhytomyr region, Ukraine) in 2025. The radioecological status of aquatic biota was examined under the conditions of a prolonged post-accident period following the Chernobyl disaster. The study involved the analysis of four common freshwater fish species – silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), common carp (*Cyprinus carpio*), crucian carp (*Carassius auratus*), and pike (*Esox lucius*). For each species, specimens were anatomically divided into edible (muscle) tissue and heads with internal organs, followed by determination of radionuclide levels using gamma and beta spectrometry. The data obtained revealed variability in the accumulation of ^{137}Cs and ^{90}Sr in different anatomical fractions, indicating the presence of specific bioaccumulation patterns determined by both species-specific and tissue-specific characteristics. It was found that heads and internal organs accumulated 1.5 to 2.5 times more radionuclides than muscle tissue. At the same time, the predatory pike exhibited the opposite trend-higher ^{137}Cs levels in muscle compared to internal tissues. All measured values were within the permissible limits established by the Ministry of Health of Ukraine, indicating no immediate health risk to consumers. Nevertheless, the findings confirm the persistence of so-called "radioecological memory" in the ecosystem, even in regions not officially classified as contaminated. The study results are of applied value for assessing the safety of fish products, regional monitoring, planning radiological protection measures, and developing recommendations for sustainable natural resource use in the Zdvizh River basin.

Keywords: aquatic bioresources, radionuclides, cesium-137, strontium-90, fish, post-Chernobyl period, anatomical differentiation, radioecological safety.

ЛІТЕРАТУРА

1. Скиба В. В. Радіоекологічний моніторинг накопичення ^{90}Sr та ^{137}Cs в організмах риб деяких водойм Лісостепу України. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2023. № 2. С. 145-154. URL: <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2023-182-2-145-154>
2. Smith J. T., Beresford N. A. Chernobyl – Catastrophe and Consequences. Berlin : Springer-Praxis, 2005. 318 p. URL: https://doi.org/10.1007/3-540-28079-0_1
3. Zarubina N., Semak V., Burdo O. S., Ponomarenko L. P. Ecological Half-Life of ^{137}Cs in Fish. *Ecologies*. 2023. Vol. 4, № 3. P. 463-467. URL: <https://doi.org/10.3390/ecologies4030030>

4. Volkova O. M., Belyaev V. V., Prishlyak S. P., Gudkov D. I., Kaglyan O. Ye., Skyba V. V. Technogenic Radionuclides in Hydrobionts of the Northern Ukraine Water Bodies. *Hydrobiological Journal*. 2024. Vol. 60, № 2. P. 86-106. URL: <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v60.i2.70>
5. Волкова О. М., Беляєв В. В., Пришляк С. П., Скиба В. В., Присяжнюк Н. М., Нагорнюк О. М. Динаміка вмісту ^{137}Cs у риб Київського та Канівського водосховищ. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 3. С. 89-97. URL: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2024.314919>
6. Міністерство охорони здоров'я України. Наказ № 256 від 03.05.2006 р. Про затвердження Державних гігієнічних нормативів «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06> (дата звернення: 20.03.2025).
7. Махінько Р. Г. Комплексні заходи по відновленню водойм Житомирського Полісся після Чорнобильської катастрофи. *Екологічні науки*. 2024. № 3 (54). С. 57-63. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.есо.3-54.7>
8. Makhinko R. Long-term consequences of the Chornobyl disaster for aquatic ecosystems: A retrospective analysis and prognosis. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*. 2024. Vol. 15, № 2. P. 58-67. URL: <https://doi.org/10.69628/esbur/2.2024.58>
9. Аналіз радіаційного стану навколишнього середовища території України. *Наукові праці*. 2015. № 53(40). С. 87-92.
10. State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management. Archival materials on the state of aquatic ecosystems in the Chornobyl exclusion zone. Kyiv, 2023. URL: <https://dazv.gov.ua/> (дата звернення: 15.03.2025).
11. Дубініна А. А., Малюк Л. П., Селютіна Г. А. та ін. Токсичні речовини у харчових продуктах та методи їх визначення: підручник. К.: ВД «Професіонал», 2007. 384 с.
12. Мороз А. С., Луцевич Д. Д., Яворська Л. П. Медична хімія: у 2-х т. Т. 1. 2-ге вид., стереотип. Вінниця: Нова книга, 2008. 776 с.

REFERENCES

1. Skyba, V. V. (2023). *Radioekologichnyi monitorynh nakopychennia ^{90}Sr ta ^{137}Cs v orhanizmakh ryb deiakykh vodoim Lisostepu Ukrainy* [Radioecological monitoring of ^{90}Sr and ^{137}Cs accumulation in fish organisms of some reservoirs of the Ukrainian Forest-Steppe]. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnytstva*, 2, 145-154. URL: <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2023-182-2-145-154> [in Ukrainian].
2. Smith, J. T., & Beresford, N. A. (2005). *Chernobyl – Catastrophe and Consequences*. Berlin: Springer-Praxis. URL: https://doi.org/10.1007/3-540-28079-0_1

3. Zarubina, N., Semak, V., Burdo, O. S., & Ponomarenko, L. P. (2023). Ecological half-life of ^{137}Cs in fish. *Ecologies*, 4(3):463-467. URL: <https://doi.org/10.3390/ecologies4030030>
4. Volkova, O. M., Belyaev, V. V., Prishlyak, S. P., Gudkov, D. I., Kaglyan, O. Ye., & Skyba, V. V. (2024). Technogenic radionuclides in hydrobionts of the Northern Ukraine water bodies. *Hydrobiological Journal*, 60(2):86-106. URL: <https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v60.i2.70>
5. Volkova, O. M., Belyaev, V. V., Pryshliak, S. P., Skyba, V. V., Prysiashniuk, N. M., & Nahorniuk, O. M. (2024). *Dynamika vmistu ^{137}Cs u ryb Kyivskoho ta Kanivskoho vodoshkovyshch* [Dynamics of ^{137}Cs content in fish of the Kyiv and Kaniv reservoirs]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 3:89-97. URL: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2024.314919> [in Ukrainian].
6. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy. (2006). *Nakaz № 256 vid 03.05.2006 r. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh hihienichnykh normatyviv "Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv ^{137}Cs ta ^{90}Sr u produktakh kharchuvannia ta pytnii vodi"* [Order No. 256 of 03.05.2006 on approval of the state hygienic norms of permissible levels of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in food and drinking water]. Retrieved March 15, 2025. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06> [in Ukrainian].
7. Makhinko, R. H. (2024). *Kompleksni zakhody po vidnovlenniui vodoim Zhytomyrskoho Polissia pislia Chornobylskoi katastrofy* [Comprehensive measures for the restoration of water bodies in Zhytomyr Polissia after the Chornobyl disaster]. *Ekolohichni nauky*, 3(54), 57-63. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.3-54.7> [in Ukrainian].
8. Makhinko, R. (2024). Long-term consequences of the Chornobyl disaster for aquatic ecosystems: A retrospective analysis and prognosis. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*, 15(2):58-67. URL: <https://doi.org/10.69628/esbur/2.2024.58>
9. *Analiz radiatsiinoho stanu navkolyshnoho seredovyshcha terytorii Ukrainy* (2015). [Analysis of the radiation state of the environment of the territory of Ukraine]. *Naukovi pratsi*, 53(40), 87-92. [in Ukrainian].
10. State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management. (2023). Archival materials on the state of aquatic ecosystems in the Chornobyl exclusion zone. Retrieved March 15, 2025. URL: <https://dazv.gov.ua/>
11. Dubinina, A. A., Maliuk, L. P., Seliutina, H. A., et al. (2007). *Toksychni rechovyny u kharchovykh produktakh ta metody yikh vyznachennia* [Toxic substances in food products and methods of their determination]. Textbook. Kyiv: VD "Profesional". [in Ukrainian].
12. Moroz, A. S., Lutsevych, D. D., & Yavorska, L. P. (2008). *Medychna khimiia* [Medical chemistry]. 2nd ed., stereotype. Vol. 1. Vinnytsia: Nova knyha. [in Ukrainian].

УДК 556.555:639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.5>

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ СТЕПІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ДЛЯ ОЦІНКИ МОЖЛИВОСТЕЙ ЙОГО РИБОГОСПОДАРСЬКОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Мельниченко С. Г. – аспірантка,

Херсонський державний аграрно-економічний університет,

sofiya.melnichenko.98@gmail.com

У статті здійснено комплексну оцінку поточного гідрохімічного, гідробіологічного та гідрологічного стану Степівського водосховища Миколаївської області та надано практичні рекомендації щодо його ефективної та раціональної рибогосподарської експлуатації. Актуальність дослідження зумовлена зростанням попиту на рибу продукцію та покращенням ефективності використання водойм даного типу для забезпечення їх екологічної стабільності та рибогосподарського потенціалу. З огляду на те, що рибогосподарська галузь має стратегічне значення для продовольчої безпеки України, необхідність оптимізації використання ресурсного потенціалу малих водосховищ набуває істотної актуальності.

Метою дослідження є всебічна оцінка гідрохімічного, гідробіологічного та гідрологічного стану Степівського водосховища, аналіз його природної кормової бази, іхтіофауни та визначення перспективних напрямів його рибогосподарської експлуатації.

Об'єкт дослідження – Степівське водосховище Миколаївської області.

Предмет дослідження – потенційні можливості та особливості рибогосподарської експлуатації Степівського водосховища півдня України.

Під час проведення дослідження було використано наступні методи: аналізу, прогностування синтезу, статистичні, гідрологічні, гідрохімічні, гідробіологічні.

Результати проведеного дослідження свідчать про відносно стабільний стан гідрохімічного режиму водойми. Гідробіологічні характеристики свідчать про переважання у складі фітопланктону, водночас наявні кормові ресурси зоопланктону, зообентосу та макрофітів, які за своїми значеннями дозволяють віднести водойму до водосховищ II класу Степової зони за наявністю кормових гідробіонтів, що створює потенційні можливості для розведення промислово цінних видів риб. Видовий склад іхтіофауни представлений переважно малоцінними видами. Проведені розрахунки показують, що потенційний рівень рибопродукції може досягати 351,1 кг/га при оптимальному використанні природних кормових ресурсів. Для цього, необхідним є вселення у водосховище 99706,7 тис. екз. цьоголіток короповіх риб.

Висновки підкреслюють необхідність розробки комплексних заходів щодо покращення розвитку рибного господарства у малих водосховищах Степової зони України. Зокрема, рекомендовано проводити компенсаційні меліоративні заходи, в тому числі зариблення промислово цінними видами риб та здійснювати контроль рівня біологічних елементів. Отримані результати можуть бути використані для розробки стратегії сталого розвитку аквакультури на малих водоймах півдня України.

Ключові слова: південь України, малі водосховища, гідрохімічний стан, гідробіологічні особливості, рибогосподарські параметри, іхтіофауна.

Постановка проблеми. На сучасному етапі соціально-економічного розвитку, дослідження малих водосховищ з точки зору їх рибогосподарських можливостей є актуальним напрямком наукових досліджень, у зв'язку з тим, що зазначені водні об'єкти мають всі необхідні потенційні можливості для вирощування товарної рибопродукції за рахунок природної кормової бази.

Степівське водосховище, як типове мале водосховище півдня України, має всі передумови для ефективної рибогосподарської експлуатації, однак недостатнє вивчення його гідрохімічного та гідробіологічного стану, а також відсутність науково обґрунтованої стратегії зариблення призводять до низької продуктивності водойми. Дисбаланс у структурі іхтіофауни та стихійний характер попередніх рибогосподарських заходів зумовлюють необхідність комплексного дослідження водойми для підвищення її рибопродуктивності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рибна промисловість є одним із головних учасників сільськогосподарської галузі, яка сприяє забезпеченню населення високобілковими харчовими продуктами, а промисловість – забезпечує сировиною [1]. Досліджені матеріали свідчать про те, що останніми роками в Україні спостерігається значне зниження видобутку водних біоресурсів, що пояснюється як політичними, так і військовими факторами. Крім того, з 2022 року значно скоротився експорт рибної продукції [2, 3]. Ця тенденція зрештою призводить до залежності від імпорту та ризику погіршення стану продовольчої безпеки [4]. У регіональному розрізі в південній частині України найгірша ситуація спостерігається в рибній промисловості, це може призвести до продовольчої кризи, оскільки південь в цілому в довоєнний період мав найбільшу частку участі у рибогосподарській діяльності країни [5-8].

Іхтіофауна малих водойм, яка представлена невеликою різноманітністю малоцінних видів риб, у поєднанні зі зміною клімату не тільки не відповідає економічним та господарським вигодам від тепловодного рибництва, але й створює значну загрозу екологічному стану цих водойм [9-11].

Враховуючи важливість рибних продуктів у раціоні харчування людини та недостатню кількість риби в середньорічному споживанні населенням України, важливо збільшити приріст видів риб у малих водоймах, які відіграють значну роль у харчуванні людини, а також мають високий потенціал росту, є оптимальними складовими для раціону та з кожним роком покращують використання ресурсів штучних водойм [12].

Природна кормова база малих водосховищ різного цільового призначення є основою для їх раціональної рибогосподарської експлуатації, що робить необхідним проведення досліджень щодо продукційних можливостей водойм за головними групами кормових гідробіонтів – фітопланк-

тону, зоопланктону, зообентосу та макрофітів. Рівень розвитку природної кормової бази відображає продукційні можливості водойм і визначається сукупною кількістю органічних речовин, продукованих кормовими гідробіонтами різних трофічних рівнів [13-15].

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є комплексна оцінка гідрохімічного, гідробіологічного та гідрологічного стану Степівського водосховища, аналіз його природної кормової бази, іхтіофауни та визначення перспективних напрямів його рибогосподарської експлуатації.

Відповідно до мети, було поставлено та вирішено наступні завдання: визначено поточний гідрологічний і гідрохімічний режими водосховища; розглянуто стан іхтіофауни та рівень її розвитку у об'єкті дослідження; проаналізовано стан та рівень розвитку природної кормової бази; запропоновано рекомендації по інтродукції цінних видів іхтіофауни.

Матеріали і методи дослідження. Інформаційною основою досліджень стали наукові доробки вітчизняних та закордонних науковців.

Відповідно до тематики дослідження було використано загальнонаукові методи дослідження – аналізу, прогнозування синтезу. Також, було використано лабораторні та експедиційні методи – гідрологічні, гідрохімічні, гідробіологічні. Результати польових методів оброблялися за допомогою програмного забезпечення Statistica та Microsoft Excel.

Результати досліджень. Степівське водосховище розташоване на території Миколаївської області та має площу приблизно 142 га. Середня глибина водойми – 1,9 м, фотичний шар складає 1,1 м. Корисний об'єм водосховища становить 2,70 млн м³, коефіцієнт водообміну складає 0,70. Прозорість води Степівського водосховища складає 0,55 м, що створює сприятливі умови для іхтіофауни водойми.

Концентрація розчиненого кисню у водоймі відповідає нормативним значенням ОСТ 15.372–87, де нормою вважається концентрація розчиненого кисню у даних водоймах не менше 5,0 г/м³ (таблиця 1). Св свідчить про низьку варіабельність цього показника в межах відібраних проб.

Активна реакція водного середовища має значення $7,3 \pm 0,08$, із незначними міжсезонними коливаннями, що свідчить що Степівське водосховище належить до слаболужних водойм, Св – низький.

Результати досліджень свідчать, що в межах Степівського водосховища наявна чимала кількість біогенних елементів, зокрема фосфору (P), амонію (NH₄⁺), нітритів (NO₂⁻) та нітратів (NO₃⁻), тобто життєво важливих для водних екосистем сполук фосфору та азоту (таблиця 1). Проведені у 2023 році дослідження свідчать, що концентрації фосфору та сполук азоту (нітрити, нітрати, амоній) не перевищують нормативних значень, втім в літньо-осінній спостерігається їхнє зростання.

Таблиця 1. Середньорічні показники гідрохімічних параметрів
Степівського водосховища у 2023 році

Гідрохімічні показники	Середнє значення	min/max	Cv, %
Розчинений кисень (O_2 /дм ³)	7,6±0,08	5,1/11,0	4,70
Активна реакції водного середовища (рН)	7,3±0,08	6,3/8,1	4,94
Фосфор (Р мг/дм ³)	0,22±0,02	0,02/0,6	38,46
Амоній-іон (NH_4^+ , мг/дм ³)	0,37±0,03	0,1/1,10	46,49
Нітрити (NO_2^- , мг/дм ³)	0,052±0,01	0,01/0,1	34,25
Нітрати (NO_3^- , мг/дм ³)	0,69±0,03	0,1/1,3	25,35
Перманганатна окиснюваність (мг О/дм ³)	6,4±0,11	5,0/7,9	7,65
Іон гідрокарбонату (HCO_3^- , мг/дм ³)	6,4±0,11	2,0/9,6	8,64
Хлориди (Cl^- , мг/дм ³)	1,62±0,06	0,6/2,80	16,66
Сульфати (SO_4^{2-} мг/дм ³),	2,44±0,11	0,6/4,5	20,25
Іони натрію та калію ($Na^+ + K^+$, мг/дм ³)	4,0±0,13	2,1/5,5	14,28
Кальцій (Ca^{2+} , мг/дм ³)	3,50±0,12	2,0/4,6	15,14
Магній (Mg^{2+} , мг/дм ³)	2,7±0,10	2,0/3,9	15,10

Нормативним показником перманганатної окиснюваності згідно з [16] є його варіація до 15,0 мг О/дм³, проведені дослідження, свідчать, що у Степівському водосховищі його значення перебувають в межах норми.

Важливими показниками хімічного складу води водних об'єктів даного типу є концентрація гідрокарбонатів (HCO_3^-), хлоридів (Cl^-), сульфатів (SO_4^{2-}), натрію та калію ($Na^+ + K^+$), кальцію (Ca^{2+}) і магнію (Mg^{2+}) – вони характеризують якість води, її мінералізацію та придатність до різного цільового використання [17].

Проведені дослідження свідчать про те, що іонний склад Степівського водосховища знаходиться в межах норми, а результати лабораторного та статистичного аналізу наведені у таблиці 1. За домінуючими іонами Степівське водосховище віднесено до гідрокарбонатно-сульфатного класу кальцієвої групи.

За рівнем розвитку усіх складових кормової бази, Степівське водосховище віднесено до II класу водойм, з переважанням у складі фітопланктону. Макрофіти водойми представлені рогозом вузьколистим, осокою береговою, очеретом південним, роголистником темно-зеленим, рдесником курчавим, куширом темно-зеленим. Площа заростання макрофітами становить близько 15–20 % акваторії. Середньорічна біомаса макрофітів складає 255±5,27г/м² (таблиця 2).

У видовому складі фітопланктону переважають синьо-зелені та зелені водорості, другорядне значення мають евгленові та діатомові. середньорічна біомаса фітопланктону водойми становить 19,2±1,56 г/м³.

Таблиця 2. Гідробіологічні особливості Степівського водосховища

Компонент природної кормової бази	Середнє значення	min/max	Cv, %
Макрофіти, г/м ²	250±5,27	230/270	5,06
Фітопланктон, г/м ³	19,2±1,56	14,2/23,0	19,87
Зоопланктон, г/м ³	1,8±0,33	1,0/3,2	44,8
Зообентос, г/м ³	3,9±0,45	1,6/6,0	29,24

Зоопланктон розвинений слабо, склад зоопланктерів водосховища представлений коловертками, веслоногими ракоподібними та гіллястовусими. Середньорічну біомасу зоопланктону наведено у таблиці 2, яка за результатами досліджень складає $1,8 \pm 0,33$ г/м³.

Головні зообентосні організми – хірономіди малоцетинкові черви або олігохети, іноді зустрічаються малоцетинкові ракоподібні, бокоплавові. З таблиці 2, видно що середньорічні показники зообентосу Степівського водосховища становлять $3,9 \pm 0,45$ г/м³.

Слід зазначити, що для досліджуваної водойми характерним є стихійний процес формування іхтіофауни, сформований представниками малоцінних видів риб. Наявний видовий склад іхтіофауни є не збалансованим для раціонального перерозподілу кормових ресурсів та встановлення позитивних трофічних відносин гідробіонтів.

У довоєнний період іхтіофауна іхтіофауна водосховища характеризувалась до 7 аборигенних видів, зокрема, була представлена *Rutilus rutilus* (плітка); *Scardinius erythrophthalmus* (краснопірка); *Carassius auratus gibelio* (карась сріблястий); *Perca fluviatilis* (окунь звичайний); *Atherina boyeri pontica* (атерина). У Степівському водосховищі також було відмічено представників іхтіокомплексу, які цілеспрямовано вселялись у довоєнний період. До них представників належить короп, білий та строкатий товстолобики, білий амур. Що свідчить, що окрім 7 аборигенних малоцінних видів, у водоймах наявні 4 цінні види.

Упродовж 2020 року у Степівському водосховищі проводилось вселення промислово-цінних видів риб, проте, базуючись на отриманих результатах, позитивного рибогосподарського ефекту отримано не було. Вочевидь, це може бути пов'язано з тим, що цей процес мав стихійний та науково необґрунтований характер. У видовому розподілі обсяги вселення вказані на рисунку 1.

Проаналізувавши результати зариблення коропами рибами до водойми було здійснено інтродукцію загальним обсягом 42400 екз. та вагою 1060 кг. Водночас, оцінка поточного еколого-гідробіологічного стану водосховищ та загальних обсягів вилову протягом останніх років свідчать, про високу частку аборигенних малоцінних видів риб, які, в цілому, не представляють високої промислової цінності



Рис. 1. Вселення коропових риб у водойму у 2020 році

По Степівському водосховищу у діапазоні 2019-2021 років, обсяги виловів мають наступні значення 6125–7200 кг. З 2022 року, в межах водойми рибництво не ведеться, господарську діяльність припинено у зв'язку з військовими діями. Проведене дослідження еколого-гідробіологічного стану та наявний видовий склад іхтіофауни у Степівському водосховищі, дають змогу судити, що до 2022 року на досліджуваних водних об'єктах велася неконтрольована та нераціональна рибогосподарська діяльність, яка не лише не мала істотного позитивного господарського ефекту, але й призвела до погіршення гідрохімічних показників водойми. З огляду на це, для його подальшої раціональної експлуатації, доцільним як з екологічної, так і з економічної точки зору, є організація компенсаційних меліоративних заходів, спрямованих на підвищення показників рибопродукції за рахунок використання наявних кормових ресурсів, в тому числі і компонентами полікультури.

Степівське водосховище характеризується стабільно-достатнім розвитком природної кормової бази, з переважанням в її складі фітопланктону, що, в цілому, характерне для всіх малих водосховищ півдня України. Відповідно до проведених розрахунків, кількість первинної продукції фітопланктону становить 29568 кг/га, зоопланктону – 396,0 кг/га, зообентосу – 190 кг/га, макрофітів – 336,6 кг/га. Загальна величина первинної продукції даної водойми по всіх групах кормових гідробіонтів складає 30490,6 кг/га.

За рахунок означених кормових ресурсів зі Степівського водосховища можна отримати 351,1 кг/га потенційної рибопродукції, де на першому місці у вирощуванні буде білий товстолобик, другорядне значення матимуть короп, білий амур та строкатий товстолобик, що, в цілому, відповідатиме наявній природній кормовій базі у водоймі (таблиця 3).

Таблиця 3. Оцінка рибопродукційних можливостей Степівського водосховища за рівнем розвитку природної кормової бази

Компонент кормової бази	Споживач	Біомаса г/м ³ , г/м ²	Фотичний шар, м	Р/В коефіцієнт	Продукція, кг/га	Потенц. рибія, кг/га
Фітопланктон	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	19,2	1,1	140	29568	295,68
Зоопланктон	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>	1,8	1,1	20	396,0	33
Зообентос	<i>Cyprinus carpio</i>	3,8	-	5	190	19,0
Макрофіти	<i>Ctenopharyngodon Idella</i>	255	1,1	1,2	336,6	3,4
Всього					30490,6	351,1

Проведені розрахунки дають змогу відмітити, що за рахунок раціонального використання в якості кормового ресурсу фітопланктону можна отримати 351,1 кг/га потенційної рибопродукції білого товстолобика, за рахунок зоопланктону – 33 кг/га строкатого товстолобика, зообентосу – 19 кг/га коропа, макрофітів – 3,4 кг/га білого амура.

Для забезпечення раціонального використання природної кормової бази Степівського водосховища, необхідним є вселення 99706,7 тис. екз. цьоголіток коропових риб. Із них: білого товстолобика – 83973,1 тис. екз.; строкатого товстолобика – 9372 тис. екз.; короп – 5396 тис. екз.; білого амура – 965,6 тис. екз. Загальна кількість коропових однорічників у розрахунок на 1 гектар складає 702,16 екз./га.

Промислове повернення для Степівського водосховища: *Hypophthalmichthys molitrix* – 118,3 кг/га; *Hypophthalmichthys nobilis* – 13,2 кг/га; *Cyprinus carpio* – 7,6 кг/га; *Ctenopharyngodon Idella* – 1,36 кг/га.

Визначено, що за повного використання природної кормової бази Степівського водосховища після проведення науково обґрунтованих меліоративних заходів можна отримати 19936,8 кг рибопродукції.

Висновки. Проведене комплексне дослідження гідрохімічних, гідробіологічних та рибогосподарських параметрів Степівського водосховища показало, що водойма має значний потенціал для товарного рибориства, зокрема за рахунок природної кормової бази. Оцінка стану водосховища засвідчила його екологічну стабільність та відповідність нормативним вимогам щодо основних хімічних показників води. Водночас, наявна іхтіофауна характеризується збіднілим видовим складом, що негативно впливає на ефективність використання кормових ресурсів. Необхідним є впровадження науково обґрунтованих меліоративних заходів для оптимізації структури іхтіоценозу та підвищення рибопродуктивності водойми. Перспективи подальших досліджень передбачають розробку адаптивних методів управління іхтіофауною малих водосховищ у контексті змін клімату та поточних екологічних викликів.

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF THE STEPIVSKE RESERVOIR FOR ASSESSING THE POSSIBILITIES OF ITS FISHERIES EXPLOITATION

*Melnyshenko S. H. – Ph.D,
Kherson State Agrarian and Economic University,
sofiya.melnichenko.98@gmail.com*

The article provides a comprehensive assessment of the current hydrochemical, hydrobiological and hydrological state of the Stepivske Reservoir in Mykolaiv region and provides practical recommendations for its efficient and rational fishery exploitation. The relevance of the study is due to the growing demand for fish products and improving the efficiency of this type of reservoir to ensure their environmental sustainability and fishery potential. Given that the fishery industry is of strategic importance for Ukraine's food security, the need to optimise the use of the resource potential of small reservoirs is becoming increasingly important.

The purpose of the study is to comprehensively assess the hydrochemical, hydrobiological and hydrological state of the Stepivske Reservoir, analyse its natural food supply and fish fauna, and identify promising areas for its fishery exploitation.

The object of the study is the Stepivske Reservoir in Mykolaiv Oblast.

The subject of the study is the potential possibilities and peculiarities of fishery exploitation of the Stepivske reservoir in southern Ukraine.

The following methods were used in the study: analysis, synthesis forecasting, statistical, hydrological, hydrochemical, and hydrobiological.

The results of the study indicate a relatively stable state of the hydrochemical regime of the reservoir. The hydrobiological characteristics indicate the predominance of phytoplankton in the composition, while there are food resources of zooplankton, zoobenthos and macrophytes, which by their values allow the reservoir to be classified as a Class II reservoir of the Steppe zone in terms of the presence of food aquatic organisms, which creates potential opportunities for breeding commercially valuable fish species. The species composition of the fish fauna is represented mainly by low-value species. The calculations show that the potential level of fish production can reach 351.1 kg/ha with the optimal use of natural feed resources. For this purpose, it is necessary to introduce 99706.7 thousand carp fish into the reservoir.

The conclusions emphasise the need to develop comprehensive measures to improve the development of fisheries in small reservoirs in the Steppe zone of Ukraine. In particular, it is recommended to carry out compensatory reclamation measures, including stocking with commercially valuable fish species and monitoring the level of biological elements. The results obtained can be used to develop a strategy for the sustainable development of aquaculture in small reservoirs in southern Ukraine.

Keywords: southern Ukraine, small reservoirs, hydrochemical state, hydrobiological features, fishery parameters, fish fauna.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трофимчук А. М., Гриневич Н. Є., Трофимчук М. І., Куновський Ю. В., Бондар О. С., Ткаченко О. В., Савчук О. В. Сучасний стан і тенден-

- ції розвитку рибництва в Україні та світі. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2021. № 2. С. 123-133. Doi: 10.33245/2310-9289-2021-166-2-123-133
2. Вживання риби населенням світу (по доповіді ФАО 2020 р.). URL: <https://fishindustry.com.ua/vzhivannya-ribi-naselennyam-svitu-podopovid-fao-2020-r/> (дата звернення: 30.08.2024)
 3. Мельниченко С. Г., Бабушкіна Р. О., Маркелюк А. В. Аналіз сучасного стану водних біоресурсів України. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. № 2. С. 42-47. Doi: <https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.4>
 4. Мельниченко С. Г., Богадьорова Л. М. Рибне господарство України: тенденції розвитку, проблеми та шляхи вирішення. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2023. № 133. С. 362-367. Doi: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.48>
 5. Добування водних біоресурсів в Одеській області (2018–2022). Головне управління статистики в Одеській області. URL: <http://od.ukrstat.gov.ua/>
 6. Добування водних біоресурсів у Миколаївській області (2018–2022). Головне управління статистики в Миколаївській області. URL: <http://www.mk.ukrstat.gov.ua/>
 7. Добування водних біоресурсів у Херсонській області (2018–2022). Головне управління статистики у Херсонській області. URL: <http://www.ks.ukrstat.gov.ua/ekonomichna-statistika/ekonomichna-diyalnist/silskelisove-ta-ribne-gospodarstvo/1756-2-1-8-3-ribne-gospodarstvo/8870-dobuvannya-vodnikh-bioresursiv-2018-2022.html>
 8. Melnychenko S., Bohadorova L., Okhremenko I., Kozychar M., Reznikova V. The dynamics of catching aquatic bioresources in the south of Ukraine: Analysis, challenges and prospects for their solution in the context of sustainable development. *Scientific Horizons*. 2024. № 27(8). Pp. 158-167. Doi: <https://doi.org/10.48077/scihor8.2024.158>
 9. Ромащенко М. І., Гусев Ю. В., Шатковський А. П., Сайдак Р. В., Яцюк М. В., Шевченко А. М., Матяш Т. В. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 1. С. 5-22.
 10. Шевченко В. Ю., Кутіщев П. С. Гідробіологічні характеристики малих водосховищ Миколаївської області. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2021. № 117. С. 324-327. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.43>
 11. Кутіщев П. С., Шевченко В. Ю. Обґрунтування рибогосподарського використання малих водосховищ Миколаївської області. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2020. № 115. С. 285-290. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.42>

12. Мельниченко С., Гончарова О., Шевченко В. Оцінка рибогосподарського потенціалу малих водосховищ півдня України на прикладі Єланецького водосховища. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 137. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.62>
13. Шевченко В. Ю., Кутіщев П. С. Потенційні можливості та аналіз рибогосподарського використання Явкінського водосховища. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2021. № 1 (9). С. 127-136. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2021.1.10>
14. Шерман І. М., Пелих В. Г. Генезис трансформації іхтіофауни після зарегулювання стоку річкових систем і утворення водосховищ. *Рибогосподарська наука України*. 2009. № 2. С. 39-42.
15. Бузевич І. Ю. Результати вселення рослиноїдних риб у Дніпровські водосховища. *Рибогосподарська наука України*. 2011. № 4. С. 4-9.
16. Шерман І. М., Краснощок Г. П., Пилипенко Ю. В. Ресурсозберігаюча технологія вирощування риби в малих водосховищах. Миколаїв : Можливості кінмерії, 1996. 51 с.
17. Yatsiuk M. V., Mosiichuk Y. B., Matselyuk Y. M., Mosiichuk A. B. Analysis of the hydrochemical regime of the dnipro reservoirs. *Land Reclamation and Water Management*. 2023. № 1. Pp. 66-74. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202301-354>

REFERENCES

1. Trofimchuk, A. M., Hrynevych, N. Ye., Trofimchuk, M. I., Kunovskyi, Yu. V., Bondar, O. S., Tkachenko, O. V., & Savchuk, O. V. (2021). *Suchasnyi stan i tendentsii rozvytku rybnystva v Ukraini ta sviti* [The current state and trends in the development of fish farming in Ukraine and the world]. *Tekhnolohiia vyrobnystva i pererobky produktsii tvarynnystva*, no. 2, 123-133. URL: <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2021-166-2-123-133> [in Ukrainian].
2. *Vzhivannia ryby naseleennia svitu (po dopovidi FAO 2020 r.)* [Fish consumption by the world's population (according to the FAO 2020 report)]. (n.d.). Retrieved from: <https://fishindustry.com.ua/vzhivannya-rybi-naseleennyam-svitu-po-dopovid-fao-2020-r/> (accessed: 30.08.2024) [in Ukrainian].
3. Melnychenko, S. H., Babushkina, R. O., & Markeliuk, A. V. (2020). *Analiz suchasnoho stanu vodnykh bioresursiv Ukrainy* [Analysis of the current state of aquatic bioresources in Ukraine]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, no. 2, 42-47. URL: <https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.4> [in Ukrainian].
4. Melnychenko, S. H., & Bohadorova, L. M. (2023). *Rybne hospodarstvo Ukrainy: tendentsii rozvytku, problemy ta shliakhy vyryshennia* [Fish farming in Ukraine: Development trends, problems, and solutions]. *Tavriiskyi*

- naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky*, no. 133, 362-367. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.48> [in Ukrainian].
5. *Dobuvannia vodnykh bioresursiv v Odeskii oblasti (2018-2022)* [Extraction of aquatic bioresources in the Odesa region (2018-2022)]. (n.d.). Holovne upravlinnia statystyky v Odeskii oblasti. Retrieved from: <http://od.ukrstat.gov.ua/> (accessed: 31.08.2024) [in Ukrainian].
 6. *Dobuvannia vodnykh bioresursiv u Mykolaivskii oblasti (2018-2022)* [Extraction of aquatic bioresources in the Mykolaiv region (2018-2022)]. (n.d.). Holovne upravlinnia statystyky v Mykolaivskii oblasti. URL: <http://www.mk.ukrstat.gov.ua/> (accessed: 30.08.2024) [in Ukrainian].
 7. *Dobuvannia vodnykh bioresursiv u Khersonskii oblasti (2018-2022)* [Extraction of aquatic bioresources in the Kherson region (2018-2022)]. (n.d.). Holovne upravlinnia statystyky u Khersonskii oblasti. URL: <http://www.ks.ukrstat.gov.ua/ekonomichna-statistika/ekonomichna-diyalnist/silskelisove-ta-ribne-gospodarstvo/1756-2-1-8-3-ribne-gospodarstvo/8870-dobuvannya-vodnykh-bioresursiv-2018-2022.html> (accessed: 31.08.2024) [in Ukrainian].
 8. Melnychenko, S., Bohadorova, L., Okhremenko, I., Kozychar, M., & Reznikova, V. (2024). The dynamics of catching aquatic bioresources in the south of Ukraine: Analysis, challenges and prospects for their solution in the context of sustainable development. *Scientific Horizons*, no. 27(8), 158-167. URL: <https://doi.org/10.48077/scihor8.2024.158>
 9. Romashchenko, M. I., Husev, Yu. V., Shatkovskiy, A. P., Saidak, R. V., Yatsiuk, M. V., Shevchenko, A. M., & Matias, T. V. (2020). *Vplyv suchasnykh klimatychnykh zmin na vodni resursy ta silskohospodarske vyrobnytstvo* [The impact of modern climate change on water resources and agricultural production]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, no. 1, 5-22. [in Ukrainian].
 10. Shevchenko, V. Yu., & Kutiishchev, P. S. (2021). *Hidrobiologichni kharakterystyky malykh vodoshkovyshch Mykolaivskoi oblasti* [Hydrobiological characteristics of small reservoirs in the Mykolaiv region]. *Tavriiskyi naukovi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky*, no. 117, 324-327. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.43> [in Ukrainian].
 11. Kutiishchev, P. S., & Shevchenko, V. Yu. (2020). *Obhruntuvannia rybohospodarskoho vykorystannia malykh vodoshkovyshch Mykolaivskoi oblasti* [Justification of the fishery use of small reservoirs in the Mykolaiv region]. *Tavriiskyi naukovi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky*, no. 115, 285-290. URL: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.42> [in Ukrainian].
 12. Melnychenko, S., Honcharova, O., & Shevchenko, V. (2024). *Otsinka rybohospodarskoho potentsialu malykh vodoshkovyshch pivdnia Ukrainy*

- na prykladi Yelanetskoho vodoskhovyshcha* [Assessment of the fishery potential of small reservoirs in southern Ukraine using the Yelanets reservoir as an example]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Silskohospodarski nauky*, no. 137, 534-543. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.62> [in Ukrainian].
13. Shevchenko, V. Yu., & Kutiishchev, P. S. (2021). *Potentsiini mozhlyvosti ta analiz rybohospodarskoho vykorystannia Yavkinskoho vodoskhovyshcha* [Potential capabilities and analysis of fishery use of the Yavkinske reservoir]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, no. 1(9), 127-136. URL: <https://doi.org/10.32851/wba.2021.1.10> [in Ukrainian].
14. Sherman, I. M., & Pelykh, V. H. (2009). *Henezys transformatsii ikhtiofauny pislia zarehulivannia stoku richkovykh system i utvorennia vodoskhovyshch* [Genesis of ichthyofauna transformation after regulation of river systems and reservoir formation]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, no. 2, 39-42. [in Ukrainian].
15. Buzevych, I. Yu. (2011). *Rezultaty vsellennia roslynoidnykh ryb u Dniprovski vodoskhovyshcha* [Results of stocking herbivorous fish in the Dnipro reservoirs]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, no. 4, 4-9. [in Ukrainian].
16. Sherman, I. M., Krasnoshchok, H. P., Pylypenko, Yu. V., et al. (1996). *Resursozberihaiucha tekhnolohiia vyroshchuvannia ryby v malykh vodoskhovyshchakh* [Resource-saving fish farming technology in small reservoirs]. Mykolaiv: Mozhlyvosti Kimmerii. [in Ukrainian].
17. Yatsiuk, M. V., Mosiichuk, Y. B., Matselyuk, Y. M., & Mosiichuk, A. B. (2023). Analysis of the hydrochemical regime of the Dnipro reservoirs. *Land Reclamation and Water Management*, no. 1, 66-74. URL: <https://doi.org/10.31073/mivg202301-354>

УДК 639.3/1

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.6>

РОЗВИТОК РИБНИЦТВА У СВІТІ

Слюсаренко І. С. – д. філ. н.,

Безалтична О. О. – к. с.-г. н., доцент,

Одеський державний аграрний університет,

slyusarenko85@ukr.net

Останнім часом глобальний стан морського рибальства та його вплив на екосистему отримав багато наукових досліджень. Немає сумнівів, що глобальні межі експлуатації були досягнуті, та повторне покриття виснажених запасів має стати нарізним каменем управління рибним господарством. Дивлячись на тенденції, як виявляється, вони відрізняються між добре оціненими регіонами, а стабілізація самої біомаси йде від розвитку риби до занепаду. Цю розбіжність можна пояснити тим, що удосконалений контроль над темпами експлуатації в кількох заможних країнах, а також низький потенціал управління. Тут можливо визначити нагальну потребу в направленні пріоритету щодо «гарячих точок збереження рибництва». Підвищення рівня експлуатації, високе біорізноманіття риб та поганий потенціал управління. Отже, можна зробити висновок, що майбутнє риби залежить, принаймні частково, від поєднання науки, спільного управління та зусиль щодо збереження та підтримки тих регіонів де йде збільшення риби.

Промислове рибальство має коротшу історію, але де рибогосподарсько-екологічна криза загострюється. Конкретні «гарячі точки збереження рибальства», які ми вивчаємо, лише приклади таких областей, очевидно, що вони можуть бути інші, залежно від конкретних критеріїв, які можна використовувати (багато видів, потенціал, управління, улов біомас, залежність від рибальства, бідність і голод, тощо). Однак, незалежно від точних критеріїв, вчені стверджують, що ці сфери мають подвійне значення, як для майбутнього морського біорізноманіття та рибальства. Вони зберігають велику частину світового морського біорізноманіття і багато продуктивних промислів, які мають важливе значення для місцевого населення та його економіки. Цим критичним регіонам терміново потрібні точніші дані про їхній екологічний стан і тенденції, а також просування спільного управління на місцевому рівні підходів і силових можливостей для запобігання подальшого надмірного вилову.

Ключові слова: рибництво, вода, біорізноманіття, екосистема, продукція.

Постановка проблеми. Сталість рибальства сама по собі є важливим і суперечливим питанням протягом понад століття [1]. Зокрема, за останні 20 років ця дискусія перейшла на глобальний рівень, оскільки рибальство було визнано основним рушієм екологічних [2-4] та еволюційних змін [5-7] у всіх океанах. До кінця 1980-х років глобальні межі експлуатації були досягнуті та, можливо, перевищені, а вилови досягли піку близько 100–120 млн тонн, включаючи неповторні перенесення, викиди

та викиди [8-10]. Глобальне виробництво риби було обмеженим і прогнозувалося наприкінці 1960-х років, коли вилови становили лише близько половини від початкового рівня [11, 12].

Мета роботи – проаналізувати, як розвивалося рибництво у світі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки виникли нові дебати щодо напрямку поточних тенденцій розвитку рибних запасів та перспектив їх відновлення або колапсу за сучасних режимів експлуатації [13]. Ці дебати не є просто академічними, оскільки стосуються глобальної продовольчої безпеки та збереження біорізноманіття. Ключове питання полягає в тому, як підтримувати виробництво риби, зупиняючи надмірний вилов риби та відновлюючи виснажені популяції (або «запаси» в термінології рибальства), та підтримуючи екосистеми. Розглядаючи глобальний стан та майбутні перспективи рибальства за допомогою даних з різних джерел, розглянемо географічні відмінності в тенденціях рибальства, можливості управління біорізноманіттям та розбіжні траєкторії між ними, а також уважно подивимося на інші регіони. Нам потрібно обговорити управлінські рішення, які, як було показано, допомагають досягти сталого рибальства.

Частина триваючих суперечок щодо сучасних тенденцій у рибальстві пов'язана з залежністю від різних джерел даних, включаючи оцінки біомаси, звіти про стан запасів та висновки з даних про вилов [14, 15]. Ці типи даних можуть давати різне уявлення про стан рибальства, оскільки вони представляють різні запаси та розмір різних регіональних моделей. Кілька нещодавніх аналізів тенденцій біомаси базувалися на новій базі даних, що містить 331 офіційну оцінку рибних запасів, базі даних RAM Legacy (на честь Ренсома А. Майерса) [16]. Хоча це найповніша база даних тенденцій біомаси риб у світі, існує притаманна просторова упередженість, оскільки 90 % цих оцінок наразі надходять з Північної Америки, Європи та Океанії, на які припадає лише 20–25 % від загального вилову. Станом на 2006 рік ці дані свідчать про стабілізацію біомаси риб. У середньому приблизно 32 % оціненої недоторканої біомаси не виловлюється, а 92 % середньої біомаси забезпечить максимальний сталий вилов (BMSY) [14-16]. Така тенденція низької, але стабільної біомаси пояснюється довгою історією комерційного рибальства в розвинених країнах, а потім зниженням рівня експлуатації в багатьох регіонах, оскільки керівники враховують зростаючу потребу в довгостроковому відновленні або «перебудові» рибальства [14, 17]. Оскільки ми бачимо зниження темпів експлуатації, приблизно половина рибних запасів ще не перейшла від стабілізованої до відновлюваної біомаси, але очікується, що вони відновляться принаймні до біомаси, яка забезпечує максимальний вилов, враховуючи поточні рівні рибальства [14]. Як завжди, перспективи відновлення є більш невизначеними для роз-

ширення безхребетних видів риби, які загалом погано оцінюються [18], а також для прибережних та естуарних видів, які стикаються з численними тисками від рибальства, забруднення та деградації середовища існування [19]. Ширший глобальний погляд випливає із середнього стану тенденцій запасів 445 основних рибних запасів, що контролюються Продовольчою та сільськогосподарською організацією ООН (ФАО) [20]. Разом ці запаси наразі становлять приблизно 80 % світового вилову. Звіти ФАО є більш репрезентативними для світу, оскільки вони охоплюють більшу вибірку рибальства, як з країн, що розвиваються, так і з розвинених країн. З іншого боку, вони менш точні, ніж оцінки запасів, оскільки для деяких регіонів вони спираються на експертні думки. Хоча середня біомаса виводиться через недостатню звітність та прогалини в даних [10, 21]. Від 13 % до 32 % світового вилову не повідомляється [10], а 8 % викидається [22], а дані про зусилля ще не повністю враховують підвищення ефективності рибальства завдяки технологічному прогресу з часом. Тим не менш, ймовірно, що світові вилови скоротилися через зусилля, що також відображається ФАО у тенденціях до зниження стану запасів. Це свідчить про те, що глобальна ситуація в середньому все ще погіршується, незважаючи на стабілізацію багатьох оцінених запасів та регіональні зусилля з відновлення, про які йшлося вище. Це також означає, що існує мало можливостей для майбутнього розширення рибальства, як з екологічної, так і з економічної точки зору, і ця точка зору є предметом додаткових досліджень. Нещодавні моделювання показують, що рибальство вже використовує понад 10 % вилову, а первинне виробництво знаходиться в найбільш доступних районах [23]. Економічний аналіз показує, що нові рибальські господарства мають незначний вплив на світові вилови або майбутню вартість [24].

Синтез глобальної картини показує зростаючі контрасти між різними частинами світу. У більшій частині Європи, Північної Америки та Океанії біомаса риби наразі стабілізується нижче сталого рівня, але темпи експлуатації знижуються. Це має допомогти відновити біомасу в довгостроковій перспективі. Поточний стан цих рибних промислів поганий, але перспективи на майбутнє обнадійливі (зі значними відмінностями між різними запасами та режимами управління [14]). Решта світу, ймовірно, тримає планку вище, але зі зниженням біомаси риби в середньому, меншим контролем над рівнями експлуатації та меншою здатністю встановлювати змістовні цілі управління, а також зниженням наукового та управлінського потенціалу [25]. Багато з цих рибних промислів можуть бути все ще продуктивними, але перспективи на майбутнє погані (за винятком випадків, коли для досягнення цілей впроваджено комплексні управлінські рішення [26, 27]). Цей географічно розбіжний стан рибних промислів не відрізняється від того, що спостерігається на суші. Там ми бачимо, як лісовий

покрив збільшується в сильно обезліснених регіонах Північної Америки. Америка та Європа, які вважаються як сільськими, так і міськими, переживають зміни та зростають екологічні проблеми щодо землекористування [28]. І навпаки, країни, що розвиваються, такі як Бразилія, все ще мають великі ліси (64 % площі суші), але з часом ця кількість скорочується [28], причому нещодавнє уповільнення цієї тенденції спостерігається через зміну політичного та економічного ландшафту [29]. Аналогічно, в океані зміна економічних стимулів та зростання екологічних проблем можуть сприяти відновленню раніше виснажених ресурсів там, де існують відповідні системи управління [14, 30]. Ключовою проблемою для світового рибальства є те, що значна частина світового вилову та значна частина його біорізноманіття розташовані в регіонах, які терміново потребують збільшення виробництва продуктів харчування та зайнятості, але мають мало можливостей для наукової оцінки та управлінського контролю [31]. Наприклад, лише одна з десяти найбільших за обсягом рибальських країн (США) має повну оцінку запасів у базі даних RAM Legacy [32]. Хоча управлінські можливості багатьох промислових підприємств у Європі, Північній Америці та Сполучених Штатах є хорошими або задовільними, ФАО повідомляє, що стан запасів вищий за середній в оцінках запасів, демонструє стійку тенденцію до зниження, а не стабілізації. Використовуючи ці дані, ФАО оцінює, що лише 15 % контрольованих рибних запасів експлуатуються недостатньо або помірно, а решта експлуатуються повністю (53 %), надмірно (28 %), виснажуються (3 %) або відновлюються після виснаження (1 %) [20].

Аналіз глобальних даних про вилов, що охоплюють усі види та регіони, призводить до більш песимістичних висновків. Таким чином, пік вилову досяг середини 1990-х років. Відтоді він впав до 9 % або нижче цього рівня [9, 20], незважаючи на збільшення промислових зусиль за той самий період [21]. Дані про вилов та зусилля є середніми для більшої частини Африки, Азії та Латинської Америки. Ці регіони також є місцем знаходження значної частини морського та рибного багатств, і є «гарячими точками» біорізноманіття загалом [33]. Також слід зазначити, що багато регіонів з низьким управлінським потенціалом повідомляють про зупинки вилову і тому відхиляються від загального середнього вилову, який повільно знижується. Це свідчить про те, що деякі з цих продуктивних екосистем все ще існують, але темпи експлуатації, ймовірно, зростають і призводять до скорочення біомаси з часом, особливо в регіонах з низьким управлінським потенціалом. І навпаки, скорочення вилову в деяких регіонах (північно-західна Атлантика та північно-західна частина Тихого океану) є наслідком як зниження продуктивності через надмірний вилов, так і скорочення вилову для сприяння відновленню [14]. Одною з

нагальних проблем є те, що покращене управління в деяких частинах розвинутого світу може не зменшити глобальний тиск на рибальство, а натомість призвести до перерозподілу надмірних риболовних зусиль до інших країн, де вони менш контролюються [34]. Незаконне рибальство, навпаки, ще більше посилює цю ситуацію, оскільки воно зосереджене в країнах, що розвиваються, і, як правило, суттєво корелює з низькими фінансовими показниками [10]. Таким чином, схоже, що історичні відмінності в змінах риболовних потужностей та рівнів експлуатації (високі в промислово розвинених країнах і низькі в країнах, що розвиваються), все частіше спростовуються. Важливо, що як розвинені, так і нерозвинені рибальські господарства мають належні методи управління, які не вимагають досконалої науки, за умови вжиття запобіжних заходів, а метою є мінімізація вилову [35]. Стратегія управління, спрямована на збереження більшої кількості біомаси, ніж було б необхідно для максимального вилову ($B > BMSY$), є більш стійкою до наукової невизначеності та має значні екологічні (більше природних екосистем і менше знищених видів) та економічні переваги (більший вилов на одиницю зусиль і нижчі витрати) [14, 36, 37].

Виходячи з вищезазначеної глобальної картини, ми припускаємо, що в майбутньому фокус науки про рибальство та збереження морського середовища може зміститися з регіонів Північної Америки, Європи та Океанії, які вже багаті на дані. На нашу думку, актуальною проблемою є отримання інформації про стан запасів та екосистеми для країн, що розвиваються, наприклад, через місцеві наукові дослідження, кращий доступ до Інтернету, розширення існуючих баз даних або через нові підходи до інтерпретації цих даних [38, 39]. У сприянні ефективним управлінським рішенням у місцях, які ми називаємо «гарячими точками збереження рибальства». Ці «гарячі точки» визначаються тут як LME з низьким рівнем управління, але високим біорізноманіттям (Канарська течія, Каліфорнійська затока), або значним збільшенням коефіцієнтів вилову (Red Sea LME), або обома (Agulhas Current LME). Крім того, ці екосистеми зазвичай мають швидкозростаючі популяції з високою залежністю від рибальства для отримання їжі та засобів до існування [20]. Такі умови можуть сприяти тому, що відомо як «мальтузіанств», або надмірний вилов риби [40], де нагальні потреби в їжі та доходах переважають довгострокову стійкість та збереження біорізноманіття. Ще одним поширеним фактором серед «гарячих точок» є переважання високомобільних іноземних флотів, що може частково сприяти збільшенню виловів та темпів експлуатації [34].

На завершення, існують дебати щодо поточного стану та майбутнього. Перспективи глобального рибальства різняться в різних частинах світу, і ці тенденції повинні впливати на наукові пріоритети. На нашу думку, рибальство та морська наука є перспективною галуззю, але наразі вона стикається

з двома важливими перешкодами. Одною з них є дослідження динаміки відновлення в регіонах з довгою історією комерційного рибальства, деякі з яких нещодавно знизили темпи експлуатації [30]. Цікаво подивитися, як виснажені популяції та громади відреагують на це. У деяких системах спостерігаються часові затримки та нелінійна динаміка переходів, і це може змінити траєкторію відновлення цільових запасів [30, 46]. Крім того, екосистемні підходи до управління рибальством (ЕАФ) вимагатимуть додаткових управлінських заходів, наприклад, якщо нецільові запаси та вразливі середовища існування вимагатимуть подальших тенденцій розвитку. По-друге, ми виступаємо за значне збільшення масштабів досліджень та нарощування потенціалу в тих регіонах, де це можливо.

Висновки. Промислове рибальство має коротшу історію, але саме тут посилюється рибогосподарсько-екологічна криза. Це конкретні «гарячі точки збереження рибальства», які ми визначаємо лише як приклад таких територій, очевидно, що вони можуть бути різними залежно від конкретних критеріїв, які можна використовувати (чисельність видів, управлінський потенціал, тенденції вилову або біомаси, залежність від рибальства, бідність і голод тощо).

Отже, незалежно від точних критеріїв, ми стверджуємо, що ці райони мають подвійне значення, як для майбутнього морського біорізноманіття, так і для майбутнього рибальства. Вони підтримують значну частину світового морського біорізноманіття та багато продуктивних рибальських видів, які є важливими для місцевого населення та їхньої економіки. Ці критичні регіони терміново потребують точніших даних про свій екологічний стан і тенденції, а також сприяння місцевим підходам до спільного управління та нарощування потенціалу для запобігання подальшому надмірному вилову риби та неефективному управлінню.

DEVELOPMENT OF FISHERIES IN THE WORLD

*Slyusarenko I. S. – Doctor of Philology,
Bezalychna O. O. – Candidate of Agricultural and Economic Sciences,
Associate Professor,
Odesa State Agrarian University,
slyusarenko85@ukr.net*

Recently, the global state of marine fisheries and its impact on the ecosystem has received much scientific (public) scrutiny. There is no doubt that global limits of exploitation have been reached, and that restocking of depleted stocks should become the cornerstone of fisheries management. However, current trends appear to differ between well-estimated regions of fish biomass stabilization and other regions from development to decline. This discrepancy can be explained by improved control over exploitation

rates in several wealthy countries, but also by low management potential. Here we identify an urgent need to prioritize “fishery conservation hotspots.” Increasing levels of exploitation, high fish biodiversity and poor management potential, and conclude that the future of fish depends, at least in part, on redoubling science, collaborative management and conservation efforts in those regions.

Industrial fisheries have a shorter history, but where the fisheries-ecological crisis is intensifying. The specific “fisheries conservation hotspots” that we identify in Figure 2 are only examples of such areas, it is clear that they could be different, depending on the specific criteria that can be used (species richness, management potential, catch or biomass trends, dependence on fisheries, poverty and hunger, among others). However, regardless of the precise criteria, we argue that these areas have a dual importance, both for the future of marine biodiversity and the future of fisheries. They conserve a large part of the world’s marine biodiversity and many productive fisheries that are essential for local populations and their economies. These critical regions urgently need more accurate data on their ecological status and trends and the promotion of local-level collaborative management approaches and capacity building to prevent further overfishing and mismanagement.

Keywords: fisheries, water, biodiversity, ecosystem, production.

ЛІТЕРАТУРА

1. Smith, T.D. ed. In *Scaling Fisheries: the science of measuring the effects of fishing 1855-1955*. 1994. Cambridge University Press.
2. Pauly, D. and Christensen, V. Primary production required to sustain global fisheries. *Nature*. 1995. 374(6519). 255-257.
3. Jennings, S. and Kaiser, M.J. The effects of fishing on marine ecosystems. *Adv. Mar. Biol.* 1998. 34. 201-212.
4. Baum, J.K. and Worm, B. Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundance. *J. Anim. Ecol.* 2009. 78(4). 699-714.
5. Kuparinen, A. and Merila, J. Detecting and managing fisheries induced evolution. *Trends Ecol. Evol.* 2007. 22(12). 652-659.
6. Jackson, J.B.C. Ecological extinction and evolution in the brave new ocean. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2008. 105(1). 11458-11465.
7. Halpern, B.S. et al. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*. 2008. 319(5865). 948-952.
8. Beddington, J.R. et al. Current problems in the management of marine fisheries. *Science*. 2007. 316(5832). 1713-1716.
9. Watson, R. and Pauly, D. Systematic distortions in world fisheries catch trends. *Nature*. 2001. 414(6863). 534-536.
10. Agnew, D.J. et al. Estimating the worldwide extent of illegal fishing. *PLoS ONE*. 2009. 4(2). e4570.
11. Ryther, J.H. Photosynthesis and fish production in the sea. *Science*. 1969. 166(3901). 72-76.
12. Gulland, J.A. The fish resources of the ocean. *FAO Fish. Tech. Pap.* 1970. 97. 1-425.

13. Stokstad, E. Global fisheries. De'tente in the fisheries war. *Science*. 2009. 324(5924). 170-171.
14. Worm, B. et al. Rebuilding global fisheries. *Science*. 2009. 325(5940). 578-585.
15. Branch, T.A. et al. Contrasting global trends in marine fishery status obtained from catches and from stock assessments. *Conserv. Biol.* 2011. 25(4). 777-786.
16. Hutchings, J.A. et al. Trends in the abundance of marine fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2010. 67(8). 1205-1210.
17. Caddy, J.F. and Agnew, D.J. An overview of recent global experience with recovery plans for depleted marine resources and suggested guidelines for recovery planning. *Rev. Fish Biol. Fish.* 2004. 14(1). 43-112.
18. Anderson, S.C. et al. Rapid global expansion of invertebrate fisheries: trends, drivers, and ecosystem effects. *PLoS ONE*. 2011. 6(3). e14735.
19. Lotze, H.K. et al. Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*. 2006. 312(5781). 1806-1809.
20. FAO The State of World Fisheries and Aquaculture 2010, The United Nations Food and Agriculture Organization.
21. Watson, R.A. et al. Global marine yield halved as fishing intensity redoubles. *Fish Fish.* URL: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-2979.2012.00483.x>
22. Kelleher, K. Discards in the world's marine fisheries: an update. *FAO Fish. Tech. Pap.* Rome, FAO. 2005. 470. 1-131.
23. Swartz, W. et al. The spatial expansion and ecological footprint of fisheries (1950 to present). *PLoS ONE*. 2010. 5(12). e15143.
24. Sethi, S.A. et al. Global fishery development patterns are driven by profit but not trophic level. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2010. 107(27). 12163-12167.
25. Mora, C. et al. Management effectiveness of the world's marine fisheries. *PLoS Biol.* 2009. 7(6). e1000131.
26. Cinner, J.E. et al. Comanagement of coral reef social-ecological systems. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2012. 109(14). 5219-5222.
27. Gutie'rrez, N.L. et al. Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature*. 2011. 470(7334). 386-389.
28. Rudel, T.K. et al. Forest transitions: towards a global understanding of land use change. *Global Environ. Change*. 2005. 15(1), 23-31.
29. Hecht, S. From eco-catastrophe to zero deforestation? Interdisciplinarity, politics, environmentalisms and reduced clearing in Amazonia. *Environ. Conserv.* 2012. 39(1). 4-19.
30. Lotze, H.K. et al. Recovery of marine animal populations and ecosystems. *Trends Ecol. Evol.* 2011. 26(11). 595-605.
31. K. Sherman, L. M. Alexander, and B. D. Gold. Large Marine Ecosystems: Patterns, Processes, and Yields, AAAS Publications, 1990.

32. Ricard, D. et al. Assessing the knowledge-base for commercially exploited marine fishes and invertebrates with a new global database of stock assessments. *Fish Fish.* 2011. URL: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00435.x>
33. Tittensor, D. P. et al. Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa. *Nature.* 2010. 466(7310). 1098-1101.
34. Alder, J. and Sumaila, U.R. Western Africa: a fish basket of Europe past and present. *J. Environ. Dev.* 2004. 13(2). 156-178.
35. Johannes, R. E. The case for data-less marine resource management: examples from tropical nearshore finfisheries. *Trends Ecol. Evol.* 1998. 13(6). 243-246.
36. Hilborn, R. Defining success in fisheries and conflicts in objectives. *Mar. Policy.* 2007. 31(2). 153-158.
37. McClanahan, T. R. et al. Critical thresholds and tangible targets for ecosystem-based management of coral reef fisheries. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2011. 108(41). 17230-17233.
38. Froese, R. et al. What catch data can tell us about the status of global fisheries. *Mar. Biol.* 2012. 159(6). 1283-1292.
39. Thorson, J. T. et al. Using model-based inference to evaluate global fisheries status from landings, location, and life history data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2012. 69(4). 645-655.
40. Pauly, D. On Malthusian overfishing. Naga: *The ICLARM Quarterly.* 1990. 13(1). 3-4.
41. McClanahan, T. R. et al. Malthusian overfishing and efforts to overcome it on Kenyan reef. *Ecol. Appl.* 2008. 18(6). 1516-1529.
42. McClanahan, T. et al. Healing small-scale fisheries by facilitating complex socio-ecological systems. *Rev. Fish Biol. Fish.* 2009. 19(1). 33-47.
43. Wamukota, A. W. et al. Co-management of coral reef fisheries: a critical evaluation of the literature. *Mar. Policy.* 2012. 36(2). 481-488.
44. Cinner, J. E. et al. Responding to change: Using scenarios to understand how socioeconomic factors may influence amplifying or dampening exploitation feedbacks among Tanzanian fishers. *Global Envir. Change-Hum. Pol. Dimen.* 2011. 21(1). 7-12. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.09.001>.
45. Karlan, D. and Zinman, J. Microcredit in theory and practice: using randomized credit scoring for impact evaluation. *Science.* 2011. 332(6035). 1278-1284.
46. Frank, K. T. et al. Transient dynamics of an altered large marine ecosystem. *Nature.* 2011. 477(7362). 86-89.

REFERENCES

1. Smith, T. D. ed. In *Scaling Fisheries: the science of measuring the effects of fishing 1855-1955*. 1994. Cambridge University Press.
2. Pauly, D. and Christensen, V. (1995). Primary production required to sustain global fisheries. *Nature*, 374(6519):255-257.
3. Jennings, S. and Kaiser, M. J. (1998). The effects of fishing on marine ecosystems. *Adv. Mar. Biol.*, 34:201-212.
4. Baum, J.K. and Worm, B. (2009). Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundance. *J. Anim. Ecol.*, 78(4):699-714.
5. Kuparinen, A. and Merila, J. (2007). Detecting and managing fisheries induced evolution. *Trends Ecol. Evol.*, 22(12):652-659.
6. Jackson, J. B. C. (2008). Ecological extinction and evolution in the brave new ocean. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 105(1):11458-11465.
7. Halpern, B. S. et al. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319(5865):948-952.
8. Beddington, J. R. et al. (2007). Current problems in the management of marine fisheries. *Science*, 316(5832):1713-1716.
9. Watson, R. and Pauly, D. (2001). Systematic distortions in world fisheries catch trends. *Nature*, 414(6863):534-536.
10. Agnew, D. J. et al. (2009). Estimating the worldwide extent of illegal fishing. *PLoS ONE*, 4(2):e4570.
11. Ryther, J. H. (1969). Photosynthesis and fish production in the sea. *Science*, 166(3901):72-76.
12. Gulland, J. A. (1970). The fish resources of the ocean. *FAO Fish. Tech. Pap.*, 97:1-425.
13. Stokstad, E. (2009). Global fisheries. De'tente in the fisheries war. *Science*, 324(5924):170-171.
14. Worm, B. et al. (2009). Rebuilding global fisheries. *Science*, 325(5940):578-585.
15. Branch, T. A. et al. (2011). Contrasting global trends in marine fishery status obtained from catches and from stock assessments. *Conserv. Biol.*, 25(4):777-786.
16. Hutchings, J. A. et al. (2010). Trends in the abundance of marine fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 67(8):1205-1210.
17. Caddy, J. F. and Agnew, D. J. (2004). An overview of recent global experience with recovery plans for depleted marine resources and suggested guidelines for recovery planning. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 14(1):43-112.
18. Anderson, S. C. et al. (2011). Rapid global expansion of invertebrate fisheries: trends, drivers, and ecosystem effects. *PLoS ONE*, 6(3):e14735.
19. Lotze, H. K. et al. (2006). Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, 312(5781):1806-1809.

20. FAO The State of World Fisheries and Aquaculture 2010, The United Nations Food and Agriculture Organization.
21. Watson, R. A. et al. (2012). Global marine yield halved as fishing intensity redoubles. *Fish Fish.* URL: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-2979.2012.00483.x>
22. Kelleher, K. (2005). Discards in the world's marine fisheries: an update. *FAO Fish. Tech. Pap.* Rome, FAO. 470:1-131.
23. Swartz, W. et al. (2010). The spatial expansion and ecological footprint of fisheries (1950 to present). *PLoS ONE*, 5(12):e15143.
24. Sethi, S. A. et al. (2010). Global fishery development patterns are driven by profit but not trophic level. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 107(27):12163-12167.
25. Mora, C. et al. (2009). Management effectiveness of the world's marine fisheries. *PLoS Biol.*, 7(6):e1000131.
26. Cinner, J. E. et al. (2012). Comanagement of coral reef social-ecological systems. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 109(14):5219-5222.
27. Gutie'rrrez, N. L. et al. (2011). Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature*, 470(7334):386-389.
28. Rudel, T. K. et al. (2005). Forest transitions: towards a global understanding of land use change. *Global Environ. Change*, 15(1):23-31.
29. Hecht, S. (2012). From eco-catastrophe to zero deforestation? Interdisciplinary, politics, environmentalisms and reduced clearing in Amazonia. *Environ. Conserv.*, 39(1):4-19.
30. Lotze, H. K. et al. (2011). Recovery of marine animal populations and ecosystems. *Trends Ecol. Evol.*, 26(11):595-605.
31. K. Sherman, L. M. Alexander, and B. D. Gold. (1990). Large Marine Ecosystems: Patterns, Processes, and Yields, AAAS Publications.
32. Ricard, D. et al. (2011). Assessing the knowledge-base for commercially exploited marine fishes and invertebrates with a new global database of stock assessments. *Fish Fish.* URL: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00435.x>
33. Tittensor, D. P. et al. (2010). Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa. *Nature*, 466(7310):1098-1101.
34. Alder, J. and Sumaila, U. R. (2004). Western Africa: a fish basket of Europe past and present. *J. Environ. Dev.*, 13(2):156-178.
35. Johannes, R. E. (1998). The case for data-less marine resource management: examples from tropical nearshore finfisheries. *Trends Ecol. Evol.*, 13(6):243-246.
36. Hilborn, R. (2007). Defining success in fisheries and conflicts in objectives. *Mar. Policy*, 31(2):153-158.
37. McClanahan, T. R. et al. (2011). Critical thresholds and tangible targets for ecosystem-based management of coral reef fisheries. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 108(41):17230-17233.

38. Froese, R. et al. (2012). What catch data can tell us about the status of global fisheries. *Mar. Biol.*, 159(6):1283-1292.
39. Thorson, J. T. et al. (2012). Using model-based inference to evaluate global fisheries status from landings, location, and life history data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 69(4):645-655.
40. Pauly, D. (1990). On Malthusian overfishing. *Naga: The ICLARM Quaterly*, 13(1):3-4.
41. McClanahan, T. R. et al. (2008). Malthusian overfishing and efforts to overcome it on Kenyan reef. *Ecol. Appl.*, 18(6):1516-1529.
42. McClanahan, T. et al. (2009). Healing small-scale fisheries by facilitating complex socio-ecological systems. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 19(1):33-47.
43. Wamukota, A. W. et al. (2012). Co-management of coral reef fisheries: a critical evaluation of the literature. *Mar. Policy*, 36(2):481-488.
44. Cinner, J. E. et al. (2011). Responding to change: Using scenarios to understand how socioeconomic factors may influence amplifying or dampening exploitation feedbacks among Tanzanian fishers. *Glob. Envir. Chan.-Hum. Pol. Dimen.*, 21(1):7-12. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.09.001>.
45. Karlan, D. and Zinman, J. (2011). Microcredit in theory and practice: using randomized credit scoring for impact evaluation. *Science*, 332(6035):1278-1284.
46. Frank, K. T. et al. (2011). Transient dynamics of an altered large marine ecosystem. *Nature*, 477(7362):86-89.

УДК 639.3:556.55(477.7)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.7>

ОЦІНКА РИБОГОСПОДАРСЬКИХ ПАРАМЕТРІВ МАЛИХ ВОДОСХОВИЩ ПІВДНЯ УКРАЇНИ НА ПРИКЛАДІ ЩЕРБАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

¹Сондак В. В. – д. б. н., професор кафедри водних біоресурсів,

²Шевченко В. Ю. – к. с.-г. н., доцент кафедри водних біоресурсів та аквакультури,

¹Національний університет водного господарства та природокористування,

²Херсонський державний аграрно-економічний університет,

v.v.sondak@nuwm.edu.ua, shevchenko_v@ksaeu.kherson.ua

У статті здійснено комплексне дослідження гідрохімічних, гідробіологічних та гідрологічних характеристик Щербанівського водосховища, розташованого в Миколаївській області, із подальшим формулюванням практичних рекомендацій для підвищення ефективності його використання в рибогосподарських цілях. Необхідність такого аналізу обумовлена актуальними потребами у збільшенні виробництва рибної продукції та більш раціональному використанні ресурсів малих водосховищ задля підтримки їх екологічної рівноваги й потенціалу для аквакультури. З урахуванням стратегічної важливості рибного господарства для продовольчої безпеки країни, питання оптимізації експлуатації таких водних об'єктів набуває особливої ваги.

Мета дослідження полягає у аналізі екологічного стану Щербанівського водосховища, зокрема оцінки гідрохімічних показників, структури гідробіоценозів, гідрологічного режиму, кормової бази, складу іхтіофауни, а також визначенні ефективних напрямів подальшого рибогосподарського використання.

Об'єктом дослідження виступає Щербанівське водосховище, а предметом – потенційні шляхи його залучення до рибогосподарської діяльності на півдні України з урахуванням його екологічних параметрів.

У процесі дослідження було застосовано методи: системного аналізу, гідрохімічні, гідробіологічні та гідрологічні методи.

Проведені дослідження свідчать про відносну стабільність хімічного складу води. Біологічні характеристики вказують на домінування фітопланктону, а також на наявність значних запасів зоопланктону, зообентосу та вищої водної рослинності. Ці ресурси дають підстави віднести водосховище до II класу Степової зони за критерієм кормових можливостей, що відкриває перспективи для вирощування промислово цінних риб. Іхтіофауна переважно складається з малопродуктивних видів. Розрахунки вказують, що за умови оптимального використання кормових біоресурсів, потенційна рибопродукція може скласти 180,4 кг/га. Для реалізації такого потенціалу доцільно здійснити інтродукцію 379,8 екз/га цьоголіток риб.

Таким чином, важливою є реалізація комплексу заходів для підвищення ефективності рибного господарства у малих водосховищах Степової зони. Зокрема, рекомендовано впровадження компенсаційних меліоративних заходів, включно із зарибленням продуктивними видами риб та систематичним моніторингом

екологічних показників. Отримані результати можуть стати основою для стратегічного планування сталого розвитку аквакультури в регіоні.

Ключові слова: південь України, малі водосховища, рибогосподарський потенціал, іхтіофауна, біопродукція, кормові ресурси.

Постановка проблеми. Південь України характеризується посушливим кліматом, що орієнтує сільськогосподарське виробництво на використання зрошення. З цією метою в регіоні створено велику кількість водосховищ комплексного призначення. Однією з проблем використання таких водойм є їх евтрофікація, тобто накопичення органічної речовини в ході біопродукційних процесів в сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах. До таких процесів слід віднести інтенсивний розвиток водної рослинності – фітопланктону та макрофітів – вищої водної рослинності та водоростей, а також інших груп рослин та тварин. Надлишковий розвиток організмів призводить до заростання та замулення водосховищ аж до втрати ними своєї основної здатності – слугувати джерелом води відповідної якості [1].

Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є видалення з водойми надлишкової біомаси шляхом її утилізації за допомогою ефективних споживачів-меліораторів. Для водойм такими споживачами є певні види риб у певній комбінації (полікультури) відповідної структури.

У зв'язку із тим, що кожна водойма має свої індивідуальні продукційні параметри та показники, склад та структура найбільш ефективної меліоративної полікультури для кожної водойми будуть своїми. Такий склад та структура визначається на підставі аналізу продукційних характеристик різних елементів біоценозу водойми, що, в свою чергу, визначаються в ході польових досліджень [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рибна галузь відіграє важливу роль у структурі аграрного сектору, забезпечуючи населення цінними білковими продуктами харчування, а переробну промисловість – необхідною сировиною. Аналіз наявних досліджень свідчить про істотне зменшення обсягів вилову водних біоресурсів в Україні впродовж останніх років. Основними причинами цього є складна політична ситуація та воєнні дії. Починаючи з 2022 року, також зафіксовано різке зниження експорту рибної продукції. Така динаміка зумовлює посилення залежності від імпоротної риби й несе потенційну загрозу для національної продовольчої безпеки [3-4].

Найбільш критичний стан рибної галузі спостерігається в південних регіонах України, які до початку повномасштабної війни були лідерами за обсягами рибогосподарської діяльності. Ситуація, що склалася, може призвести до загострення продовольчих проблем на регіональному рівні [5-6].

Іхтіофауна малих водойм здебільшого представлена обмеженим набором малоцінних риб, що у поєднанні з кліматичними змінами не лише

не забезпечує економічної доцільності тепловодного рибництва, а й створює загрозу екологічній стабільності цих водойм [7].

З огляду на харчову цінність рибної продукції та недостатній рівень її споживання населенням України, актуальним є завдання щодо збільшення чисельності перспективних видів риб у малих водоймах. Такі види мають високі темпи росту, є важливим джерелом поживних речовин і дозволяють ефективніше використовувати потенціал штучних водних екосистем [8].

Рациональна експлуатація малих водосховищ, незалежно від їх функціонального призначення, базується на використанні природної кормової бази, яка представлена фітопланктоном, зоопланктоном, зообентосом і макрофітами. Оцінка продукційних можливостей таких водойм потребує детального дослідження рівня розвитку основних груп кормових гідробіонтів, адже саме від обсягу продукування органічної речовини залежить рибопродуктивність водойми [9].

Формулювання цілей статті. Метою статті – є аналіз рибогосподарських параметрів Щербанівського водосховища задля оптимізації його використання в цілях риборозведення та формування рекомендацій щодо підвищення продуктивності і сталого управління водними біоресурсами.

Відповідно до мети, було поставлено і вирішено наступні завдання: проаналізувати гідрологічні та гідрохімічні характеристики Щербанівського водосховища, які впливають на стан іхтіофауни; провести аналіз умов для природного відтворення риб та перспектив зариблення; надати рекомендації щодо покращення рибогосподарського використання водосховища з урахуванням екологічних особливостей регіону.

Матеріали і методи дослідження. Основою досліджень стали праці провідних вітчизняних вчених з означеної тематики [1-9].

Під час проведення дослідження, відповідно до мети і завдань було використано наступні методи: аналізу наукової літератури, гідрологічні, гідробіологічні, гідрохімічні, статистичні.

Результати досліджень. Щербанівське водосховище розташоване у Миколаївській області Вознесенському районі, поблизу с. Щербані. Площа водного дзеркала водосховища складає 301 га, загальна довжина – 13,0 км, середня ширина – 0,45 км, максимальна глибина – 7,0 м, середня глибина – 3,3 м. Ґрунти представлені переважно вапняками, глиною з домішками каменю, потужність мулових відкладень складає 20–30 см.

За призначенням Щербанівське водосховище використовується для зрошення та риборозведення. Безпосереднього зв'язку з рибогосподарськими водними об'єктами не існує. Надходження води у водосховище здійснюється в основному за рахунок стоку з водозбірної площі р. Гнилий Єланець та атмосферних опадів. За типом Щербанівське водосховище – руслове. Морфологічна характеристика наведена в таблиці 1.

Таблиця 1. Морфологічна характеристика Щербанівського водосховища

Показник	Значення		
	НПУ	ФПУ	УМО
Рівні води			
Довжина, км	13,0	13,5	4,0
Ширина, км	1,50	1,50	0,45
Глибин, м	7,00	8,00	3,30
Площа дзеркала, км ²	5,01	6,10	
Об'єм, млн.м ³	15,72	21,20	0,85
Протяжність берегової смуги водосховища, км	33,10	35,00	8,50
Площа мілководь з глибиною до 2 м, км ²	0,90	0,80	–

Початок льодоставу на водосховищі – перша половина грудня; скресання криги – кінець лютого-перша половина березня. Динаміка температур Щербанівського водосховища підпорядкована інтенсивності сонячної інсоляції і має типовий характер для континентальних водойм Миколаївської області. Максимальних значень температура води досягає в серпні (28,4 °С), а мінімальні значення зафіксовано у грудні (2,2 °С). Оптимальним для життєдіяльності гідробіонтів у водосховищі є період з червня по вересень, коли утримується температура води понад 20,0 °С.

Глибини водосховища сприяють перемішуванню поверхневих шарів водних мас, що відбивається на прозорості води, яка коливається від 0,40 до 0,91 м (середнє значення становить 0,65 м). На цій підставі можна визначити глибину фотичного шару, в межах якого здійснюється фотосинтетична діяльність фітопланктону, яка дорівнює подвійній прозорості води, тобто становить близько 1,2 м.

Виключно важливу роль у формуванні абіотичної складової та функціонуванні біотичної складової водосховища відіграє розчинений у воді кисень, вміст якого складає 7,5 мг/дм³.

Вода водосховища має слабо лужну реакцію (рН – 8,2), належить до гідрокарбонатного класу групи кальцію – Сса. Загальна сума іонів становить 2627 мг/дм³.

Біогенні елементи, важливішими з яких є азот і фосфор, мають велике біологічне значення на протікання життєвих процесів у гідробіонтів [10]. Рівень біогенних елементів складає 0,29 мг/дм. Загальне залізо знаходиться на рівні 0,07 мг/дм. Загальна жорсткість становить 18 мг-екв/дм³.

Хімічний склад та якісні показники води у Щербанівському водосховищі знаходяться в межах ГДК [10], що регламентуються нормативними документами для рибогосподарського використання. Гідрохімічні показники також відповідають потребам риб і не перешкоджають проведенню меліоративних робіт з їх залученням в якості меліораторів.

Гідробіологічний режим досліджувався за наступними основними групами кормових гідробіонтів: макрофіти, фітопланктон, зоопланктон, зообентос [11-12].

Біопродукційний потенціал Щербанівського водосховища за рівнем розвитку кормових гідробіонтів оцінюється сумарним формуванням головними групами кормових гідробіонтів органічної речовини. Для визначення рівня можливостей використання даної водойми з метою вирощування риби з метою її меліоративного використання виходили із середньосезонних показників кормової бази та її продукції, а саме: біомаса фітопланктону складає – 6,5 г/м³, зоопланктону – 1,33 г/м³, зообентосу – 2,0 г/м²; продукція фітопланктону дорівнює 3521,7 т, зоопланктону – 120,1 т, зообентосу – 36,1 т, макрофітів – 546,3 т. Рівень заростання вищою водною рослинністю становить 15 %. Глибина фотичного шару – 1,2 м.

Рівень біопродукційного потенціалу водойми визначає можливості культивування риб з різними спектрами живлення. Виходячи з того, що потенційними споживачами тої чи іншої кормової групи організмів є певний вид риб, тому доцільно проводити розрахунки, спираючись на ці види, які будуть виступати в якості біомеліораторів водойми. Оцінка рибопродукційних можливостей Щербанівського водосховища по рівню розвитку природної кормової бази наведена в таблиці 2.

Таблиця 2. Оцінка рибопродукційних можливостей Щербанівського водосховища по рівню розвитку природної кормової бази [13]

Компонент кормової бази	Потенційний споживач	Біомаса г/м ³ , г/м ²	Продукція, кг/га	Потенц. рибцїя, кг/га
Фітопланктон	Білий товстолобик	6,5	11700,0	117,0
Зоопланктон	Строкатий товстолобик	1,33	399,0	33,3
Зообентос	Стерлядь	2,0	119,9	12,0
Макрофіти	Білий амур		1815,0	18,1
Всього				180,4

Згідно проведених розрахунків, в яких задіяні відповідні значення кормових коефіцієнтів, рівень можливого використання біопродукційного потенціалу складає 50 % від сформованої продукції. У цьому зв'язку загальна щільність посадки риби на вирощування буде 379,78 екз/га, у тому числі стерляді – 25,3 екз/га, білого товстолобика – 246,3 екз/га, строкатого товстолобика – 70,0 екз/га та білого амура 38,2 екз/га. Фактично можлива природна рибопродукції Щербанівського водосховища, за умови впровадження пасовищної аквакультури, буде становити 72,16 кг/га, що у перерахунку на всю площу водойми (301 га) буде дорівнювати близько 21,7 т. Окремі компоненти полікультури здатні забезпечити отримання

наступних значень рибопродукції: стерлядь – 4,80 кг/га (або 1,5 т), білий товстолобик – 46,80 кг/га (або 14,0 т), строкатий товстолобик – 13,30 кг/га (або 4,0 т), та білий амур – 7,30 кг/га (або 2,2 т).

Результати розрахунків щільності посадки рибопосадкового матеріалу у водосховище та його промислової рибопродукції наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Щільність посадки рибопосадкового матеріалу та результати вирощування [13]

Вид риби	Посадка риби (однорічків)		Пром. повернення	Промислова рибопродукція
	екз/га	тис. екз	%	кг/га
Білий товстолобик	246,3	74,1	40	46,80
Строкатий товстолобик	70,0	21,1	40	13,30
Стерлядь	25,3	7,6	40	4,80
Білий амур	38,2	11,5	40	7,26
Всього	379,8	114,3		72,16

Таким чином, для раціонального використання біопродукційного потенціалу Щербанівського водосховища загальна кількість необхідного рибопосадкового матеріалу становить 114,3 тис. екз, за рахунок яких повніше будуть використовуватись природні кормові ресурси, що у результаті покращить стан гідрологічного та гідрохімічного режимів водойми. Значення промислової рибопродукції зі всієї водойми наведені в таблиці 4.

Таблиця 4. Значення загальної промислової рибопродукції [13]

Вид риби	Промислова рибопродукція	
	кг/га	Зі всієї водойми, т
Білий товстолобик	46,80	14,1
Строкатий товстолобик	13,30	4,0
Стерлядь	4,80	1,4
Білий амур	7,26	2,2
Всього	72,16	21,7

Таким чином, розрахункова рибопродукція з водойми складе 21,7 т щорічно, у тому числі 1,4 т – стерляді.

Висновки. Середньосезонні показники динаміки розвитку фітопланктону дорівнювали – 6,5 г/м³, зоопланктону – 1,33 г/м³, зообентосу – 2,0 г/м². При цьому продукція фітопланктону складала 3521,7 т, зоопланктону – 120,1 т, зообентосу – 36,1 т, макрофітів – 546,3 т, що є підставою віднести Щербанівське водосховище до середньокормних акваторій.

Відповідна наявність залишкових біомас орієнтує на проведення меліоративних робіт із залученням риб-біомеліораторів відповідної структури полікультури.

З метою поліпшення якості води та з урахуванням наявного біопродукційного потенціалу щільність посадки риб-біомеліораторів повинна складати: стерлядь – 25,25 екз/га, білого товстолобика – 246,32 екз/га, строкатого товстолобика – 70,00 екз/га та білого амура 38,21 екз/га., або відповідно стерлядь – 7,6 тис. екз, білий і строкатий товстолобики відповідно 74,1 і 21,1 тис. екз та білий амур – 11,5 тис. екз, що у загальній кількості становить 114,3 тис. екз на всю площу водойми.

ASSESSMENT OF FISHERIES PARAMETERS OF SMALL RESERVOIRS IN SOUTHERN UKRAINE USING THE EXAMPLE OF THE SHCHERBANIVSKIY RESERVOIR

¹Sondak V. V. – Doctor of Biology, Professor of the Department of Aquatic Biological Resources,

²Shevchenko V. Yu. – Candidate of Agricultural Sciences, associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture,

¹National University of Water and Environmental Engineering,

²Kherson State Agrarian and Economic University,

v.v.sondak@nuwm.edu.ua, shevchenko_v@ksaeu.kherson.ua

The article presents a comprehensive study of the hydrochemical, hydrobiological, and hydrological characteristics of the Shcherbanivske Reservoir, located in the Mykolaiv region, followed by the formulation of practical recommendations to enhance its efficiency for fishery purposes. The necessity of such an analysis is driven by current needs to increase fish production and make more rational use of small reservoir resources in order to maintain their ecological balance and aquaculture potential. Given the strategic importance of the fisheries sector for the country's food security, the issue of optimizing the operation of such water bodies is becoming increasingly relevant.

The aim of the study is to analyze the ecological condition of the Shcherbanivske Reservoir, particularly to assess hydrochemical parameters, the structure of hydrobiocenoses, the hydrological regime, the food base, and the composition of ichthyofauna, as well as to identify effective directions for its further use in fisheries.

The object of the research is the Shcherbanivske Reservoir, while the subject is the potential approaches for its integration into fishery activities in southern Ukraine, considering its ecological parameters.

The research employed methods of systems analysis, as well as hydrochemical, hydrobiological, and hydrological approaches.

The conducted research indicates a relatively stable chemical composition of the water. The biological characteristics point to the dominance of phytoplankton, along with substantial reserves of zooplankton, zoobenthos, and higher aquatic vegetation. These resources justify classifying the reservoir as Class II in the Steppe zone based on

its feeding capacity, which opens up opportunities for the cultivation of commercially valuable fish species. The ichthyofauna is predominantly composed of low-productive species. Calculations suggest that with the optimal utilization of feeding bioresources, the potential fish production could reach 180,4 kg/ha. To realize this potential, the introduction of 379,8 juvenile fish per hectare is advisable.

Therefore, it is important to implement a set of measures to enhance the efficiency of fisheries in small reservoirs of the Steppe zone. In particular, the introduction of compensatory reclamation measures is recommended, including stocking with productive fish species and systematic monitoring of ecological indicators. The obtained results can serve as a foundation for strategic planning of sustainable aquaculture development in the region.

Keywords: southern Ukraine, small reservoirs, fishery potential, ichthyofauna, bioproductivity, feeding resources.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кутіщев П. С., Шевченко В. Ю. Обґрунтування рибогосподарського використання малих водосховищ Миколаївської області. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2020. № 115. С. 285-290. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.42>
2. Melnychenko S., Bohadorova L., Okhremenko I., Kozychar M., Reznikova V. The dynamics of catching aquatic bioresources in the south of Ukraine: Analysis, challenges and prospects for their solution in the context of sustainable development. *Scientific Horizons*. 2024. № 27(8). Pp. 158-167. URL: <https://doi.org/10.48077/scihor8.2024.158>
3. Макаренко А. А., Шевченко П. Г., Рудик-Леуська Н. Я., Бузевич І. Ю., Кононенко І. С. Оптимізація технології вирощування життєстійкої молоді гібриду білого та строкатого товстолобів для зариблення водойм комплексного призначення: монографія. К.: ФОП Ямчинський О. В., 2022. 252 с.
4. Гончарова О., Мельниченко С. Екологічний стан водних об'єктів півдня України за впливу російської агресії. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2024. № 1(15). С. 95-104. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2024.1.8>
5. Мельниченко С. Г. Огляд малих водосховищ півдня України з точки зору рибогосподарської експлуатації. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2023. № 1(13). С. 64-72. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.5>
6. Мельниченко С. Рибництво на малих водосховищах півдня України: аналіз динаміки вилову, проблем та перспектив розвитку. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2023. № 2(14). С. 19-28. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2023.2.2>
7. Мельниченко С., Гончарова О., Шевченко В. Оцінка рибогосподарського потенціалу малих водосховищ півдня України на прикладі Єланецького водосховища. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 137. С. 534-543. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.62>

8. Пилипенко Ю. В. Малі водосховища – як компонент рибогосподарського фонду України. *Рибне господарство*. 1999. № 51. С. 67-69.
9. Пилипенко Ю. В. Шляхи підвищення комплексності використання малих водосховищ степової зони України. *Наукові записки Тернопільського ДПУ. Серія: Біологія*. № 3(14). 2001. С. 81-83.
10. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. Під ред. Романенко В. Д. Київ, 2006. 628 с.
11. Шевченко В. Ю., Кутіщев П. С. Потенційні можливості та аналіз рибогосподарського використання Явкінського водосховища. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2021. № 1(9). С. 127-136. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2021.1.10>
12. Шерман І. М., Гейна К. М., Кутіщев С. В., Кутіщев П. С. Екологічні трансформації річкових гідроекосистем та актуальні проблеми рибного господарства. *Рибогосподарська наука України*. 2013. № 4. С. 5-16.
13. Шерман І. М., Краснощок Г. П., Пилипенко Ю. В. Гринжевський М. В., Ковальчук Н. Е. Ресурсозберігаюча технологія вирощування риби в малих водосховищах. Миколаїв : Можливості Кіммерії, 1996. 46 с.

REFERENCES

1. Kutishchev, P. S., & Shevchenko, V. Yu. (2020). *Obruntuvannia rybohospodarskoho vykorystannia malykh vodoskhovyshch Mykolaivskoi oblasti* [Justification of the fishery use of small reservoirs of the Mykolaiv region]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, no. 115, 285-290. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.42> [in Ukrainian].
2. Melnychenko, S., Bohadorova, L., Okhremenko, I., Kozychar, M., & Reznikova, V. (2024). The dynamics of catching aquatic bioresources in the south of Ukraine: Analysis, challenges and prospects for their solution in the context of sustainable development. *Scientific Horizons*, no. 27(8), 158-167. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor8.2024.158>
3. Makarenko, A. A., Shevchenko, P. H., Rudyk-Leuska, N. Ya., Buzevych, I. Yu., & Kononenko, I. S. (2022). *Optimizatsiia tekhnolohii vyroshchuvannia zhyttestikoi molodi hibrydu biloho ta strokatoho tovtolobiv dlia zaryblennia vodoim kompleksnoho pryznachennia* [Optimization of the technology for growing viable young hybrid white and variegated silver bream for stocking complex-purpose reservoirs: Optimization of the technology for growing viable young hybrid white and variegated silver bream for stocking complex-purpose reservoirs]. Monograph. Kyiv : FOP Yamchynskiy O. V. [in Ukrainian].
4. Honcharova, O., & Melnychenko, S. (2024). *Ekolohichni stan vodnykh ob'ektiv pivdnia Ukrainy za vplyvu rosiiskoi ahresii* [Ecological state of water bodies in southern Ukraine under the influence of Russian aggression]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, no. 1(15), 95-104. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2024.1.8> [in Ukrainian].

5. Melnychenko, S. H. (2023). *Ohliad malykh vodoskhovyshch pivdnia Ukrainy z tochky zoru rybohospodarskoi ekspluatatsii* [Overview of small reservoirs in southern Ukraine from the point of view of fishery exploitation]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, no. 1(13), 64-72. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2023.1.5> [in Ukrainian].
6. Melnychenko, S. (2023). *Rybnytstvo na malykh vodoskhovyshchakh pivdnia Ukrainy: analiz dynamiky vylovu, problem ta perspektyv rozvytku* [Fish farming in small reservoirs of southern Ukraine: analysis of catch dynamics, problems and development prospects]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, no. 2(14), 19-28. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2023.2.2> [in Ukrainian].
7. Melnychenko, S., Honcharova, O., & Shevchenko, V. (2024). *Otsinka rybohospodarskoho potentsialu malykh vodoskhovyshch pivdnia Ukrainy na prykladi Yelanetskoho vodoskhovyshcha* [Assessment of the fishery potential of small reservoirs in southern Ukraine using the example of the Yelanetskyi reservoir]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, no. 137, 534-543. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.62> [in Ukrainian].
8. Pylypenko, Yu. V. (1999). *Mali vodoskhovyshcha – yak komponent rybohospodarskoho fondu Ukrainy* [Small reservoirs – as a component of the fisheries fund of Ukraine]. *Rybne hospodarstvo*, no. 51, 67-69. [in Ukrainian].
9. Pylypenko, Yu. V. (2001). *Shliakhy pidvyshchennia kompleksnosti vykorystannia malykh vodoskhovyshch stepovoi zony Ukrainy* [Ways to increase the complexity of using small reservoirs in the steppe zone of Ukraine]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho DPU. Seriya: Biologiya*, no. 3(14), 81-83. [in Ukrainian].
10. Romanenko, V. D. (Ed.). (2006). *Metody hidroekologichnykh doslidzhen poverkhnevyykh vod* [Methods of the hydroecological research of the surface waters]. Kyiv. [in Ukrainian].
11. Shevchenko, V. Yu., & Kutishchev, P. S. (2021). *Potentsiini mozhlyvosti ta analiz rybohospodarskoho vykorystannia Yavkinskoho vodoskhovyshcha* [Potential opportunities and analysis of fishery use of the Yavka Reservoir]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, no. 1(9), 127-136. DOI: <https://doi.org/10.32851/wba.2021.1.10> [in Ukrainian].
12. Sherman, I. M., Heina, K. M., Kutishchev, S. V., & Kutishchev, P. S. (2013). *Ekologichni transformatsii richkovykh hidroekosystem ta aktualni problemy rybnoho hospodarstva* [Ecological transformations of river hydroecosystems and current problems of fisheries]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, no. 4, 5-16. [in Ukrainian].
13. Sherman, I. M., Krasnoshchok, H. P., Pylypenko, Yu. V., et al. (1996). *Resursozberihaiucha tekhnologiya vyroshchuvannia ryby v malykh vodoskhovyshchakh* [Resource-saving technology for growing fish in small reservoirs]. Mykolaiv: Mozhlyvosti Kimmerii. [in Ukrainian].

БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РИБНИЦТВА В СУЧАСНИХ УМОВАХ ЗМІН ТА АДАПТАЦІЙ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ (ОГЛЯД)

Головко А. А. – асистент кафедри водних біоресурсів та аквакультури,

Козичар М. В. – к.с.-г.н., доцент,

Херсонський державний аграрно-економічний університет,

holovko.alina@gmail.com

Військові дії в південному регіоні України призвели до значного погіршення стану водних екосистем. Забруднення хімічними речовинами, знищення рибних господарств, знищення греблі Каховської ГЕС, руйнування інфраструктури та порушення природних процесів мають довгострокові негативні наслідки для навколишнього середовища. Відновлення морських акваторій та прісноводних екосистем є пріоритетом для забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку регіону.

Сучасне рибництво Півдня України, зокрема Пониззя Дніпра, зазнає значного впливу кліматичних змін, антропогенного навантаження та трансформацій гідрологічного режиму внаслідок зарегулювання водного стоку. У статті висвітлено особливості рибогосподарської діяльності у Пониззі Дніпра за останнє десятиліття. Проведено аналіз стану іхтіофауни, виявлено ключові екологічні чинники, що впливають на її структуру та динаміку. Розглянуто зміни гідрохімічного режиму та антропогенне навантаження на водні екосистеми Півдня України. Проаналізовано сучасні підходи до раціонального використання водних біоресурсів та перспективи адаптації рибогосподарського комплексу до змін клімату і гідрології.

У науковій статті розглянуто біологічні аспекти ведення рибництва в умовах екосистемної нестабільності, зокрема адаптацію гідробіонтів до нових середовищ існування. Надано характеристику перспективних видів риб для інтенсифікації рибогосподарської діяльності у регіоні, таких як товстолобик, білий та строкатий амур, сом європейський, судак, а також місцеві види – лящ, карась сріблястий, плітка та короп.

Результати отриманих досліджень відображають, що перспективними залишаються види з високим темпом росту, невибагливістю до умов середовища та здатністю до адаптації в умовах гідрологічного стресу. Ефективна рибогосподарська діяльність у регіоні можлива лише за умови екосистемного підходу, підтримки природних популяцій, впровадження сучасних методів моніторингу та адаптаційних практик. Актуальним є розробка післявоєнного відновлення галузі на Півдні України.

Ключові слова: рибництво, біологія риб, адаптація, кліматичні зміни, Пониззя Дніпра, рибогосподарська діяльність, іхтіофауна, гідрохімія, адаптація, кліматичні зміни, екосистема.

Постановка проблеми. Рибництво є важливою галуззю біоекономіки України, особливо в умовах Півдня, де природно сформовані водні ресурси мають високий потенціал для аквакультури. Пониззя Дніпра є унікальний регіон з багатою гідроекосистемою, один із найбільш продуктивних рибогосподарських регіонів України. Завдяки багатій гідромережі, мозаїчності ландшафтів та м'якому клімату, ця територія традиційно використовувалась для промислового рибальства, ставкового рибництва та інтродукції риб. Однак за останнє десятиліття спостерігаються суттєві зміни в екосистемі, що позначаються на іхтіофауні, як кількісно, так і якісно. Водночас зростає потреба у глибокому екологічному аналізі для забезпечення сталого розвитку аквакультури. Як і всі інші регіони Південь України перебуває під впливом динамічних змін клімату, зниження водності, зниження рівня водосховищ та зміни іонно-сольового складу води. Ці фактори впливають як на природні популяції риб, так і на технології вирощування об'єктів аквакультури [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оглядові роботи і велика кількість наукових статей на дану тему вказують на те, що всі сфери сільського господарства, а зокрема і рибництво, зазнали значних змін за останні роки.

Зокрема через воєнну агресію в нашій країні і знищення греблі Каховської ГЕС – південь України вже відчуває наслідки глобальних кліматичних змін. Підвищення температур, часті посухи та зменшення кількості опадів призводять до деградації ґрунтів, зниження врожайності сільськогосподарських культур і збільшення ризиків опустелювання. Кліматичні зміни також позначаються на водних ресурсах регіону, викликаючи зниження рівня води в річках та інших водоймах, що негативно впливає на сільське господарство, рибництво, промисловість і забезпечення населення водою [2, 3].

Внаслідок підриву ГЕС – після відходження хвилі затоплення нещодавно багаті водні об'єкти заплави Дніпра перетворились на майже мертві, зайняті каламутними водами озера, акваторія яких суцільно зайнята уламками зруйнованих будинків, промисловим сміттям, останками змитих рослин і тварин [3, 4].

Слід звернути увагу на те, що заплавні водойми пониззя Дніпра і досі містять у собі значну кількість змитого сміття та побутових уламків, що у поєднанні зі значною кількістю багатолітніх органічних мулів нанесених з Каховського водосховища створює вкрай негативні умови для існування гідробіонтів [4].

Біологічні умови та чинники адаптації є середовищем, яке формує певні особливості для кожного регіону, акваторій.

Пониззя Дніпра охоплює заплави, рукави, лимани та дельтові ділянки, що простягаються від м. Нова Каховка до Чорного моря. Ці водні об'єкти є важливими нерестилищами, місцями нагулу та зимівлі риб. Після зруйнування Каховської ГЕС (2023) водний режим Пониззя Дніпра зазнав глибоких змін. Зниження рівня води, зміна швидкості течії, пересихання лиманів та заток – все це призвело до трансформації екосистем [5].

Зменшення чисельності аборигенних видів (судак, щука, осетер, севрюга).

Поширення невибагливих та інтродукованих видів (карась сріблястий, товстолобик). Відновлення популяцій осетрових за рахунок штучного зариблення (за даними 2021 року – понад 1,6 млн екз). Риби як біологічно чутливі організми чутливі до змін умов існування порушенням ритмів нересту, зниженням виживаності ікри та малька, а також скороченням кормової бази (рисунк 1) [6].

Гідрологічна деградація: втрата регуляційної ролі Каховського водосховища після його руйнування у 2023 році.

Порушення міграційних маршрутів: через каскад ГЕС та відсутність рибоходів. Зменшення кормової бази: деградація донної фауни, зміна структури планктону [7].

Евтрофікація: зростання біомаси синьо-зелених водоростей, зменшення прозорості води.



Рис. 1. Основні напрями рибогосподарської діяльності в Пониззі Дніпра

Температурний режим і кисневий баланс (таблиця 1). Підвищення середньої температури води та часті явища евтрофікації сприяють зниженню рівня розчиненого кисню, що небезпечно для більшості видів, особливо в літній період. Адаптивні види, які здатні до анаеробного метаболізму чи витримують дефіцит кисню, мають перевагу в таких умовах [7].

Зменшення біомаси фітопланктону, зообентосу, зоопланктону на фоні гідрохімічного режиму знижують ефективність використання потенціалу акваторій. Тому важливо проводити комплексні дослідження по водоймам. Вивчати динаміку іхтіофауни Пониззя Дніпра, на жаль, за останні роки неможливо проаналізувати. Але є узагальнююча інформація щодо програм зариблень. Сучасні реалії, в яких перебуває Південь України та його водні біоресурси, можна визначити, як стресові. На всю екосистему здійснюється вплив, під яким кожна з акваторій, біологічної спільноти має пристосовуватись до них.

Таблиця 1. Температурний режим і кисневий баланс

Параметр	2013-2015	2021-2023
Температура (середня, °C)	17,5	19,2
Кисень (мг/л)	7,1	5,5
Біогенне навантаження	Помірне	Високе
Прозорість води (см)	60-80	30-40
Солоність (‰)	0,5-1,0	1,5-3,2

Проаналізувати загальнодоступні дані, можна відмітити, що програми зариблень мають плануватись виходячи з усіх окреслених ситуацій. Взяти до прикладу, що у жовтні 2020 року в пониззя Дніпра поблизу міста Гола Пристань, було випущено близько 250 тисяч екземплярів молоді товстолобика, білого амура та коропа. Товстолобик та амур є природними біомеліораторами, які сприяють очищенню водойм від зайвого фітопланктону та надлишку рослинності. Але сучасні умови не сприяють розвитку іхтіофауни, раціональному використанню ресурсів, рибами, якими зарибили водойми. Тому стратегічні програми потребують глобальних оновлень.

Розглянувши більш детально більшість з них, відмітимо, що короп (*Cyprinus carpio*), який є класичним об'єктом ставкового рибництва легко адаптується до змін середовища, швидко росте, невибагливий до умов вирощування. В полікультурі практикують товстолобиків та амура. Кожний з них виконує специфічну місію для водойми, кормової бази. Наприклад, білий товстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*) є фільтратор планктону, має високу швидкість росту, стійкий до температурних коливань. Адаптований до вирощування у відкритих водоймах. Білий амур (*Ctenopharyngodon idella*) та строкатий товстолобик (*Hypophthalmichthys nobilis*) використовується для біологічної меліорації. Ці представники тепловодного рибництва добре пристосовуються, мають високу адаптацію до малопроточних ділянок, споживають велику кількість рослинної маси, що запобігає заростанню водойм. Тому їх часто включають при боротьбі з цвітінням, заростанням водойм.

Для рибогосподарської галузі ці об'єкти є класичними (короп в полікультурі). Біологічні особливості риб в сукупності у водоймі сприяють результативним програмам зариблень. Вони не є конкурентами та за умов правильного розрахунку, дозволяють мати високі показники рибогосподарської діяльності.

Розглянувши інші варіанти використання представників іхтіокомплексу, відмітимо, що також актуальним лишається осетрові. З метою підтримки та відтворення запасів осетрових риб у Пониззі Дніпра проводили в довоєнні час зариблення, наприклад, здійснено заходи зі штучного зариблення.

Зокрема, у 2021 році до Дніпра в межах м. Херсон було випущено 1488133 екземплярів стерляді (5872 кг); 103256 екземплярів осетра (557,6 кг); 52199 екземплярів севрюги (94 кг) (рисунки 2).

Загалом, спостерігається збільшення обсягів вилову карася сріблястого, сазана (коропа) та тарані, а також зниження чисельності популяцій

хижих видів риб у Нижньому Дністрі та Дністровському лимані. Загальний вилов водних біоресурсів у цьому регіоні зріс з 547,9 т у 2013 році до 2344,3 т у 2017 році.

Інші представники іхтіофауни, на яких варто зробити акценти представлені нижче [8]:

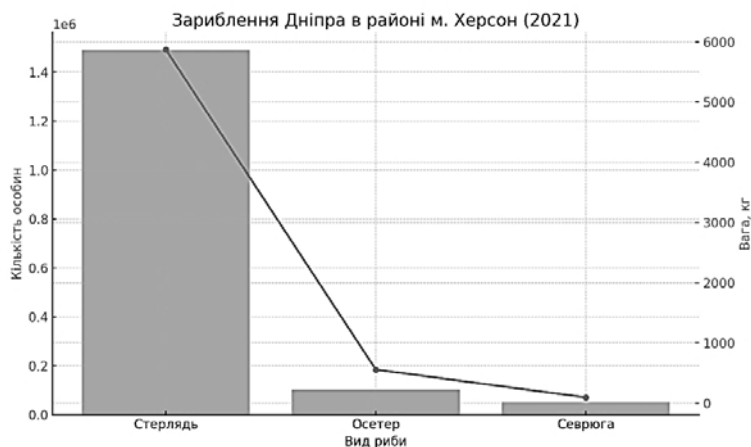


Рис. 2. Зариблення Дніпра в районі м. Херсон (2021)

Судак (*Sander lucioperca*) є типовим хижаком та оксифілом, який активно споживає малоцінну рибу. Потребує достатнього рівня кисню, тому рекомендований для вирощування у більш стабільних ділянках Дніпра чи в ставках з аерацією. Сом європейський (*Silurus glanis*) є всеїдним, має високі та динамічні темпи росту. Його вирощують і в рециркуляційних умовах. Цей вид здатний до виживання в умовах кисневого дефіциту. Перспективний для товарного вирощування в умовах низької прозорості води. Високо цінується на ринку, тому активно вирощується індустріально. Наступні представники іхтіокомплексу: лящ (*Abramis brama*) та плітка (*Rutilus rutilus*) є місцевими видами з високим відновним потенціалом. Вони є перспективними для використання з метою підтримки біорізноманіття та відновлення природних популяцій. За останні роки у верхній течії Дніпра зникли сім видів цінних риб, серед яких шип, осетер російський, севрюга, білуга чорноморська, лосось чорноморський, марена дніпровська та вирезуб причорноморський [8]. Основною причиною цього є будівництво каскаду гідроелектростанцій, що перешкоджають міграції риб на нерест.

Отже, кліматичні зміни: зростання температури, посухи, зменшення притоку води та інші чинники впливають на загальний статус водних ресурсів, іхтіокомплексу. Сільське господарство: змив добрив та пестицидів у водойми, а також неконтрольоване рибальство також є негативними чинниками.

Умови Пониззя Дніпра потребують розробки комплексних програм моніторингу стану водного середовища та нових стратегій ведення рибництва з урахуванням екологічних змін, сучасних процесів, які відбуваються як результат воєнних дій, кліматичних змін. Основними напрямками можна відмітити та узагальнити наступні: це впровадження сучасних технологій, з врахуванням впливу чинників поточних років та врахуванням біологічних особливостей риб; пріоритет екологічно сумісним видам з відповідним рівнем толерантності; поєднання риборозведення з біомеліораційними заходами.

Висновки. Перспективними залишаються види риб з високим темпом росту, біолого-екологічною толерантністю до умов середовища та здатністю до швидкої адаптації до сучасних умов. Важливо проводити роботи по відновленню популяцій таких риб, як судака, осетрових, щуки. Ефективно проводити рибогосподарську діяльність у південному регіоні з використанням екосистемного підходу, впровадження сучасних методів моніторингу та адаптаційних практик в галузі. Вже на сьогодні активно розробляти програми з науковим обґрунтуванням для післявоєнного відновлення галузі на Півдні України.

BIOLOGICAL ASPECTS OF FISH FARMING IN THE MODERN CONDITIONS OF CHANGES AND ADAPTATIONS IN THE CONDITIONS OF SOUTHERN UKRAINE (REVIEW)

*Holovko A. A. – assistant of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture,
Kozychar M. V. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Kherson State Agrarian and Economic University,
holovko.alina@gmail.com*

Military operations in the southern region of Ukraine have led to a significant deterioration in the state of aquatic ecosystems. Chemical pollution, the destruction of fish farms, the destruction of the Kakhovka hydroelectric dam, the destruction of infrastructure, and the disruption of natural processes have long-term negative consequences for the environment. The restoration of marine areas and freshwater ecosystems is a priority for ensuring environmental security and sustainable development of the region.

Modern fish farming in Southern Ukraine, in particular the Lower Dnieper, is significantly affected by climate change, anthropogenic load, and transformations of the hydrological regime due to water flow regulation. The article highlights the features of fish farming activities in the Lower Dnieper over the past decade. The state of ichthyofauna was analyzed, key ecological factors influencing its structure and dynamics were identified. Changes in the hydrochemical regime and anthropogenic load on aquatic ecosystems of Southern Ukraine were considered. Modern approaches to the rational use of aquatic bioresources and prospects for adaptation of the fishery complex to climate and hydrological changes were analyzed.

The scientific article examines the biological aspects of fish farming in conditions of ecosystem instability, in particular the adaptation of aquatic organisms to new habitats. It describes promising fish species for the intensification of fisheries in the region, such as silver carp, white and variegated grass carp, European catfish, pike perch, as well as local species - bream, silver crucian carp, roach and carp.

The results of the research show that species with a high growth rate, unpretentiousness to environmental conditions, and the ability to adapt to hydrological stress remain promising. Effective fisheries activities in the region are possible only under the condition of an ecosystem approach, support of natural populations, implementation of modern monitoring methods and adaptation practices. The development of post-war restoration of the industry in the South of Ukraine is relevant.

Keywords: fish farming, fish biology, adaptation, climate change, Lower Dnieper, fishery activities, ichthyofauna, hydrochemistry, adaptation, climate change, ecosystem.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна стратегія з адаптації до змін клімату. Міндовкілля України. 2023. Офіційний сайт: URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/08/NatsionalnaPolitykaAdaptatsiyiDoZK_mozhlyvostiTaNapryamyRoboty.pdf
2. Боровік Л. В. Еколого-економічні проблеми Півдня України. Сучасний стан водних екосистем Півдня України та методи їх відновлення у повоєнний період: зб. наук. праць. Херсон. 2024. С. 33-34.
3. Підriv Каховської ГЕС: попередні висновки і можливі наслідки. Веб-сайт. URL: <https://ecoaction.org.ua/pidryv-kakhovskoi-hes-poperedni-/> (дата звернення: 10.03.2025).
4. Шляшенко О. Л., Шапран І. А., Сидоренко А. Ю., Жданюк О. І. Огляд негативних факторів водного середовища спричинених руйнуванням греблі Каховської ГЕС. Сучасний стан водних екосистем Півдня України та методи їх відновлення у повоєнний період: зб. наук. праць. Херсон. 2024. С. 39-50.
5. Клименко М. О. Гідроекологія нижнього Дніпра після руйнування ГЕС. *Екологічний вісник*, 2024.
6. Васильєв С. В. Рибництво України: сучасний стан і перспективи. К.: Наук. думка, 2021.
7. Щорічні доповіді про стан водних ресурсів, 2013-2023 рр. Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovysshhav-ukrayini/>
8. Ковальчук О. І., Мельник М. П. Біологія риб. Київ: Аграрна освіта, 2019.

REFERENCES

1. *Natsionalna stratehiia z adaptatsii do zmin klimatu* [National Strategy for Adaptation to Climate Change]. Mindovkillia Ukrainy, 2023. Web-site. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/08/NatsionalnaPolitykaAdaptatsiyiDoZK_mozhlyvostiTaNapryamyRoboty.pdf [in Ukrainian].

2. Borovik L. V. (2024). *Ekoloho-ekonomichni problemy Pivdnia Ukrainy. Suchasnyi stan vodnykh ekosystem Pivdnia Ukrainy ta metody yikh vidnovlennia u poviennyi period* [Ecological and economic problems of Southern Ukraine. Current state of aquatic ecosystems of Southern Ukraine and methods of their restoration in the post-war period]. Collection of scientific papers. Kherson. 33-34. [in Ukrainian].
3. *Pidryv Kakhovskoi HES: poperedni vysnovky i mozhlivi naslidky* [The Kakhovka Hydroelectric Power Plant Detonation: Preliminary Conclusions and Possible Consequences]. Web-site. URL: <https://ecoaction.org.ua/pidryv-kakhovskoi-hes-poperedni-> / (data zvernennia 10.03.2025) [in Ukrainian].
4. Shliashenko O. L., Shapran I. A., Sydorenko A. Yu., Zhdaniuk O. I. (2024). *Ohliad nehatyvnykh faktoriv vodnoho seredovyshcha sprychynenykh ruinuuvanniam hrebli Kakhovskoi HES. Suchasnyi stan vodnykh ekosystem Pivdnia Ukrainy ta metody yikh vidnovlennia u poviennyi period* [Overview of negative factors of the aquatic environment caused by the destruction of the Kakhovka HPP dam. Current state of aquatic ecosystems of Southern Ukraine and methods of their restoration in the post-war period]. Collection of scientific papers. Kherson. 39-50. [in Ukrainian].
5. Klymenko M. O. (2024). *Hidroekolohiia nyzhnogo Dniprapislia ruinuuvannia HES* [Hydroecology of the lower Dnieper River after the destruction of the hydroelectric power station]. *Ekolohichniyi visnyk*. [in Ukrainian].
6. Vasyliiev S. V. (2021). *Rybnytstvo Ukrainy: suchasnyi stan i perspektyvy* [Fish farming in Ukraine: current state and prospects]. Kyiv: Nauk. dumka. [in Ukrainian].
7. *Shchorichni dopovidi pro stan vodnykh resursiv (2013-2023)* [Annual reports on the state of water resources, 2013-2023]. Official website of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovyshha-v-ukrayini/> [in Ukrainian].
8. Kovalchuk O. I., Melnyk M. P. (2019). *Biolohiia ryb* [Biology of fish]. Kyiv: Ahrarna osvita. [in Ukrainian].

UDC 639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.9>

CULTIVATION OF ROTIFERS *BRACHIONUS PLICATILIS*

Holovko A. A. – assistant of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture,
Kozychar M. V. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture,
Oliferenko V. V. – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
of the Department of Ecology and Development. prof. Yu.V. Pilipenko,
Kherson State Agrarian and Economic University,
holovko.alina@gmail.com

Fish farming is one of the sectors of the national economy that provides the population with high-protein food. The cultivation of valuable fish species allows us to expand the range of products, increase production volumes, and increase the profitability of fish farming organizations. In artificial fish farming, one of the main challenges is to produce viable juveniles. Growing juveniles during the transition to exogenous nutrition is one of the most problematic stages of the technological cycle of commercial fish farming. In order to obtain full-fledged juveniles for the purpose of accelerated rearing of commercial fish.

In the conditions of specialized fish farms, fish farming is closely related to its feeding, the purpose of which is to obtain the maximum number of high-quality products in the shortest possible time with minimal feed costs. At the same time, the commercial aspect becomes dominant, where profit is the decisive factor. Therefore, in fish feeding, there is a constant search for ways to reduce the cost of feed and increase its productivity, which is gradually but rather difficult to achieve due to the obvious contradiction between these tasks.

The effectiveness of the chosen fish feeding methods directly affects the performance of the fishing industry as a whole.

The purpose of the study was to analyze the ecological and physiological aspects of the cultivation of live feed and starter feed for fish larvae.

The main problem for fish farming is the production of live feed. Mass cultivation of live food as starter food for fish larvae is a rather complicated technological process based on detailed knowledge of the biological characteristics of the objects being bred and their relationship to environmental factors. With a short digestive tract, the ability of larvae to grow rapidly is due to their adaptation to high-protein, easily digestible animal food, i.e. small zooplankton.

The problem of obtaining live feed for rearing juvenile fish in artificial conditions is one of the central issues in industrial fish farming.

Keywords: aquaculture, rotifers, live food, rotifer cultivation, feeding, starter feeds.

Statement of the problem. The problem of fodder is one of the most important problems of marine aquaculture. When growing aquatic animals in artificial conditions, the feed used must fully satisfy the needs of the body of

fish or invertebrates in nutrients (proteins, fats and carbohydrates), mineral salts, trace elements and vitamins. At different stages of development of aquatic organisms, food must be of the appropriate size and shape [1].

The issue of feeding fish fry and small invertebrates is particularly acute in aquaristics. For example, corals that do not have symbiotic zooxanthellae algae must be fed from outside, and since aquariums usually have a small number of zooplankton, then, in the absence of additional food, they are in a depressed state to maintain a normal, healthy state of the coral, it must be fed artificially at least once a week [2, 3].

Another problem is the rearing of fry, in particular their feeding. An important stage in the life of many aquatic animals is the transition to independent feeding. It turns out that fish and crustaceans are especially demanding of food at the early stages of ontogenesis. It has been established that live feeds are preferable for normal development and optimal growth of larvae and juveniles of cultivated aquatic organisms. In marine aquaculture, those feed organisms are used that can be grown in the required quantity in artificial conditions [1].

Analysis of remaining research and publications. Rotifera (*Rotatoria*). Rotifers belong to the phylum *Nemathelminthes* of the class Rotifera.

Brachionus plicatilis is a small rotifer with a size of 0.08-0.3 mm. This is a euryhaline species, found in nature in water bodies with salinity ranging from 1 to 90 ‰. The rotifer reproduces at temperatures of 15-35 °C (optimally 28±2 °C). The average quantity of 1 million rotifers contains 1.5 g. They live on phytoplankton and bacteria. Males live 2-3 years. Samitsi – up to 2 years. They become mature in 1-1.5 increments. Eggs are important for water. The high value of grub, the lack of vibrancy to the minds of the middle class, the high productivity of reproduction has made this rotator one of the main feeding objects [4].

In water bodies, they lead a mainly planktonic lifestyle and in appearance resemble the larva of worms or mollusks – a trochophore. The body of rotifers is transparent, some are covered with a shell, divided into a head, body, and legs. The front part of the head has the form of a disk, the edges of which are surrounded by a corolla of cilia. The disk covers the upper part of the head and performs the function of movement and food capture. There is also a proboscis, a dorsal projection, and the eyes (ribocerebral) spots are visible through the transparent covers. Rotifers have a developed digestive system, which consists of an oral cavity, a chewing stomach (mastax – has two pairs of jaws – anvil and malleus), an esophagus, a sac-like digestive stomach, intestines and a cloaca, which open laterally in the leg. On the ventral side of the head is the mouth and behind it is a second corolla of somewhat shorter cilia. The preoral and postoral corollas form the characteristic rotiferous apparatus, or the so-called “circle” (that is why they are called rotifers). The excretory organs are of the protonephridial type. The posterior ends of both glandular ducts flow into the urinary bladder. The nervous system consists of suprapharyngeal ganglia. The sensory organs are tentacles and setae. There is no respiratory or circulatory system.

The artificial cultivation of aquatic organisms has been around for a long time, since people began not only to catch, but also to breed fish. Humanity growth, resources hang out. Until the beginning of the 1970s, the world's abundance had reached its peak, so that the catch that comes from all corners of the open ocean, in coastal waters, in fresh waters could not be harvested in order to satisfy the protein needs of mankind [5].

The world's practice of aquaculture has accumulated significant evidence growth of various feed organisms – live food can be removed from required quantities and required terms. Lie down to live food organisms that establish a natural food base in water or not, but cultivated in individual fish tanks for the using in fish. Live food - the totality of plants and hydrobionts. Organisms that are treated as objects of cultivation are to blame power with a set of powers that will ensure the ability of the high stage of intensification of production, characterized by full value biochemical warehouse, high calorie content and availability for a specific species of fish at the song stage of its development [6].

Materials and research methods. Brackish-water rotifers are a traditional initial live food for larvae of marine fish and invertebrates in artificial cultivation conditions. According to their size and morphological characteristics, they are suitable for most larvae of marine organisms as a starting live food organism when switching to external feeding (Fig. 1).

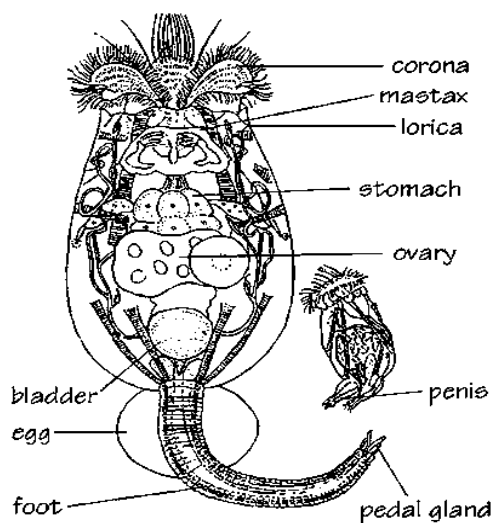


Fig. 1. *Brachionus Plicatilis*

From a cost perspective, efficient rotifer culture relies on cheap nutrient sources, so baker's yeast has been and remains the main component of nutrient emulsions for their feeding. However, it is well known that yeast-based diets deplete rotifers of essential fatty acids, which are necessary for high growth

rates in fish and invertebrates [7]. But many researchers believe that the cultivation of rotifers as food for marine aquatic organisms should be carried out on unicellular microalgae. Unicellular algae meet the requirements for mass cultivation of rotifers in many ways. Unlike yeast, they:

1) are more nutritious, and the rotifers that feed on them correspond in biochemical composition to the needs of marine fish larvae for normal growth and development (Table 1).

2) are in the water column in a mobile state, and do not settle to the bottom like yeast;

3) in this regard, unlike the latter, they do not create favorable conditions for the development of protozoa, which are highly undesirable in the mass cultivation of rotifers, since their toxins negatively affect the growth of the culture, and they themselves are food competitors of rotifers and create an oxygen deficiency;

4) improve the hydrochemical background of the environment, including in their metabolism the waste products of organisms in the form of both inorganic and organic compounds.

Table 1. Maximum content (% of dry weight) of protein, carbohydrates, lipids in feed microalgae and their total caloric value (kcal/g DM)

Type of algae	Protein	Carbohydrates	Lipids	Total caloric content
<i>Phaeodactylum tricornutum</i> [15]	40,7	20,8	20,0	4,77
<i>Tetraselmis suecica</i> [15]	40,35	21,33	27,0	4,17
<i>Isochrysis galbana</i> [15]	49,8	28,4	25,6	6,24
<i>Chlorella</i> sp. [7]	40-55	35	5-10	4,15

The following microalgae were used as food objects in experimental studies of rotifers.

The source of monospecific enrichment cultures of these microalgae were microalgae lines grown by the fish cultivation group of the Department of Aquaculture and Marine Pharmacology.

Isochrysis galbana is a golden microalga. The cells are spherical, motile, with two equal flagella [8].

Tetraselmis suecica is a green microalga. The cells are green, oval. The cells are motile with 4 flagella 7.5 μm long. They have a soft shell. They have a high reproduction rate, up to 4 divisions per day [8].

Phaeodactylum tricornutum is a unicellular diatom [8].

Chlorella sp. is a microscopic green alga [9].

The microalgae used in the experiments were grown in a cumulative mode based on sterilized Black Sea water enriched with Waln medium, at a

temperature of 23 ± 1.5 °C. Round-the-clock illumination with an intensity of 900 lux was carried out using FLUORA L18W/77 fluorescent lamps for plants.

Brachionus plicatilis Muller is a brackish-water (salinity range 9-32‰) planktonic rotifer with weak food selectivity, preferring cells 1-15 μm in diameter, feeding on bacteria, yeast, and unicellular algae [10].

Small size, low mobility and tolerance to autoinhibition at high densities determine their technological effectiveness when grown in mass cultures. In artificial cultivation, parthenogenetic clones of the rotifers *Brachionus plicatilis* are usually used, which consist of diploid females reproducing their own kind, completely identical daughter individuals with a diploid set of chromosomes.

The rotifer culture *Brachionus plicatilis* was added to the exponentially growing microalgae cultures, which are considered to be a higher quality feed.

Determination of the density (number) of algae cells by direct counting in a Goryaev chamber. The contents of the flask with algae were mixed manually, then the algae suspension (aliquot) was taken with a pipette and one drop was applied to the upper and lower parts of the grid of the Goryaev counting chamber. The chamber was then covered with a cover glass, which was ground on the sides until interference rings appeared. Drops of the algae suspension were not applied one after another from one pipette, but by taking the suspension twice into a pipette from the same flask.

After 1-2 minutes of algae cell settling, Goryaev's chamber was placed under the lens of a BIOLAM LOMO binocular microscope with phase contrast KF-4 and the number of algae cells was counted in all 25 large squares of the grid.

The results are being followed. 1. For the cultivation of microalgae, we used an accumulative mode, which allowed us to obtain high numbers of microalgae within 8 days: the initial concentration of algae was $74 \cdot 10^4$, $61.75 \cdot 10^4$, $225.8 \cdot 10^4$, $560 \cdot 10^4$ cells/ml for the microalgae *Tetraselmis suecica*, *Isochrysis galbana*, *Phaeodactylum tricornutum* and *Chlorella sp.*, respectively. During the growth of microalgae, there was an increase in cell concentration to the following density, respectively $395.83 \cdot 10^4$, $3818.33 \cdot 10^4$, $3466.67 \cdot 10^4$, $3985 \cdot 10^4$ cells/ml for *Tetraselmis suecica*, *Isochrysis galbana*, *Phaeodactylum tricornutum* and *Chlorella sp.* The biomass of *Tetraselmis suecica* increased from 0.036 mg/ml to 0.2 mg/ml, *Isochrysis galbana* – from 0.002 to 0.148 mg/ml, *Phaeodactylum tricornutum* – from 0.026 to 0.391 mg/ml, *Chlorella sp.* – from 0.008 to 0.055 mg/l. That is, all 4 cultures of microalgae *Isochrysis galbana*, *Chlorella sp.*, *Phaeodactylum tricornutum* and *Tetraselmis suecica* can be used to obtain high-density enrichment cultures.

2. The maximum specific growth rate was demonstrated by the microalgae culture *Isochrysis galbana* – 0.61 days⁻¹.

3. On the 8th day of the experiment, rotifers *Brachionus plicatilis* were added to the container with microalgae cultures in the following quantities:

6 col/ml to the algae *Tetraselmis suecica* and *Sochrysis galbana*, 8,5 col/ml to the algae *Phaeodactylum tricornutum* and *Chlorella*. At the end of the experiment, on the 13th day, the number of rotifers increased to the following values: 345 col/ml in containers with *Tetraselmis suecica*, *Isochrysis galbana* and *Chlorella sp algae*, 380 col/ml – with *Phaeodactylum tricornutum*. Thus, all microalgae cultures can be used with almost equal success for growing *Brachionus plicatilis* rotifers and obtaining live food for feeding aquatic organisms.

4. The maximum value of the specific growth rate of rotifers was obtained for the microalga *Isochrysis galbana* and amounted to 1.035 day⁻¹. Thus, this microalga is the most preferable for obtaining complete live feed with the least time costs.

Conclusion. Analysis of methods and methods of cultivation of live food showed that the production of live food is based on a direct choice of objects cultivation, comprehensive cultivation of their biological characteristics, infusion of abiotic factors into the growth and development of feed organisms. Cultivation of feed organisms in a specific skin area transfers stagnation various methodical techniques for achieving high productivity. Various workshops will be set up for the production of various types of feed and the installation of cultivators. Let's go ahead and feed the fish with live food – that's the right choice. However, it is necessary to pay attention to various nuances, for example, not to overdo the fish, give up your respect on the size of the stern.

Live food may be more important in the diet of fish, as provide everything necessary for the growth and development of living speech. Parts of the living feed in the diet of fish in a significant world to maintain the growth rate and immunity of fish, development of piece feeds. The main way to ensure the extraction of live food for yearling fish at various stages of their development and individual breeding Hydrobionts.

КУЛЬТИВУВАННЯ КОЛОВЕРТОК *BRACHIONUS PLICATILIS*

Головко А. А. – асистент кафедри водних біоресурсів та аквакультури,
Козичар М. В. – к.с.-г.н., доцент кафедри водних біоресурсів та аквакультури,
Оліфіренко В. В. – к.вет.н, доцент кафедри екології та сталого розвитку
ім. проф. Ю.В. Пилипенко,
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
holovko.alina@gmail.com

Рибництво є одним із секторів національної економіки, що забезпечує населення високобілковими продуктами харчування. Вирощування цінних видів риб дозволяє розширити асортимент продукції, збільшити обсяги виробництва та підвищити прибутковість рибогосподарських організацій. У штучному рибництві одним із головних завдань є виробництво життєстійкої молоді. Вирощування мо-

лоді під час переходу на екзогенне живлення є одним із найпроблемніших етапів технологічного циклу промислового вирощування риб.

В умовах спеціалізованих рибогосподарств рибицтво тісно пов'язане з його годівлею, метою якої є отримання максимальної кількості високоякісної продукції в найкоротші терміни з мінімальними витратами кормів. При цьому домінуючим стає комерційний аспект, де вирішальним фактором є прибуток. Тому в годівлі риби постійно ведеться пошук шляхів зниження вартості кормів та підвищення їх продуктивності, чого поступово, але досить важко досягти через очевидну суперечність між цими завданнями.

Ефективність обраних методів годівлі риби безпосередньо впливає на показники рибної галузі в цілому.

Метою дослідження був аналіз екологічних та фізіологічних аспектів вирощування живих кормів та стартових кормів для личинок риб.

Головною проблемою рибицтва є отримання живого корму. Масове культивування живого корму, як стартових кормів для личинок риб, – це досить складний технологічний процес, що ґрунтується на детальному знанні біологічних особливостей об'єктів, які розводяться, та їх зв'язку з факторами навколишнього середовища. Завдяки короткому травному тракту здатність личинок до швидкого росту зумовлена їхньою адаптацією до високобілкової, легкозасвоюваної тваринної їжі, тобто дрібного зоопланктону.

Проблема отримання живих кормів для вирощування молоді риб у штучних умовах є однією з центральних у індустріальному рибицтві.

Ключові слова: аквакультура, коловертки, живі корма, культивування коловерток, годівля, стартові комбіорма.

ЛІТЕРАТУРА

1. Fish Farming and Aquaculture. Web-site. URL: <https://awionline.org/content/fish-farming-and-aquaculture>
2. Acropora – sea coral. Conditions for growing Acropora coral in an aquarium. Web-site. URL: <http://domznaniy.info/akropora-morskoj-korall.html>.
3. Годування коралів. URL: https://korm-rybam.com.ua/uk/otzyvy-akvariumistov/kormlenie-korallov-hikari-do-i-posle/?srsltid=AfmBOorjiNgAeduMKDJkfw3Hw_42Hca8I4seS20okehhte9Ma2NGz6Mp
4. Haksoo Jeong, Eunjin Byeon, Jin-Sol Lee, Hyung Sik Kim, Alaa El-Din H. Sayed, Jun Bo, Minghua Wang, Da-Zhi Wang, Heum Gi Park, Jae-Seong Lee Single and combined effects of increased temperature and methylmercury on different stages of the marine rotifer *Brachionus plicatilis*. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 466, 15 March 2024, 133448.
5. Шарило Ю. Є., Вдовенко Н. М., Федоренко М. О. Сучасна аквакультура: від теорії до практики: практичний посібник. К.: «Простобук», 2016. 119 с.
6. Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Кондратюк В. М., Кононенко І. С. Інтенсивні технології в аквакультурі: навчальний посібник. Київ : «Центр учбової літератури», 2016. 410 с.
7. Rotifer Cultivation in Europe (2013). Web-sitt. URL: <http://aquavitro.org/2013/05/21/kultivirovanie-kolovratok-brachionus-plicatilis-v-evrope/>.

8. Андрющенко А. І., Вовк Н. І. Аквакультура штучних водойм. Частина II. Індустріальна аквакультура: підручник. Київ, 2014. 586 с.
9. Chlorella. Chapters and Articles. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/chlorella>.
10. Venetia Kostopoulou, María José Carmona, Pascal Divanach. The rotifer *Brachionus plicatilis*: An emerging bio-tool for numerous applications. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 17: 97-112, 2012.

REFERENCES

1. Fish Farming and Aquaculture. Web-site. URL: <https://awionline.org/content/fish-farming-and-aquaculture>.
2. Acropora – sea coral. Conditions for growing Acropora coral in an aquarium. Web-site. URL: <http://domznaniy.info/akropora-morskoj-korall.html>.
3. *Goduvannja koraliv* [Feeding corals]. Web-site. URL: https://korm-rybam.com.ua/uk/otzyvy-akvariumistov/kormlenie-koralllov-hikari-do-i-posle/?srsltid=AfmBOorjiNgAeduMKDJkfw3Hw_42Hca8I4seS20okehhtc9Ma2NGz6Mp. [in Ukrainian].
4. Haksoo Jeong, Eunjin Byeon, Jin-Sol Lee, Hyung Sik Kim, Alaa El-Din H. Sayed, Jun Bo, Minghua Wang, Da-Zhi Wang, Heum Gi Park, Jae-Seong Lee (2024). Single and combined effects of increased temperature and methylmercury on different stages of the marine rotifer *Brachionus plicatilis*. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 466, 15 March 2024, 133448.
5. Sharylo Yu. Je., Vdovenko N. M., Fedorenko M. O. (2016). *Suchasna akvakultura: vid teorii do praktyky: praktychnyi posibnyk* [Modern aquaculture: from theory to practice: practical manual.]. Kyiv: «Prostobuk». [in Ukrainian].
6. Kononenko R. V., Shevchenko P. G., Kondratjuk V. M., Kononenko I. S. (2016). *Intensyvni tehnologii' v akvakul'turi: navchal'nyj posibnyk* [Intensive technologies in aquaculture: textbook]. Kyiv: "Center for educational Literature". [in Ukrainian].
7. Rotifer Cultivation in Europe (2013). Web-sitt. URL: <http://aquavitro.org/2013/05/21/kultivirovanie-kolovratok-brachionus-plicatilis-v-evrope/>.
8. Andrjushhenko A. I., Vovk N. I. (2014). *Akvakul'tura shtuchnyh vodojm. Chastyna II. Industrial'na akvakul'tura. Pidruchnyk* [Aquaculture of artificial reservoirs. Part II. Industrial aquaculture. Textbook]. Kyiv. [in Ukrainian].
9. Chlorella. Chapters and Articles. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/chlorella>
10. Venetia Kostopoulou, María José Carmona, Pascal Divanach (2012). The rotifer *Brachionus plicatilis*: An emerging bio-tool for numerous applications. *Journal of Biological Research-Thessaloniki*, 17:97-112.

UDC 639.2/.3:504.05

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.10>

WORLD AQUACULTURE IN THE CONDITIONS OF THE ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

*Dyudyaeva O. A. – Senior Lecturer, Export Expert to the EU,
Kherson State Agrarian and Economic University,
dyudyaeva.olga@gmail.com*

The article examines the challenges and consequences of climate change on the planet, provoked by active human activity over the past 200 years, which led to the rapid accumulation of carbon dioxide in the atmosphere. An increase in the average annual temperature on Earth, melting glaciers and rising sea levels, extreme natural phenomena (floods, catastrophic storms, intense droughts and severe fires), a decrease in biodiversity and the disappearance of some species.

The world's oceans are becoming increasingly salty and acidic due to warming of the atmosphere and oceans, changes in the nature of precipitation and an increase in the frequency of extreme weather events. This creates serious dangers for fisheries and aquaculture, affects the physiology and behaviour of many species of aquatic organisms, changes their productivity, migration processes and habitat parameters.

Since the main pollutant of the atmosphere is carbon dioxide, methane and other greenhouse gas components, the concentrations of which are steadily increasing, this directly depends on the high rates of fossil fuel consumption. Therefore, the main task of combating the climate crisis is to achieve carbon neutrality by 2050 and adapt to climate change.

Aquaculture plays an important role in ensuring food security, economic development of territories and preserving biodiversity. This is of particular importance in the context of global challenges such as climate change and the reduction of natural fish stocks. Aquaculture allows reducing pressure on natural ecosystems, since the production of fish and seafood in specially created conditions is more sustainable and efficient compared to traditional fishing.

Most decisions made for the further development of the industry should be related to the transition to sustainable development of aquaculture.

The article reviews solutions that have already been proposed by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The Blue Transformation concept, developed in line with the FAO Strategic Programme 2022-2031 and the FAO Committee on Fisheries Declaration on the Sustainable Development of Fisheries and Aquaculture, a Blue Transformation Roadmap, Guidelines for Sustainable Aquaculture (GSA), prepared by the Subcommittee on Aquaculture of the FAO Committee on Fisheries, demonstrate the importance of an integrated approach to the management and sustainable development of global aquaculture. Indeed, the development of sustainable aquaculture has great potential to address the environmental crisis and deepen food security, provide populations with sufficient quantities of healthy, nutrient-rich foods, and adapt to climate change.

Keywords: climate change, ecological crisis, food security, sustainable aquaculture, adaptation to the effects of climate change.

Introduction. Climate change is a reality of today and is a problem that has been worrying the world community for the past few decades. Repeated changes in temperature and weather conditions have occurred throughout the Earth's existence, and were caused by changes in solar activity, volcanic eruptions, or other natural disasters. There are 7 known ice ages, after which warming always occurred. But warming is occurring 10 times faster than ever before, and is not just a natural process.

Since the end of the 19th century, such changes have intensified, which is explained by active human activity, the so-called «industrial revolution». The use of fossil fuels (coal, oil, gas) has become one of the main factors in climate change.

There is a misconception that climate change is mainly an increase in temperature. But rising temperatures are just the tip of the iceberg, as the Earth can be viewed as a system in which all processes are interconnected and changes in one area can cause changes in all others. The consequences of climate change are intense droughts and severe fires, water shortages, melting polar ice and rising sea levels, floods and catastrophic storms, a decrease in biodiversity and the disappearance of some species.

Climate change (warming of the atmosphere and oceans, changes in precipitation patterns and an increase in the frequency of extreme weather events) poses serious threats to fisheries and aquaculture. The world's oceans are becoming increasingly salty and acidic, which affects the physiology and behavior of many species of aquatic organisms and changes productivity, habitat parameters and migration routes. Rising sea levels and severe storms threaten coastal communities and ecosystems, affecting the conditions for the functioning of the production capacities of the fishing industry both on land and at sea. Further climate change will lead to the drying up of some inland reservoirs and lakes.

Materials and methods. The research was based on a review of global reports from the Food and Agriculture Organization of the United Nations, including the concept of the “blue” transformation of the fisheries sector, of The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 studies by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), international climate change agreements, as well as national and regional reports.

Results and discussion. According to the report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, only one-third of the climate change that is occurring is caused by natural phenomena, and two-thirds is caused by human activity and, as a result, an increase in the level of greenhouse gases in the atmosphere.

In fact, over the past two centuries, it is humans who are responsible for global warming. Their activities in various sectors cause greenhouse gas emissions that are heating our planet faster than at any time in the past two millennia. Today, the average surface temperature of the Earth is about 1.2 °C higher than

at the end of the nineteenth century. The last decade (2011-2020) was the warmest in the entire history of observations, and each of the last four decades has been warmer than any previous one since 1850.

A natural phenomenon, the greenhouse effect, is a process in which greenhouse gases trap solar energy on the Earth's surface and in the atmosphere, preventing it from returning back to space. This effect maintains a comfortable temperature for life on Earth. However, since the mid-19th century, as a result of the "industrial revolution", due to an increase in the burning of fossil fuels, the concentration of greenhouse gases in the atmosphere has begun to increase sharply.

The main compounds related to greenhouse gases (carbon dioxide CO_2 , methane CH_4 , nitrogen oxide (I) N_2O , ozone O_3 , water vapor) are different, but sometimes quite long periods in the atmosphere, without undergoing changes (physical or chemical). Water vapor can remain in the atmosphere for only a few days and quickly reacts to temperature changes. The higher the temperature, the more water evaporates and enters the atmosphere. Thus, enhancing the process of global warming.

Human activity significantly changes the concentration of greenhouse gases in the atmosphere - when fossil fuels are burned, carbon is released, which combines with oxygen in the air and forms carbon dioxide CO_2 . According to many years of observations, for the first time in the atmosphere there is a rapid increase in the content of CO_2 . Recently, the term «climate crisis» has been very often used instead of «climate change». Thus, the importance of the problem of climate change and the need for its urgent solution are emphasized.

The climate crisis is a rapid change in climate due to an increase in the global average temperature, the average of all annual temperatures on Earth. An increase in the global average temperature on Earth means that there are more hot days per year and fewer cold days. According to observations, the average global temperature on Earth has already increased by 0.95 °C since 1880. However, global warming is occurring unevenly across the planet (for example, the average temperature in the Arctic regions of the planet has already increased by 2 °C).

Warming in the Arctic is occurring twice as fast as in other regions of the planet. Glaciers are melting faster, and since 1979 (the first full year of satellite observation), the volume of ice in the warmest season in the Arctic has decreased by 32 %. If this trend continues, by 2050 the Arctic ice cover will completely disappear in the summer. This process has several rather important negative consequences. First, the area of white cover, which reflects from 20 % to 50 % of solar radiation, is reduced, the area of the ocean increases, absorbing up to 95 % of this radiation. This leads to even greater warming and acceleration of the melting of glaciers, resulting in even greater climate change. Second, according to estimates by scientists from the National Snow and Ice Data Center, permafrost holds almost twice as much carbon dioxide as is in the atmosphere

today (up to 1.4 thousand gigatons). During the melting of glaciers, this gas is gradually released. Along with CO₂, methane (CH₄) enters the atmosphere, which has a greenhouse effect 84 times stronger. Thirdly, the level of the World Ocean is rising, as a result of which islands in the most vulnerable regions disappear under water (Maldives, Fiji, Seychelles, Marshall Islands, Canary Islands, French Polynesia, Philippines, Solomon Islands and others).

Another phenomenon against the background of climate change has been recorded by scientists in recent decades – these are the so-called «heat waves». They occur more often, last longer and have more unpredictable consequences. As an example, hot summers with extreme temperatures, which have been observed in Europe for the past five years.

Drought weather is the cause not only of forest fires, but also of dust storms, which carry dry land in the form of dust from ploughed open areas for tens of kilometres with strong winds. As a result, land fertility decreases, negatively affecting the health and living conditions of the population of these territories [1].

The rising temperatures increase evaporation and cause a redistribution of moisture. As a result, in some regions, excessive moisture evaporates and drought intensifies. In other regions, this moisture condenses, more frequent downpours and storms are observed, which causes the risk of flooding.

Due to climate change and human activity, the number of vertebrate populations has decreased by more than 70 % over the past half century. This is a direct threat to humanity in terms of loss of plant and animal food, water, medicines, etc.

According to Brian Murray Fagan, professor of anthropology at the University of California (USA), an increase in average temperature by one or two degrees can lead to changes in the ecosystems of individual regions or even destroy civilization [2]. The author shows what role climate has played in history and how societies of millennia ago reacted to climate change. The medieval warming (800–1300 AD) revealed both opportunities and dangers. Climate did not doom societies to destruction or prosperity; it all depended on how societies responded to its challenges. Some societies collapsed under the influence of these dangers, others avoided them, and some took advantage of the opportunities.

Pollution of the Earth's atmosphere, the increase in carbon dioxide concentration that causes global warming, is directly related to the consistently high rate of fossil fuel consumption. For many years, leading scientists have emphasized that in order to keep global warming within 2 °C, eighty percent of fossil fuels must remain in the ground.

Researchers at the Norwegian University of Science and Technology identify two main causes of atmospheric pollution [3].

The first cause is direct pollution through the consumption of necessary resources. These include greenhouse gases from cars, home heating, and water

use. Another cause of pollution is indirect costs, which account for up to 80 %, the so-called indirect pollution, or pollution whose origin we do not see directly (the activities of corporations, transportation, etc.). In order to prevent this pollution, experts suggest using different approaches (for example, the three “R”), established practices, sustainable development strategies and modernization of various industries, rethinking the general style of consumption, which depends on lifestyle.

The main task today in combating the climate crisis is to achieve carbon neutrality by 2050 and adapt to climate change. Carbon neutrality means that the amount of excess heat absorbed by the planet is proportional to the total CO₂ emissions. Therefore, as long as global emissions on the planet remain at least slightly above zero, the Earth will continue to warm.

The principle of carbon neutrality is the basis of the climate policy of most countries in the world, each of which has committed to completely stop greenhouse gas emissions in the next few decades.

For this to happen, all countries in the world need to completely abandon the burning of any fossil fuel, the combustion product of which is CO₂.

In 2015, 197 countries of the world signed the Paris Climate Agreement, agreeing to take all necessary measures to ensure that by 2100 average temperatures on the planet do not exceed pre-industrial values by 1.5-2 °C.

Warming of the atmosphere and oceans, changes in precipitation patterns and an increase in the frequency of extreme weather events) poses serious threats to fisheries and aquaculture. The world's oceans are becoming increasingly salty and acidic, which affects the physiology and behavior of many aquatic species and changes their productivity, habitat parameters and migration routes. Rising sea levels and severe storms threaten coastal communities and ecosystems, affecting the conditions for the functioning of the fisheries industry's production facilities both on land and at sea. Further climate change will lead to the drying up of inland reservoirs and lakes.

Fish are cold-blooded organisms that are subject to asymmetric climatic phenomena that affect a range of factors, from metabolism to behavior and the process of evolution. Temperature change can lead to biodiversity loss, affect global fish stocks, have negative socio-economic consequences, and contribute to food security.

Changes in the environment, disruption of spawning grounds, threaten reproduction and survival, and therefore the ability to maintain the viability of individual populations [4].

Long-term assessment of climate impacts has shown that precipitation, critical temperatures, and fish mortality rates were the main factors in changing species numbers.

According to some studies, scientists suggest that ocean acidification affects the circadian system (natural oscillations that repeat approximately every

24 hours), which may lead to further changes in fish reproduction. Changes in salinity also negatively affect the behavior of male marine fish. The salinization of freshwater and the increase in temperature lead to significant effects on the physiological responses of freshwater fish.

Global warming is causing marine fish to migrate to cooler waters towards the poles, according to observations. Researchers from the University of Glasgow have found that many fish populations in the world's oceans are responding to rising water temperatures by moving closer to the North and South Poles or to deeper waters where temperatures are cooler [5].

For marine life, water temperature is a critical factor that affects their metabolism, growth and reproduction. While some species can adapt to warmer conditions, those that live in areas where warming is occurring more rapidly are also showing changes in their geographic distribution. The rate of warming in some regions may be too fast for fish to adapt, so migration is their best survival strategy.

While migration to cooler waters may help species survive in the short term, it is not known how these changes will affect food chains and ecosystems as a whole. The impact of global warming on marine ecosystems is expected to increase, and the ability to predict fish movements is vital for the preservation of ecosystems and ensuring food security. For the first time, domestic experts conducted a large-scale study of the response of marine fish to increasing water temperature, during which data on 115 fish species from all major regions of the ocean were analyzed [6].

Agriculture is one of the main branches of the economy of many countries, and aquaculture, as one of its sectors, plays an important role in ensuring food security, economic development of territories, and preserving biodiversity.

The main advantage of aquaculture is its ability to provide the population with a significant amount of protein. This is of particular importance in the context of global challenges such as climate change and the reduction of natural fish stocks. Aquaculture plays an important role in the development of rural areas, creating jobs, and supporting local economies. In addition, aquaculture contributes to the development of related industries, such as the production of fish feed, equipment for growing aquatic bioresources, and the introduction of modern water purification technologies.

Aquaculture allows you to reduce pressure on natural ecosystems, since the production of fish and seafood in specially created conditions is more sustainable and efficient compared to traditional fishing.

But aquaculture also has some challenges. This is the need to minimize the negative impact on the environment, in particular, reducing water pollution and ecosystem degradation, ensuring the resistance of aquatic bioresources to diseases and parasites. The transition to sustainable management of the industry through the introduction of innovative technologies and practices will contrib-

ute to reducing the ecological footprint, reducing greenhouse gas emissions into the atmosphere and its adaptation to climate change.

The solutions to the problems associated with climate change are to adapt to the current and future consequences of climate change and mitigate them by minimizing the carbon footprint of the fisheries and aquaculture sectors by reducing greenhouse gas emissions. Today, various ways are used to achieve progress in the fisheries and aquaculture sectors in reducing their carbon footprint, but it is also worth paying attention to the need to adapt to changing conditions.

Up to sixty percent of fisheries costs are spent on fuel used to propel vessels, when processing, cooling and freezing fish products on board. Further processing, transport and marketing of fish products add to the carbon footprint. At the same time, fishing and aquaculture have smaller carbon footprints than other animal protein production. Moreover, almost the entire carbon footprint of aquaculture comes from the production and transport of feed and fishmeal.

Aquaculture producers on the European continent depend on imported feed and raw materials for their production. According to scientists from the Faculty of Food and Resource Economics at the University of Copenhagen, aquaculture is a promising sector for the production of animal-based food products worldwide. But feed production accounts for the largest share of CO₂ emissions from aquaculture. Although feed ratios can be reduced, reducing CO₂ emissions depends on reducing dependence on imported feed ingredients. To make this sector more sustainable, the issue must be addressed by reducing the content or replacing ingredients. By-products such as fish heads, skeletons, trimmings, skin, and other organs of local origin are being considered as feed ingredients, which will eliminate greenhouse gas emissions associated with transportation.

The Nordic (Scandinavian) industry is already moving towards the production of completely ecologically clean fish feed. Currently, marine ingredients make up approximately 20 % of the feed, but only 10 % of them are of local origin (from the Nordic countries). Therefore, in order to switch to local marine ingredients, industry producers in these countries will have to increase the production of seafood, stimulate the production of local raw materials for feed. Thus, it will be possible to reduce the carbon footprint by reducing dependence on raw materials from countries of other regions. The use of more by-products in feeds, more ingredients from single-cell technologies and more ingredients from lower trophic levels is not excluded. Recently, there has been a shift to ingredients of plant origin or using insects as alternatives to fish feed with a lower carbon footprint.

Other factors contributing to the increase in greenhouse gas emissions from aquaculture and environmental degradation include land use and deforestation for the production of plant materials (e.g., soybeans) for feed; feed and faecal matter, which can contain nitrogen and phosphorus and can contaminate surrounding

water resources; and fish escapes and high concentrations of parasites, which are detrimental to both the local environment and natural fish stocks.

According to FAO, global fish consumption has increased by 122 % since 1990, and aquaculture now accounts for more than 50 % of this [7, 8]. The world population is projected to reach 9.7 billion by 2050, an increase of 1.7 billion from 2022 (Fig. 1). This will have significant implications for the supply of feed for aquatic animals. To maintain apparent per capita aquatic animal feed consumption at the estimated level of 20.7 kg projected for 2022 by 2050, the total supply of aquatic animal feed would need to increase by 36 million tonnes (in live weight equivalent), representing an increase of 22 percent.

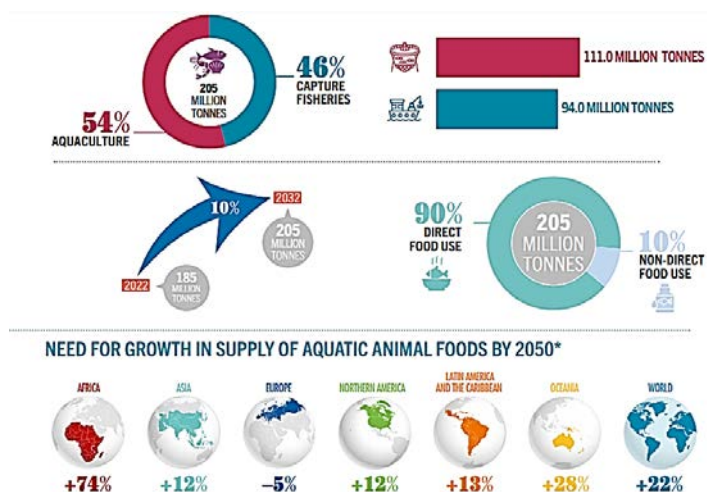


Fig. 1. Aquatic animal production and use for human consumption by 2032

The growth of the world's population is putting a strain on fisheries and aquaculture due to the need to increase production volumes, which will require 70 % more protein. Aquatic products can meet this need in the future. Protein from fish and other seafood, obtained from fisheries or aquaculture, is a vital nutrient for providing the population with animal protein, fat and Omega-3 fatty acids. By 2050, aquaculture will double its production and become the main source of aquatic products [9].

Unlike fisheries, where fish can move/change their position in open water bodies in response to changing conditions, fish in aquaculture are kept in a certain place and the farm is affected by specific conditions caused by climate change, which must be taken into account in each specific case.

Other negative impacts of climate change on aquaculture include impacts on growth rates (fish grow faster and mature earlier in warmer water), productivity, the growing season and increased mortality, increased escapes, and the

occurrence of harmful algal blooms, etc. In terms of fisheries, climate change is pushing fish north, but the effects on ecosystems cannot yet be fully modelled.

The carbon footprint of fisheries is dominated by the use of fossil fuels to propel boats, and fuel use varies significantly by fishery. Exploiting depleted stocks requires more fuel per kilogram of fish caught, as low abundance and density forces fishermen to search longer and use heavier gear to catch fish. Higher catches and greater abundance of aggregations result in lower emissions per unit of production. It is noted that greenhouse gas emissions can be significantly reduced by switching from fuel-intensive methods, such as dredging and bottom trawling, to alternative methods, such as traps, seines and gillnets.

Common environmental impacts of both fisheries and aquaculture include energy consumption, greenhouse gas emissions, other toxic substances, plastic pollution, seabed degradation and the introduction of invasive species.

Unfortunately, most of the changes to CO₂-reducing fisheries that have been implemented in recent years have been market-based management reforms aimed at increasing efficiency. The reforms have not been specifically aimed at reducing greenhouse gas emissions. Additional changes are needed, such as finding a balance between fishing gears, increasing fuel efficiency by using, for example, low-carbon engines, etc.

Iceland has a good track record in transitioning to sustainable fisheries. The fishing industry has been and remains an important contributor to the national economy and an important part of the culture. In the 1980s, Icelandic fisheries faced two problems: overfishing and economic inefficiency, which have gradually been addressed. Energy consumption by fish processing plants has decreased by 85 %. Soon, production facilities will run almost exclusively on renewable electricity. And when ships are in port, they will also use renewable electricity. By 2030, Iceland's fisheries sector is forecast to reduce carbon emissions by 50 percent (compared to 2005 levels), and by 2040, the country will become fossil fuel independent. Total consumption of petroleum products in fisheries has decreased by almost 50 percent (compared to 1990 levels). While in 1980, 90 to 100 workers were involved in catching 2,400 tons of fish, in 2016, only eight workers were needed to catch 3,200 tons of fish. This success was achieved thanks to effective and consolidated fisheries management and investments in new modern vessels, equipment and fishing gear. Quota systems were introduced, which contributed to the reduction of overfishing and the restoration of fish stocks.

According to experts, incentives should be created for companies to implement innovative solutions and use resources more efficiently: not to try to increase the volume of catches, but to look for solutions to create added value and get the most out of each fish without waste; to open up new markets for their products, in particular outside the food chain (medical products, cosmetics, etc.).

Ukrainian and foreign scientists are working to improve fisheries and aquaculture management, using an integrated approach to limit the impact of

climate change on the reproductive biocomplex of fish. Such studies combine various factors, such as knowledge of the fishing area used by fishermen, knowledge of the biology and ecology of specific species, as well as data from biological studies of fish. All this will contribute to improved management and sustainable development. Understanding how different environmental factors interact to manage fish reproduction is important for predicting environmental phenomena related to fish populations and for potential applications in aquaculture. According to recent studies, climate vulnerability assessment should be part of the fisheries management system and planning for the industry's adaptation to climate change. Monitoring long-term demographic responses to climate change is essential to protect vulnerable fish populations. The rate of climate change often outpaces the average rate of evolutionary change. Therefore, monitoring multiple responses and understanding their limitations is essential for effective resource management and conservation of endangered species.

It is difficult to distinguish the effects of climate change from the effects of poor management, as, for example, failures in natural fish stocking can be caused by a variety of factors. The development of adaptation methods, such as breeding climate- or salt-tolerant species, may have real prospects [10].

Most decisions taken for the further development of the industry should be aimed at its sustainability.

Sustainable aquaculture can be a solution to the problem of feeding a growing population. Aquaculture can make a significant contribution to the food chain (food supply), and therefore should be developed in a way that is sustainable. Various closed system technologies are considered, including recirculating tanks, flow-through systems, internal ponds, which can be used for many types of aquatic bioresources (fish, molluscs, algae). The advantages of closed aquaculture systems are obvious, but their use is also aimed at avoiding the environmental and food safety disadvantages of open aquaculture. Today, aquaculture is the fastest growing food sector in the world with huge growth potential and plays a key role in global food production.

Important steps towards the sustainable development of sectors that are part of the food chain, including aquaculture, are being taken by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Achieving the Sustainable Development Goals is important for aquaculture. As it turned out, against the backdrop of economic crisis, shocks and conflicts in recent years, combined with extreme climate events and environmental degradation, modern agri-food systems are very vulnerable, which has exacerbated the growing threat to food security. The number of people worldwide facing hunger is 735 million, 122 million more than before the COVID-19 pandemic. In addition, more than 3.1 billion people today cannot afford a healthy diet, and projections show that 600 million people will be chronically undernourished by 2030. At the United Nations Food Systems Summit (UNFSS) (2021) and the UNFSS Final Conference (2023),

UN Member States recognized the multifaceted nature of food insecurity and the need to address both supply chains and communities involved in all food production sectors through the transformation of agri-food systems. In 2021, FAO adopted the Blue Transformation Framework, developed in line with the Strategic Framework of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2022–2031 and the FAO Committee on Fisheries Declaration on the Sustainability of Fisheries and Aquaculture [9]. Its main objectives are to maximize the opportunities offered by aquatic food systems to increase food security, improve nutrition, eradicate poverty and support the achievement of the 2030 Agenda for Sustainable Development. At the same time, they are fully consistent with FAO's key strategies on climate change, innovation and biodiversity. The concept of the «blue» transformation aims for sustainable development and resilience.

The «blue» transformation envisages minimizing environmental impacts, improving biological protection and disease control through technology and innovation, and developing capacity to ensure equitable outcomes that contribute to the further development of the human, social, cultural and economic aspects of aquaculture.

Sustainable production alone does not necessarily lead to a reduction in hunger, so the Blue Transformation takes a systemic approach to creating sustainable, resilient, gender-sensitive and inclusive fisheries and aquaculture at local, regional and global levels. At the same time, it ensures the resilience of aquatic food systems to climate change and other natural and man-made disasters.

FAO has developed a Blue Transformation Roadmap for three global goals (Fig. 2), which reflect FAO's vision of what the transformation of aquatic food systems should achieve by 2030:

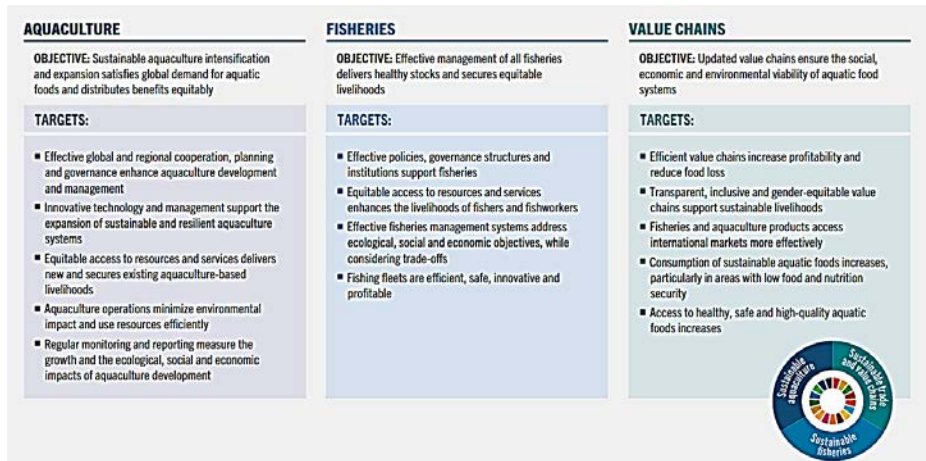


Fig. 2. Blue transformation roadmap. Objectives and targets of blue transformation

1) sustainable expansion and intensification of aquaculture that meets global demand for aquatic food, while ensuring equitable distribution of benefits;

2) effective management of all fisheries that ensure healthy stocks and equitable livelihoods;

3) modernized water value chains that ensure the social, economic and environmental sustainability of water-based food systems.

For each global goal, the roadmap outlines a set of targets that reflect the social, economic and environmental aspects that need to be addressed to transform aquatic food systems.

Sustainable aquaculture has the potential to provide sufficient quantities of healthy, nutrient-rich food for the world's population.

The Subcommittee on Aquaculture of the FAO Committee on Fisheries has developed the Guidelines for the Sustainable Development of Aquaculture (GSA). The GSA proposes a comprehensive approach to the management and sustainable development of aquaculture, with the aim of implementing the 1995 Code of Conduct for Responsible Fisheries [11]. The GSA was developed in response to the rapid expansion of aquaculture as the world's fastest-growing food sector, driven by scientific progress, technological innovation and investment, in the face of ever-increasing global demand for aquatic products. However, as with all food sectors, this rapid growth has raised concerns about the sustainability of aquaculture and potential negative impacts. The GSA is the first international document developed for this important sector.

The GSA is a set of common and agreed principles and practices that all countries and stakeholders can use to make their aquaculture sectors synonymous with food security and nutrition, fair livelihoods, restored ecosystems and climate resilience.

At the global level, climate change is one of the most pressing challenges that prevent humanity from ensuring agro-ecological and food security, reducing poverty and achieving sustainable rural development. Anthropogenic influence on the climate system is a determining factor in the warming observed in many countries of the world, including Ukraine. Due to the increase in average air temperature and uneven distribution of precipitation, favorable conditions are created for the spread of atypical species of flora and fauna, which in the next 30-50 years may lead to a significant transformation of the majority of climatic and natural zones in the world and in Ukraine.

In 2022, a total of 3,891 aquaculture enterprises were registered in Ukraine. Of these, 1,286 are legal entities and 2,695 are individuals [12]. These entities have grown up to 15,000 tons of aquaculture products. Aquaculture is stagnating, which is primarily due to the military aggression of the Russian Federation and its consequences – the destruction of infrastructure, equipment, property, the destruction of established production and social ties and relation-

ships, the loss of entrepreneurial efforts and other factors. At the same time, climate change (decrease in the amount of surface water and increased fish morbidity) remains a global problem in the field of aquaculture.

In 2019, a draft Strategy for Adaptation to Climate Change in Agriculture, Forestry and Fisheries of Ukraine until 2030 was developed, which became the basis of the Strategy for Environmental Security and Adaptation to Climate Change for the period until 2030 [13].

The proposed measures for adaptation to climate change for fisheries and aquaculture are based on an ecosystem approach and biodiversity conservation. Among the most relevant measures for adaptation to climate change in fisheries and aquaculture are:

- stimulating the improvement of monitoring of ichthyofauna in all sub-sectors of fisheries in connection with climate change;
- strengthening the industry's resilience to natural weather phenomena, developing an early warning system for such phenomena;
- creating an effective insurance system in the fisheries sector to minimize financial losses to agricultural producers from adverse weather conditions;
- study, monitoring, development and implementation of plans for preventive and curative measures to reduce the risks of fish diseases in the context of climate change;
- reorientation of fishing and breeding to species that demonstrate a tendency to expand their range, improve the state of populations, or whose stocks are in a satisfactory state;
- consideration of such changes in the rules of industrial and recreational fishing;
- selection and breeding of new fish species; expanded implementation of polyculture and increase in cultivation types;
- implementation of water-saving technologies, in particular the creation of full or partial systems of UZV, technologies for water reuse;
- increasing the resistance of fish to the manifestations of climate change by improving the conditions of their cultivation (full feeding, shading with nets).

Therefore, climate change requires significant transformations in the fisheries and aquaculture sectors: creation and operation of information systems for the systematization and consolidation of data on fisheries, aquaculture, and climate change at the level of a separate country; development and implementation of early warning systems that reduce the risk of disasters, accidents, fatalities and contribute to the provision of humanitarian support in extreme situations due to climatic factors; introduction of innovative technologies, including decarbonization of the entire life cycle chain of fishery and aquaculture products (from production to marketing and sales); introduction of energy-saving technologies, availability of loans and programs to stimulate sustainable development of enterprises, etc.

Conclusion. Climate change, its consequences and challenges facing the world are perhaps the biggest problem of our time. However, the warming observed in recent decades is not just a natural process. Active human activity over the past 200 years has led to the rapid accumulation of carbon dioxide in the atmosphere. The consequences are an increase in the average annual temperature on Earth, melting polar ice and rising sea levels, floods and catastrophic storms, intense droughts and severe fires, water shortages, a decrease in biodiversity and the disappearance of some species.

Due to climate change and human activity, the number of vertebrate populations has decreased by more than 70 % over the past half century. This is a direct threat to humanity in terms of losses of plant and animal food, water, medicines, etc.

Warming of the atmosphere and oceans, changes in precipitation patterns and an increase in the frequency of extreme weather events pose serious dangers to fisheries and aquaculture. The world's oceans are becoming increasingly salty and acidic, which affects the physiology and behavior of many species of aquatic organisms and changes their productivity, habitat parameters and migration routes.

Pollution of the Earth's atmosphere, increasing carbon dioxide concentrations, is directly related to the consistently high rates of fossil fuel consumption.

The main task of today in combating the climate crisis is to achieve carbon neutrality by 2050 and adapt to climate change.

Aquaculture, as one of its agricultural sectors, plays an important role in ensuring food security, economic development of territories, and preserving biodiversity. The main advantage of aquaculture is its ability to provide the population with a significant amount of protein. This is of particular importance in the context of global challenges such as climate change and declining natural fish stocks. Aquaculture plays an important role in the development of rural areas, creating jobs, and supporting local economies. In addition, aquaculture contributes to the development of related industries, such as the production of fish feed, equipment for growing aquatic bioresources, and the introduction of modern water purification technologies.

Aquaculture allows you to reduce pressure on natural ecosystems, since the production of fish and seafood in specially created conditions is more sustainable and efficient compared to traditional fishing.

Most decisions made for the further development of the industry should be related to the transition to sustainable aquaculture development.

Important steps towards sustainable aquaculture are being taken by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The Blue Transformation Concept was adopted in accordance with the FAO Strategic Framework for 2022–2031 and the Declaration of the FAO Committee on Fish-

eries on the Sustainability of Fisheries and Aquaculture, and the Blue Transformation Roadmap was developed for three global goals. The Subcommittee on Aquaculture of the FAO Committee on Fisheries has prepared the Guidelines for Sustainable Aquaculture (GSA), which propose an integrated approach for the management and sustainable development of aquaculture with a view to implementing the Code of Conduct for Responsible Fisheries.

Therefore, the development of sustainable aquaculture has great potential to address the environmental crisis and enhance food security, providing sufficient quantities of healthy, nutrient-rich food for the world's population.

СВІТОВА АКВАКУЛЬТУРА В УМОВАХ АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ

*Дюдяєва О. А. – старша викладачка, експерт з експорту до ЄС,
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
dyudyaeva.olga@gmail.com*

У статті розглянуто виклики та наслідки для клімату на планеті, спровоковані активною діяльністю людини за останні 200 років, яка привела до швидкого накопичення вуглекислого газу в атмосфері. Підвищення середньорічної температури на Землі, танення льодовиків та підвищення рівня Світового океану, екстремальні природні явища (повені, катастрофічні шторми, інтенсивні посухи та сильні пожежі), зменшення біорізноманіття та зникнення деяких видів.

Світовий океан стає все більш солоним і кислим внаслідок потепління атмосфери та океанів, зміни режиму опадів і збільшення частоти екстремальних погодних явищ. Це несе загрозові небезпеки для рибальства та аквакультури, впливає на фізіологію та поведінку багатьох видів гідробіонтів, змінює їх продуктивність, міграційні процеси та параметри оселища.

Так як основним забруднювачем атмосфери є вуглекислий газ, метан, інші компоненти парникових газів, концентрації яких стабільно збільшуються, це на пряму залежить від високих темпів споживання викопного палива. Тому, головним завданням протидії кліматичній кризі є досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року та адаптація до зміни клімату.

Аквакультура відіграє важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки, економічному розвитку територій, збереженні біорізноманіття. Це має особливе значення в умовах глобальних викликів, таких як зміни клімату та зменшення природних рибних запасів. Аквакультура дозволяє зменшити тиск на природні екосистеми, оскільки виробництво риби та морепродуктів у спеціально створених умовах є більш сталим і ефективним порівняно з традиційним виловом.

Більшість рішень прийнятих для подальшого розвитку галузі мають бути пов'язані з переходом до стійкого розвитку аквакультури.

У статті розглянуто рішення, які вже запропоновані Продовольчою та сільськогосподарською організацією ООН (ФАО). Концепція «Блакитної трансформації», що розроблена відповідно до Стратегічної рамкової програми ФАО на 2022–2031 роки та Декларації Комітету ФАО з рибного господарства про стійкість рибальства та

аквакультури, «Дорожня карта «Блакитної трансформації», Керівні принципи сталого розвитку аквакультури (GSA), підготовлені Підкомітетом з аквакультури Комітету ФАО з рибальства, демонструють важливість комплексного підходу для управління та сталого розвитку світової аквакультури. Адже, розвиток сталої аквакультури має великий потенціал для вирішення проблем екологічної кризи та поглиблення продовольчої безпеки, забезпечення населення достатньою кількістю здорової, багатой на поживні речовини харчової продукції, адаптації до зміни клімату.

Ключові слова: зміна клімату, екологічна криза, продовольча безпека, стала аквакультура, адаптація до наслідків зміни клімату.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабич, А. О., Бабич-Побережна А. А. Засуха, суховій і пилова буря в період глобальних змін клімату. Т. 1. Вінниця : Діло, 2014. 468 с.
2. Фейген, Б. Велике потепління: зміна клімату та піднесення й гибель цивілізацій. Пер. з англ. Т. Цимбала. Київ : Ніка-Центр, 2016. 272 с.
3. Хто насправді впливає на зміни клімату? *Heinrich Böll Stiftung*. URL: <https://ua.boell.org/uk/2017/03/29/hto-naspravdi-vplyvaie-na-zmini-klimatu>
4. Mitra, A. et al. Climate Change and Reproductive Biocomplexity in Fishes: Innovative Management Approaches towards Sustainability of Fisheries and Aquaculture. *Water*. 2023. 15(4). 725. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/4/725>
5. Marine fish are responding to ocean warming by relocating towards the poles. May 30, 2023. URL: <https://phys.org/news/2023-05-marine-fish-ocean-relocating-poles.html>
6. Через кліматичні зміни риби мігрують до полюсів. Державне агентство України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм. Офіційний сайт. 26.02.2025. URL: https://darg.gov.ua/_cherez_klimatichni_zmini_ribi_0_0_0_14371_1.html
7. FAO. Fisheries & Aquaculture. URL: <https://www.fao.org/fishery/en>
8. FAO. 2025. Fishery and Aquaculture Statistics – Yearbook 2022. FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics. Rome. URL: <https://doi.org/10.4060/cd4312en>
9. FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome. URL: <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
10. Climate change and reproductive biocomplexity in fishes: Management approaches for fisheries and aquaculture. URL: <https://bumtca.com.ua/zmina-klimatu-ta-reproduktivne-bioriznomanittya-biokompleksnist-rib-pidxodi-do-upravlinnya-ribalstvom-ta-akvakulturoyu/>
11. FAO. 2025. Guidelines for Sustainable Aquaculture. Rome. 68 p. URL: <https://doi.org/10.4060/cd3785en>.
12. Державна служба статистики України. Офіційний сайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
13. Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року. Розпорядження Кабінет Міністрів України від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#Text>

REFERENCES

1. Babych, A. O., Babych-Poberezhna A. A. (2014). *Zasukha, sukhovii i pylova buria v period hlobalnykh zmin klimatu* [Drought, dry spell and dust storm in the era of global climate change]. Vol. 1. Vinnytsia : Business. [in Ukrainian].
2. Feihen, B. (2016). *Velyke poteplinnia: zmina klimatu ta pidnesennia y hybel tsyvilizatsii* [The Great Warming: Climate Change and the Rise and Fall of Civilizations]. Translated from English by T. Tsymbal. Kyiv: Nika-Center. [in Ukrainian].
3. *Khto naspravdi vplyvaie na zminy klimatu?* (2017). [Who really influences climate change?]. *Heinrich Böll Stiftung*. URL: <https://ua.boell.org/uk/2017/03/29/hto-naspravdi-vplyvaie-na-zmini-klimatu> [in Ukrainian].
4. Mitra, A. et al. (2023). Climate Change and Reproductive Biocomplexity in Fishes: Innovative Management Approaches towards Sustainability of Fisheries and Aquaculture. *Water*, 15(4):725. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/4/725>
5. Marine fish are responding to ocean warming by relocating towards the poles. May 30, 2023. URL: <https://phys.org/news/2023-05-marine-fish-ocean-relocating-poles.html>
6. *Cherez klimatychni zminy ryby mihruit do poliusiv* (2025). [Fish are migrating to the poles due to climate change]. State Agency of Ukraine for the Development of Land Reclamation, Fisheries and Food Programs. Official website. 26.02.2025. URL: https://darg.gov.ua/_cherez_klimatichni_zmini_ribi_0_0_0_14371_1.html [in Ukrainian].
7. FAO. Fisheries & Aquaculture. URL: <https://www.fao.org/fishery/en>
8. FAO. 2025. Fishery and Aquaculture Statistics – Yearbook 2022. Rome. URL: <https://doi.org/10.4060/cd4312en>
9. FAO. 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome. URL: <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
10. Climate change and reproductive biocomplexity in fishes: Management approaches for fisheries and aquaculture. URL: <https://bumtca.com.ua/zmina-klimatu-ta-reproduktivne-bioriznomanittya-biokompleksnist-rib-pidxodi-do-upravlinnya-ribalstvom-ta-akvakulturoyu/>
11. FAO. 2025. Guidelines for Sustainable Aquaculture. Rome. URL: <https://doi.org/10.4060/cd3785en>.
12. State Statistics Service of Ukraine. Official website. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
13. *Strategii ekolohichnoi bezpeky ta adaptatsii do zminy klimatu na period do 2030 roku* (2021). [Strategies for environmental security and adaptation to climate change for the period up to 2030]. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine. Dated October 20, 2021, no. 1363-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#Text> [in Ukrainian].

УДК 639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.11>

ВИРОБНИЦТВО ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ТОВАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ АКВАКУЛЬТУРИ В УКРАЇНІ

Лавринюк О. О. – к. с.-г. н., доцент,
Лісогурська Д. В. – к. с.-г. н., доцент,
Вербельчук Т. В. – к. с.-г. н., доцент,
Борищенко В. В. – д. с.-г. н., професор,
Поліський національний університет,
Oksana_lavren@ukr.net

Стаття присвячена комплексному аналізу динаміки та сучасного стану виробництва товарної продукції аквакультури в Україні протягом 2020-2024 років. Актуальність дослідження зумовлена зростаючою роллю аквакультури у забезпеченні продовольчої безпеки та економічному розвитку країни, а також її стратегічним значенням у глобальному контексті.

Дослідження базується на аналізі кількісних показників та структурних змінах виробництва. Для збору та систематизації даних використано офіційні статистичні дані Державного агентства України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм, наукові публікації та галузеві звіти. Застосовано статистичний та порівняльний аналіз.

Результати дослідження показують, що аквакультура в Україні характеризується гетерогенною структурою господарювання з домінуванням ставкового рибництва. За останній звітний рік спостерігається позитивна динаміка у виробництві продукції аквакультури: загальний обсяг виробництва зріс майже на 22 % і досяг 18621 тонни. Основним типом водойм для культивування гідробіонтів залишаються стави, де вирощено 18009 тонн товарної продукції.

Аналіз даних свідчить про прогресивний розвиток аквакультури, що відображається у збільшенні обсягів виробництва товарної риби на 3353 тонни у порівнянні з 2023 роком. Динаміка виробництва товарної продукції аквакультури протягом досліджуваного періоду характеризується варіативністю. Зафіксовано спад виробництва у 2022-2023 роках з подальшим зростанням у 2024 році. Лідерами у виробництві є короп та рослиноїдні види риб, проте вони також зазнали зниження обсягів у 2022-2023 роках з відновленням у 2024 році. Виробництво коропових та інших видів риб, таких як судак та щука, демонструє позитивну тенденцію, особливо у 2024 році. Обсяги виробництва сомових та осетрових залишаються відносно стабільними на низькому рівні.

Статистичні дані свідчать про потенціал розвитку аквакультури в Україні, але також вказують на наявність викликів. Для подальшого зростання галузі необхідно враховувати фактори, що впливають на динаміку виробництва, та розробляти ефективні стратегії розвитку.

Ключові слова: аквакультура, товарна продукція, рибництво, Україна, розвиток.

Постановка проблеми. Аквакультура в Україні є стратегічно важливим сектором економіки, що забезпечує населення цінними харчовими продуктами. Останні тенденції свідчать про зростання інтересу до аквакультури як перспективного напрямку розвитку агропромислового комплексу країни [1].

У глобальному масштабі аквакультура є динамічно зростаючим сектором тваринництва, що відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Її значення в контексті забезпечення людства продуктами харчування демонструє стабільну тенденцію до зростання [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Україні аквакультура посідає третю позицію за обсягами виробництва тваринного білка, поступаючись лише скотарству та птахівництву. Крім того, розвиток аквакультури має значний вплив на забезпечення зайнятості населення в сільській місцевості та прибережних регіонах [5, 8].

Постановка завдання. З огляду на зростаючу роль аквакультури у забезпеченні продовольчої безпеки та економічного розвитку, дане дослідження має на меті комплексно оцінити динаміку та стан виробництва товарної продукції аквакультури в Україні протягом 2020-2024 років.

Матеріал та методи. Дослідження було проведено шляхом використання кількісних показників виробництва, аналізу структурних змін та оцінку факторів впливу, таких як економічні умови, технологічні інновації, державна політика та екологічні фактори, через збір та систематизацію даних з офіційних джерел, наукових публікацій та галузевих звітів, а також застосування статистичного та порівняльного аналізу, з використанням офіційних статистичних даних Державного агентства України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм, наукових публікацій та галузевих звітів [2-4, 6].

Результати досліджень. Аквакультура в Україні характеризується гетерогенною структурою господарювання, кожна з форм якої відрізняється специфічними рисами та вносить диференційований вклад у загальний обсяг продукції. Традиційною та домінуючою формою є ставкове рибиництво, що базується на культивуванні гідробіонтів у штучно створених водоймах. Даний метод дозволяє ефективно використовувати природні ресурси та забезпечує відносно низьку собівартість кінцевого продукту. Проте, ставкове рибиництво є вразливим до метеорологічних факторів та демонструє обмежений потенціал для інтенсифікації виробничих процесів.

Садкове рибиництво, що передбачає культивування гідробіонтів у спеціалізованих садках, розташованих у природних водоймах, має обмежене поширення в аквакультурі України. Даний метод дозволяє експлуатувати великі водні об'єкти, такі як водосховища та озера, для цілей аквакультури. Садкове рибиництво є перспективним напрямом для розвитку аквакультури в регіонах з достатніми водними ресурсами.

У 2024 році в секторі аквакультури України було задіяно 3163 суб'єкти господарювання. За даними звітності, загальна кількість працівників у сфері аквакультури (з урахуванням повної, сезонної, часткової та тимчасової зайнятості) становить 5395 осіб, з них 1182 жінки [2].

За останній звітний рік спостерігається позитивна динаміка у виробництві продукції аквакультури: у 2024 році загальний обсяг виробництва зріс майже на 22 % порівняно з попереднім роком і досяг 18621 тонн (таблиця 1). Основним типом водойм для культивування гідробіонтів залишаються стави, де вирощено 18009 тонн товарної продукції, що становить значну частину загального обсягу. Виробництво у резервуарах та басейнах склало 315 тонн, в установках замкнутого водопостачання (УЗВ) – 181 тонн, а у садках – 116 тонн.

Таблиця 1. Вирощено товарної продукції аквакультури, тонн

Назва рибницьких потужностей	Роки					У середньому за 5 років
	2020	2021	2022	2023	2024	
у ставах	16550	14843,2	13467,3	14748	18009	15523,5
у садках	25,7	25,1	226,8	53,55	116	89,43
у басейнах	480,4	544,2	231,4	184,9	315	351,18
в акваріумах	131,7	715,3	53,4	281,6	0	236,4
в інших водних об'єктах	1380	753,9	651,2	0	181	593,22
Загалом	18567,8	16881,8	14630,1	15268	18621	16793,74

Аналіз даних свідчить про прогресивний розвиток аквакультури, що відображається у збільшенні обсягів виробництва товарної риби на 3353 тонни у порівнянні з 2023 роком. Домінуючим фактором у цьому зростанні виступає ставкове рибництво, яке забезпечило приріст у 3261 тонну (рисунк 1). Важливо відзначити, що дана тенденція до зростання перериває тривалий період зниження обсягів виробництва продукції аквакультури, що спостерігався протягом трьох попередніх років.

У ставкових господарствах України пріоритетними об'єктами комерційного вирощування є представники родини коропових, зокрема короп звичайний (*Cyprinus carpio*), товстолобик білий (*Hypophthalmichthys molitrix*) та амур білий (*Ctenopharyngodon idella*). Ці види характеризуються високою адаптивністю до умов штучних водойм, швидкими темпами росту та цінними харчовими якостями.

Крім того, культивуються й інші види іхтіофауни, що демонструють потенціал для промислового розведення в умовах контрольованого середовища (таблиця 2).

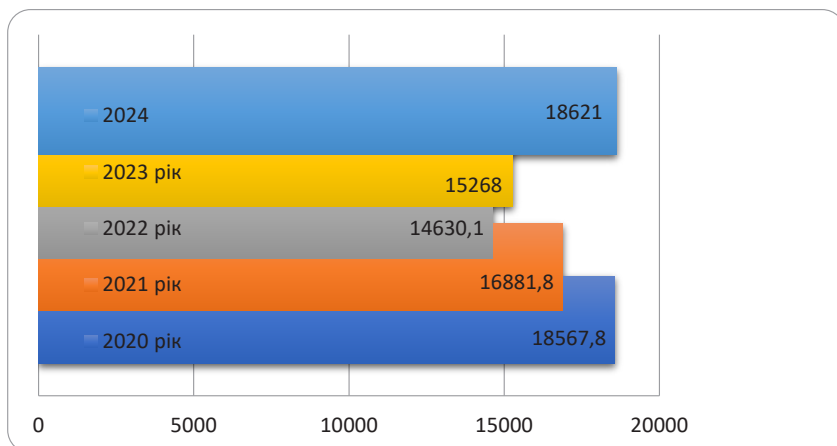


Рис. 1. Вирощено товарної продукції аквакультури за 5 років

Таблиця 2. Обсяги виробництва за видами риб, тонн

Групи об'єктів аквакультури	Роки					У середньому
	2020	2021	2022	2023	2024	
Сазан/короп	8014,2	7410,5	7438,8	7122,8	8896,2	7776,5
Рослиноїдні	7704,2	6039,5	4495,7	5765,4	6203,2	6041,6
Сомові	274,8	283,7	171,8	257,9	258	249,2
Осетрові	79,1	77,1	47	43,6	43	57,96
Лососеві	230,9	312,1	391,1	409	379	344,4
Інші види риб	2264,4	2758,7	2085,7	1671,6	2841,6	2324,4
Загалом	18568,0	16882,0	14630,2	15270,3	18621	16794,3

Аналіз даних аквакультури за 2024 рік демонструє, що основними об'єктами культивування залишаються представники родини коропових (*Cyprinidae*). Серед них домінує короп звичайний (*Cyprinus carpio*) з обсягом виробництва 8896 тонн. Значну частку складають також рослиноїдні види: білий товстолоб (*Hypophthalmichthys molitrix*) – 1576 тонн, строкатий товстолоб (*Hypophthalmichthys nobilis*) – 1480 тонн, та їх гібридні форми – 1378 тонн, а також білий амур (*Ctenopharyngodon idella*) – 637 тонн (рисунок 2).

Окрім коропових, у сфері аквакультури України вирощуються й інші види риб, зокрема судак (*Sander lucioperca*) – 1854 тонн, райдужна форель (*Oncorhynchus mykiss*) – 341 тонн, щука (*Esox lucius*) – 211 тонн. Додатково культивуються кларієвий сом (*Clarias gariepinus*) – 104 тонн, американський голец (*Salvelinus fontinalis*) – 38 тонн, стерлядь (*Acipenser ruthenus*) – 27 тонн, сибірський осетер (*Acipenser baerii*) – 16 тонн та інші.

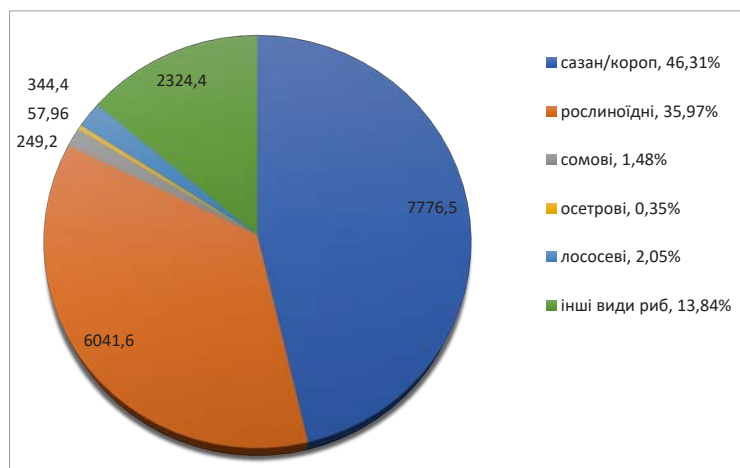


Рис. 2. Обсяги виробництва риби в середньому за 5 років

Згідно з даними за попередній рік, лідерство у виробництві продукції аквакультури продемонстрували наступні регіони: Черкаська область з обсягом 4400 тонн, Львівська область з 1543 тоннами, Хмельницька область з 1517 тоннами, Кіровоградська область з 1456 тоннами та Сумська область з 1403 тоннами. Ці дані вказують на значну регіональну диференціацію у продуктивності аквакультури.

Аналіз даних реалізації продукції аквакультури дозволяє визначити фактори, що зумовлюють динаміку обсягів виробництва в останні роки. Найбільш стабільним сегментом є виробництво коропових видів. Обсяги реалізації продукції вітчизняної аквакультури суттєво залежать від ефективності маркетингових стратегій. Більшість українських виробників не приділяє належної уваги маркетинговому аналізу, зокрема, дослідженню споживчих переваг та використанню рекламних ресурсів. Реалізація товарної риби здійснюється переважно у живому, необробленому вигляді.

У країнах ЄС популяризація рибної продукції, включаючи місцеві види, підтримується державними фондами. Аналіз європейського досвіду показує, що дрібні господарства не можуть ефективно здійснювати маркетингові заходи власними силами. Необхідно провести поглиблене дослідження цього питання, враховуючи тенденції споживання рибної продукції в Україні, які відповідають європейським, хоча й з певним відставанням. Споживачі, особливо у великих містах, виявляють тенденцію до відмови від придбання необробленої риби, що потребує значних зусиль для приготування.

Завдяки заходам, вжитим виробниками, спостерігається зростання обсягів реалізації товарної риби в цілому та за окремими групами, включа-

ючи коропа, осетрові види риби та інших видів аквакультури. Зменшення обсягів реалізації зафіксовано для рослиноїдних, сомових, лососевих та (таблиця 3).

Таблиця 3. Обсяги реалізації товарної риби, т

Групи об'єктів аквакультури	Роки					У середньому
	2020	2021	2022	2023	2024	
Сазан/короп	4974,2	4531,2	3691,3	4328,3	4701,9	4445,38
Рослиноїдні	4495	3660	2131,4	2391,2	1597,5	2855,02
Сомові	208,3	222,7	116,4	126,7	78,1	150,44
Осетрові	29,5	28,7	31,9	20,5	31,05	28,33
Лососеві	168,7	253,4	271,8	593,8	327,7	323,08
Інші	1656	1972	728,2	2216,4	2438,7	1802,26
Загалом	11531,6	10668,3	6971,4	9676,9	9175	9604,51

Динаміка реалізації вітчизняної продукції аквакультури показує неоднорідну картину. Згідно з даними, спостерігається зростання реалізації коропа (+374 т), інших видів (+222,3 т) та осетрових (+1055 т). Водночас, зафіксовано зменшення реалізації рослиноїдних (–793,7 т), сомових (–48,6 т) та лососевих (–266 т).

Для кращого розуміння динаміки побудую стовпчикову діаграму, де вісь Х буде відображати вид риби, а вісь Y – зміну обсягів реалізації у тоннах (рисунк 3). Побудована діаграма наочно ілюструє ці зміни, дозволяючи швидко оцінити динаміку реалізації різних видів риби. Зростання позначено зеленим кольором, а зменшення – червоним.

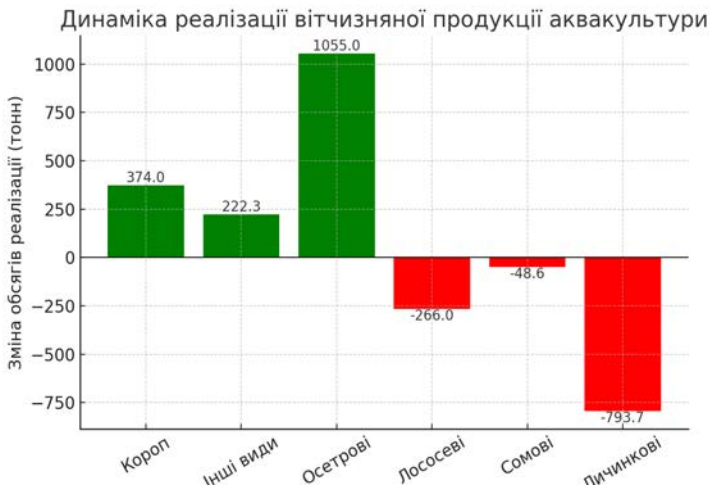


Рис. 3. Динаміка реалізації різних видів риби

Значне зростання реалізації осетрових може свідчити про підвищення попиту на цей вид риби або успішну реалізацію маркетингових стратегій виробниками.

Зменшення реалізації рослиноїдних, ймовірно, пов'язане з особливостями ринку та конкуренцією з боку інших видів риби. Необхідно провести додатковий аналіз для визначення конкретних причин.

В цілому, динаміка реалізації вітчизняної продукції аквакультури є складною та потребує подальшого дослідження з урахуванням різних факторів, включаючи ринкові тенденції, споживчі переваги та маркетингові стратегії виробників.

Динаміка виробництва товарної продукції аквакультури протягом досліджуваного періоду характеризується варіативністю. Зафіксовано спад виробництва у 2022-2023 роках з подальшим зростанням у 2024 році.

Лідерами у виробництві є короп та рослиноїдні види риб, проте вони також зазнали зниження обсягів у 2022-2023 роках з відновленням у 2024 році.

Виробництво коропових та інших видів риб, таких як судак та щука, демонструє позитивну тенденцію, особливо у 2024 році.

Обсяги виробництва сомових та осетрових залишаються відносно стабільними на низькому рівні.

Статистичні дані свідчать про потенціал розвитку аквакультури в Україні, але також вказують на наявність викликів. Для подальшого зростання галузі необхідно враховувати фактори, що впливають на динаміку виробництва, та розробляти ефективні стратегії розвитку.

Висновки. Останніми роками в Україні спостерігається посилення уваги до аквакультури як до перспективного напрямку агропромислового комплексу. Фіксується зростання кількості підприємств, що спеціалізуються на аквакультурі, а також збільшення обсягів виробництва продукції. Однак галузь стикається з низкою проблем, зокрема з недостатнім фінансуванням, застарілою матеріально-технічною базою та недосконалим законодавством.

Для стимулювання подальшого розвитку аквакультури в Україні необхідно: залучити інвестиції в галузь, модернізувати матеріально-технічну базу, удосконалити законодавство, підвищити кваліфікацію кадрів.

Реалізація цих заходів сприятиме підвищенню ефективності виробництва, забезпеченню населення якісною продукцією та збільшенню експортного потенціалу галузі.

Аквакультура має значний потенціал для розвитку в Україні. Для реалізації цього потенціалу необхідно вирішити наявні проблеми та створити сприятливі умови для розвитку галузі.

PRODUCTION AND SALE OF COMMERCIAL AQUACULTURE PRODUCTS IN UKRAINE

*Lavryniuk O. O. – PhD (Agriculture), Associate Professor,
Lisohurska D. V. – PhD (Agriculture), Associate Professor,
Verbelchuk T. V. – PhD (Agriculture), Associate Professor,
Borshchenko V. V. – Doctor of Agriculture, Professor,
Polissia National University,
Oksana_lavren@ukr.net*

The article is devoted to a comprehensive analysis of the dynamics and current state of commercial aquaculture production in Ukraine during 2020-2024. The relevance of the study is due to the growing role of aquaculture in ensuring food security and economic development of the country, as well as its strategic importance in the global context.

The study is based on an analysis of quantitative indicators and structural changes in production. Official statistical data from the State Agency of Ukraine for Melioration, Fisheries and Food Programs Development, scientific publications, and industry reports were used to collect and systematize the data. Statistical and comparative analysis were applied.

The research results show that aquaculture in Ukraine is characterized by a heterogeneous management structure with the dominance of pond fish farming. In the last reporting year, there has been a positive trend in aquaculture production: total production volume increased by almost 22 % and reached 18,621 tons. Ponds remain the main type of water bodies for the cultivation of aquatic organisms, where 18,009 tons of commercial products were grown.

Data analysis indicates the progressive development of aquaculture, reflected in an increase in commercial fish production by 3,353 tons compared to 2023. The dynamics of commercial aquaculture production during the study period are characterized by variability. A decline in production was recorded in 2022-2023, followed by an increase in 2024. Carp and herbivorous fish species are the leaders in production, although they also experienced a decline in volumes in 2022-2023 with a recovery in 2024. The production of carp and other fish species, such as pike perch and pike, shows a positive trend, especially in 2024. The production volumes of catfish and sturgeon remain relatively stable at a low level.

Statistical data indicate the potential for aquaculture development in Ukraine, but also point to the presence of challenges. For further growth of the industry, it is necessary to consider the factors influencing production dynamics and develop effective development strategies.

Keywords: aquaculture, commercial production, fish farming, Ukraine, development.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вдовенко Н. М. Формування та функціонування Спільної рибної політики Європейського союзу та шляхи її реалізації в Україні : монографія / за ред. д.е.н., проф. Вдовенко Н. М. Київ : Кондор, 2018. 476 с.
2. Державне агентство України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм : веб-сайт. URL: <https://darg.gov.ua/>

3. Державне агентство України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм. Науково-біологічне обґрунтування «Оцінка стану запасів водних ресурсів у Чорному морі, у внутрішніх водних об'єктах північно-західного Причорномор'я (понижся р. Дністер та Дністровський лиман, р. Дунай, Тилігульський лиман, Березанський лиман, Кучурганське водосховище) для визначення можливих лімітів та прогнозів допустимого вилову водних біоресурсів та розробка оптимальних режимів їх рибогосподарської експлуатації на 2024 рік». URL: https://darg.gov.ua/files/25/12_22_nauka1.PDF
4. 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
5. Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Кондратюк В. М., Кононенко І. С. Інтенсивні технології в аквакультурі. Київ : Компринт, 2017. С. 350-390.
6. Мовчан Ю. В. Риби України : (визначник-довідник). Київ : Золоті ворота, 2011. 443 с.
7. Риби – індикатори часу, простору, умов проживання : монографія. / А. К. Виноградов та ін. Одеса : Астропринт, 2021. 428 с.
8. Федоренко М. О., Вдовенко Н. М., Павлюк С. С., Дюдєєва О. А. Базові засади розвитку рибальства та аквакультури в умовах трансформаційних процесів. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. Вип. 2. С. 47-57. URL: <https://cutt.ly/tc2neED>.

REFERENCES

1. Vdovenko N. M. (2018). *Formuvannia ta funktsionuvannia Spilnoi rybnoi polityky Yevropeiskoho soiuzu ta shliakhy yii realizatsii v Ukraini* [Formation and functioning of the joint fisheries policy of the European Union and ways of its implementation in Ukraine]. Kyiv: Kondor. [in Ukrainian].
2. *Derzhavne ahentstvo Ukrainy z rozvytku melioratsii, rybnoho hospodarstva ta prodovolchyykh prohram* [State Agency of Ukraine for Development of Reclamation, Fisheries and Food Programs]. Web-site. URL: <https://darg.gov.ua/> [in Ukrainian].
3. *Derzhavne ahentstvo Ukrainy z rozvytku melioratsii, rybnoho hospodarstva ta prodovolchyykh prohram. Naukovo-biologichne obgruntuвання «Otsinka stanu zapasiv vodnykh resursiv u Chornomu mori, u vnutrishnikh vodnykh ob'iektakh pivnichno-zakhidnoho Prychornomor'ia (ponyzzia r. Dnister ta Dnistrovskiy lyman, r. Dunai, Tylihul'skyy lyman, Berezanskyi lyman, Kuchurhanske vodoskhovyshche) dlia vyznachennia mozhlyvykh*

limitiv ta prohnoziv dopustymoho vylovu vodnykh bioresursiv ta rozrobka optimalnykh rezhymiv yikh rybohospodarskoi ekspluatatsii na 2024 rik [The State Agency of Ukraine for Development of Reclamation, Fisheries and Food Programs. Scientific and biological justification "Assessment of the state of water resources in the Black Sea, in the inner water bodies of the Northwestern Black Sea (lower Dniester River and the Dniester estuary Bioresources and development of optimal fishery operating modes for 2024)]. Web-site. URL: https://darg.gov.ua/files/25/12_22_nauka1.PDF [in Ukrainian].

4. *Derzhavne ahentstvo Ukrainy z rozvytku melioratsii, rybnoho hospodarstva ta prodovolchyykh prohram. Otsinka zapasiv vodnykh bioresursiv v Chornomu mori dlia vyznachennia mozhlyvykh limitiv i prohnoziv dopustymoho vylovu vodnykh bioresursiv ta rozrobka optimalnykh rezhymiv yikh rybohospodarskoi ekspluatatsii* [The State Agency of Ukraine for the Development of Reclamation, Fisheries and Food Programs. Assessment of aquatic bioresources in the Black Sea to determine possible limits and forecasts of permissible catch of aquatic bioresources and development of optimal modes of their fishery operation]. Research report. URL: https://darg.gov.ua/files/22/12_22_zvit2.pdf [in Ukrainian].
5. Kononenko R. V., Shevchenko P. H., Kondratiuk V. M., Kononenko I. S. (2017). *Intensyvni tekhnolohii v akvakulturi* [Intense technologies in aquaculture]. Kyiv: Kompynt. [in Ukrainian].
6. Movchan Yu. V. (2011) *Ryby Ukrainy : (vyznachnyk-dovidnyk)* [Fishes of Ukraine: (identifier-reference)]. Kyiv: Zoloti vorota. [in Ukrainian].
7. Vynohradov A. K. (2021) *Ryby – indykatory chasu, prostoru, umov prozhyvannia: monohrafiia* [Fish – indicators of time, space, and living conditions: monograph]. Odesa: Astroprint. [in Ukrainian].
8. Fedorenko M. O., Vdovenko N. M., Pavliuk S. S., Diudiaieva O. A. (2020). *Bazovizasadyrozvytkurybalstvataakvakulturyvumovakhtransformatsiinykh protsesiv* [Basic principles of fishing and aquaculture development in transformation processes]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, Vol. 2(8):48-58. DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2020.2.5> [in Ukrainian].

UDC 576

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.12>

ROTIFER BIOLOGY AND CULTIVATION

Olifirenko V. V. – Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
at the Department of Ecology and Sustainable Development
named by prof. Yu. V. Pylypenko,

Rutka O. V. – Assistant at the Department of Ecology
and Sustainable Development named by prof. Yu. V. Pylypenko,
Kherson State Agrarian and Economic University

Olifirenko A. A. – Leading Specialist of the Scientific Department
of the Oleshky Sands National Nature Park

This article reviews the biology of rotifers (*Rotatoria*), including their reproduction, structure, and ecological adaptations. The authors also provide an overview of culturing methods to increase biomass and its quality. The article summarizes the existing knowledge about the biology of rotifers and determines the optimal conditions for their successful cultivation in aquaculture.

Rotifers (*Rotatoria*) are among the most natural and available food for fry of almost any fish species. They are small multicellular animals, systematically related to the lower worms. At present, there are about 2,000 species that live in fresh water, seas, and hypersaline reservoirs. Most rotifers are herbivores eating *Chlorella*, *scenedesmus*, and other microalgae. There are rotifers that feed on bacteria and organic silt – detritus, but there are also predators, such as rotifers of the genus *Asplanchna*, as well as omnivorous forms. The vast majority of rotifers lay eggs. There are two types of reproduction. Unisexual and bisexual reproduction alternates depending on external conditions. Under sharp changes in environmental conditions and its physicochemical factors, such as temperature, pH, light, oxygen content, dissolved salts, as well as the quality and quantity of available food, rotifers switch to bisexuality reproduction.

The so-called “live dust”, i.e. the smallest plankton, carefully sorted through a sieve, is suitable for feeding the fry of most fish. “Live dust” includes infusoria, rotifers, juveniles of branchiopod crustaceans and naupliuses of paddlefish. Rotifers (*Rotatoria*) are also part of the so-called “live dust”.

In the article, the authors provide practical examples of breeding rotifers. The experiments have shown that *Brachionus calyciflorus*, which has a larva of 0.1-0.3 mm, breeds well in artificial conditions. The optimum water temperature for breeding is 22-30 °C. Females mature within 24 hours, adult life spans up to three weeks, and it can be cultivated at any time of the year and in the required quantity.

In our researches, this type of rotifers was used to feed producers of the European oyster *Ostrea edulis* to increase spawning conditions and occupied at least one third of the oysters' diet. Small size (0.15-0.35 mm), high nutritional value, undemanding environmental conditions, high reproduction rate made this rotifer one of the main food objects of mariculture.

Keywords: rotifers, biotechnology, cultivation, rotifer reproduction, adaptations to the environment, mariculture, bioproductivity.

Statement of the task. The aim of an article is to study and to analyze optimal conditions for rotifers' successful aquaculture production.

Analysis of recent research and publications. Among the most natural and available food for fry of almost any fish are rotifers (*Rotatoria*) – small multicellular animals, systematically belonging to the lower worms. At present, there are about 2000 species of them, which live in fresh waters, seas and hypergaline water bodies. The length of most rotifers does not exceed 0.15-0.30 mm [1], so they are available for fry of all fish from the first days of active feeding.

The body of rotifers is transparent and almost colorless. Its barely noticeable coloration depends on the contents of the digestive tract and some internal organs. In most cases, the body consists of a head, trunk and leg. At the anterior end of the head is the coelom (corona). It consists of two rings of fast and coordinated moving cilia, with the help of which rotifers can move in the water, catch food particles and direct them to the mouth. This is the most characteristic feature of rotifers, distinguishing them from all other small invertebrates.

The middle part of the body in some rotifers (they are called shells) is covered with a soft transparent sac-like shell. These include rotifers of the genus *Brachionus*, which are widespread in nature. Accordingly, not having a shell *Rotatoria* (a typical representative – *Philodina spp.*) are called respectively pancreaseless.

The rear part of the body – leg – is present in most rotifers, with its help they regulate the direction of movement. Thanks to special glands that secrete a sticky substance, rotifers can attach to the substrate.

Depending on their lifestyle, most rotifers belong to either planktonic or benthic. Planktonic species prefer to stay in the water column [2]. They are in continuous movement. The speed of movement in rotifers is noticeably slower than, for example, in infusoria, and is about 1mm/s.

Benthic rotifers spend most of their time in one place, attached to solid objects with their feet, and, making turns in different directions, filter food.

Most rotifers are herbivores, eating *Chlorella*, *scenedesmus* and other microalgae. There are rotifers that feed on bacteria and organic silt – detritus, but there are also predators, such as rotifers of the genus *Asplanchna*, as well as omnivorous forms. In the cultivation of most rotifers can be used various yeasts: baker's yeast, fodder yeast, etc.

Rotifers breathe with the entire surface of the body. Daily oxygen demand on average is 30-40mg per 1g of raw weight of organisms. At the same time, oxygen consumption of small, well-fed, as well as sexually mature rotifers increases 2-4 times. With increasing water temperature, this indicator also increases.

The vast majority of rotifer species lay eggs. There are two types of reproduction. The first type is only parthenogenetic (unisexual). In this case, the rotifer population consists exclusively of females. So, reproduce panceless rotifers of the genus *Philodina*.

Most species of rotifers are characterised by heterogony, and the worms themselves are called heterogeneous. In this case, unisexual and bisexual reproduction alternates depending on external conditions [3]. If the environmental conditions are favourable, the rotifer population consists of females incapable of fertilisation and are called amictic. They reproduce parthenogenetically by laying unfertilised amictic eggs. Under unchanged favourable conditions, this can continue indefinitely.

Under sharp fluctuations in environmental conditions associated with changes in such physical and chemical factors as temperature, pH, light, oxygen content, dissolved salts, as well as the quality and quantity of available food, rotifers switch to bipedal reproduction. In these cases, myctic females capable of fertilization begin to hatch from amictic (summer) eggs. If a myctic female is not fertilized, she lays eggs from which only males hatch; fertilized individuals lay resting (winter) eggs. The development of eggs (except winter eggs) lasts up to 24 hours depending on external conditions [4]. Resting eggs have a resting phase and are covered with a strong protective shell that allows them to withstand unfavorable external conditions, e.g. drying, freezing, etc.

The resting period may last several weeks, months, sometimes years. When favourable conditions occur, only amictic females hatch from eggs. Males in heterogeneous rotifers are always much smaller than females, have no digestive system and do not feed. They live only a few days and after fertilisation of the female usually immediately die.

When heterogeneous rotifers are cultured, females of both types are present in the population. The quantitative ratio between them depends on the culture conditions. To characterize the state of the population, the concept of 'mycticity of culture' is used, which is defined as the ratio of the number of myctic females to their total number. The more the environmental conditions meet the needs of a given species, the lower the mycticity of the culture, the more intensively the population develops, and vice versa. In the case of 100 per cent mycticity, the culture completely dies out in a few days, leaving only resting eggs behind.

The life span of rotifers depends largely on external conditions, mainly temperature, and varies from three to four days to one and a half months. Increase in temperature 'shortens' the life of rotifers.

The entire life cycle consists of three periods. The first is juvenile, from the moment of hatching from the egg to lay the first egg of their own.

In most rotifers, such organisms are called juvenile. After 0,5-1,5 days begins the main reproductive period, which lasts from the laying of the first to the laying of the last egg. Finally, the time of life after the laying of the last egg until the moment of natural death is called the senile period.

Rotifers can exist in a fairly wide range of temperatures – from 1-2 to 35-37 °C. In this case, there is a fairly clear division into thermophilic (heat-lov-

ing) species, found in nature mainly in summer at temperatures of 18-30 °C, and thermophobic (cold-loving), characteristic of autumn-winter zooplankton and living in colder water.

The thermophobic species, such as representatives of the genus *Brachionus*, are usually cultivated.

Materials and methods. The rotifer *Brachionus Plicatilis* (*Brachionus plicatilis*) has been used in our research – these are small rotifers – (0.1-0.3 mm). Saltwater rotifers are used as starter food for fry of spawning fish. Females live up to 2 weeks. The studies were carried out under the conditions of Culture blue (Lyngdal, Norway), a facility specializing in European oyster breeding.

One of the primary requirements for successful brachionus culturing is temperature. In the available manuals on rotifer culturing, 24-26 °C is accepted as the optimum temperature for their cultivation. Taking into account the high tolerance of *Brachionus* to this parameter, in our work we used the temperature not lower than 25.0-26.5 °C, but not higher than 28.0 °C.

These limits, as confirmed by numerous works, the results of which were tested on pilot – production installations, turned out to be optimal. Naturally, the more intensive growth of brachionus biomass with an increase in temperature in the cultivators by 1.5-2.0 °C required some adjustments in the feeding regime. Unfortunately, this important element of cultivation biotechniques has not been given due attention until recently. The examples given in the literature (introduction of nutrient media into cultivators with bred hydrobionts from once every 4-5 days to 12 times a day) are indicative in this respect.

The development of rotifer populations depends crucially on the quantity and quality of food used. In this case, the most important is the feeding regime, which is determined by the temperature of the medium, the concentration of food particles in it, and the population density, i.e., the number of individuals per unit volume of the medium. Increase in temperature increases the activity of rotifers and, consequently, their filtration capacity [5].

The concentration of food particles in the medium determines the productivity of rotifer culture. At its increase, the whole life cycle of rotifers proceeds faster, and fecundity increases.

If rotifers are kept at optimum temperature, an increase in food concentration leads to a decrease in the volume to be fished. At low feed concentrations, the filtering apparatus of rotifers works at maximum speed. The daily diet of animals in this case is less than 100 % of their body weight, and the digestibility of feed (part of the daily diet assimilated by the organism) is the highest – 80 %. In the range of feed concentration 5-50 mg/l daily volume of water filtered by rotifers decreases almost twice. In this case, the daily diet is 100-400 % of the organisms' own mass, but the digestibility of food decreases from 75 to 48 %. When the feed concentration increases to 0.5-1.0 g/l, the volume of filtered

water decreases almost 10 times more, and the ration reaches maximum values – 500 % and more with digestibility of 40 %. Feed so quickly passes through the digestive apparatus of rotifers that it does not have time to fully digest. The productivity of the culture decreases. Further increase in concentration of feed particles depresses population development.

These patterns appear if the density of rotifer culture is constant and only the concentration of food particles changes. However, in the process of cultivation the density of rotifer culture also changes. Experience shows that a more complete trophic characteristic is not just the concentration of food particles, but the ratio of these particles and the number of rotifers in the culture. This indicator is called food supply, showing how many millions of food particles per rotifer. It depends on the rotifer species and the food. For example, for rotifers of the genus *Brachionus* when feeding them chlorella optimal food supply of 0.1 million kl/ex. Excessive or insufficient food supply in comparison with the optimal one depresses the growth of rotifer population.

In the process of cultivation in the medium gradually accumulate rotifer products, dead worms and uneaten food particles. During their decomposition, substances such as ammonia accumulate, depressing rotifer culture development. Accumulation of products of vital activity above the permissible level leads to death of animals.

To breed rotifers use a vessel – a cultivator, the volume of which depends on the productivity of the population and the required daily number of organisms. The rotifer culture obtained from resting eggs or from another cultivator is introduced into the cultivator. The parameters of the medium in the cultivator (temperature, salt composition, aeration, illumination, etc.) should be optimal [6].

The population develops in several stages. At the first stage (lag-phase) rotifers undergo a period of adaptation, adapting to the new environment. The lag phase usually lasts from several hours to one or two days. Then the phase of exponential population growth begins, when the density of the culture increases at a maximum rate. Further, as the number of rotifers increases and the accumulation of waste products in the medium, the growth rate of the culture gradually decreases, as deteriorating conditions depress rotifer reproduction and increase the number of dead organisms. Finally, a stationary phase occurs, during which the number of individuals born and killed per unit time is compared. During this period, the culture reaches maximum density, the value of which depends on rotifer species and specific culture conditions. If the culture is properly managed, the maximum population density can reach 300-1000 or more rotifers in one millilitre of medium, which corresponds to a biomass of 1-2 g/l. Subsequently, as a rule, there is a gradual die-off of the culture. Heterogeneous rotifers in this case in the mass pass to sexual reproduction. In the extreme case rotifers can disappear altogether, leaving resting eggs. If the initial density of the culture

is 10 % of the maximum, it will take 3-4 days for productive species to reach the maximum density [7].

Feeding fry in their first stages of development is very difficult for aquarists and aquaculturists alike.

So-called 'live dust', i.e. the smallest plankton carefully sorted through a sieve, is suitable for feeding the fry of most fish. The best is 'live dust' taken from temporary puddles. 'Live dust' includes infusoria, rotifers, juveniles of branchiopod crustaceans and naupliuses of paddlefish.

Rotifers (*Rotatoria*) are also part of the so-called 'living dust'. They can be found in almost every pond or puddle. They appear in large numbers in spring and live there until autumn.

Brachionus calyciflorus, which has a larva of 0.1-0.3 mm in size, breeds well in artificial conditions. Optimal water temperature for breeding is 22-30 °C. Females mature within a day, adult life spans up to three weeks. The female lays eggs every 12 hours. Feed for rotifers can be hydrolyzed or baker's yeast (1 g per 50 liters).

The brackish-water rotifer (*Brachionus plicatilis*) is cultivated for feeding marine and freshwater fish.

Result and discussion. In our studies, this species of rotifers has been used to feed European oyster *Ostrea edulis* to increase spawning condition. The rotifers occupied at least one third of the oyster diet.

Under artificial conditions it can be obtained at any time of the year and in the required quantity. Small size (0.15-0.35 mm), high nutritional value, undemanding environmental conditions, high reproduction rate made this rotifer one of the main food objects of mariculture.

For breeding rotifers you can take a variety of containers, from one liter and more, resistant to the action of salt solution (Fig. 1). Medium – solution of pharmacy sea salt (one full tablespoon per liter of water or 20g NaCl +6-10g Na₂SO₄). In our studies, sea water with a salinity of 32 ppm has used for incubation. The cultivation temperature was 24-26 °C.

Standard aeration was provided. Feed – baker's or hydrolytic yeast (teaspoon



Fig. 1. Tank for rotifer maternal culture cultivation

per 20 litres of solution). After the introduction of feed, the medium is slightly cloudy. Its clarification – a signal to add a new portion.

Reproduction of rotifers, accumulation of biomass was significantly activated when adding baby food NAN to the feed.

The Rotatoria maternal culture was kept in a 160-liter aquarium. The density of the mother culture ranged from 600 to 1200 specimens per ml.

The Rotatoria maternal culture was regularly sampled and added to the columns with aging unicellular algae (Fig. 2).



Fig. 2. Introduction of rotifers into an ageing culture of the microalgae *Isochrysis galbana*

In our case, the maternal culture was constantly renewed and showed no signs of senescence. But an ageing, declining culture can always be recovered from resting eggs. To do this, drain from the bottom of the sediment of the old solution (in it the resting eggs), dried and placed in the refrigerator for a long time. As needed, some eggs are taken and cultured [8].

The rotifers actively absorbed microalgae, fouling inside the columns and even detritus. Water supply to the column was stopped during incubation. The reproduction of rotifers in the columns is so rapid that in 2-4 days it was possible to obtain sufficient numbers for feeding oysters.

For this purpose, the water supply to the columns was resumed. The rotifers have been mixed with microalgae in the water flow and fed to the oysters through a pipeline.

The purpose of culturing can be either to obtain a large portion of rotifers at a time or to select a part of the population every day, which was the case in our case.

In the first case it makes sense to achieve maximum culture density, in the second case it is more advantageous to have maximum biomass growth per unit time at a culture density of 50-60 % of the maximum.

Conclusions. It should be noted that rotifer incubation is a rather simple and effective way to obtain complete feed for aquaculture facilities. Cultivation

of rotifers is possible both in monoculture and in combination with other microscopic food objects, e.g. microalgae, infusorians or copepods.

In our studies, rotifer incubation was carried out to improve the quality of the sexual products of the European *Ostrea edulis* in preparation for spawning. It was found that rotifer incubation is easily incorporated into oyster reproductive biotechniques. Cultivation of microalgae for oyster feeding is cyclic in nature. After approximately four weeks of cultivation in plastic columns, the microalgae culture ages. Fouling and detritus appear in the columns. Addition of rotifers to such culture resulted in their rapid growth. At the same time, a significant amount of additional high-value food was obtained without additional costs.

БІОЛОГІЯ ТА КУЛЬТИВУВАННЯ КОЛОВОРОТКИ

Оліфіренко В. В. – к.вет.н., доцент,

Рутта О. В. – асистент,

Херсонський державний аграрно-економічний університет,

Оліфіренко А. А. – провідний спеціаліст наукового відділу,

Національний природний парк «Олешківські піски»

У статті розглядається біологія коловерток (*Rotatoria*), включаючи їх розмноження, будову та екологічні адаптації; проведено огляд методів її культивування для збільшення біомаси та якості; узагальнено існуючі знання про біологію коловерток та визначено оптимальні умови для їх успішного культивування в аквакультурі.

Коловертки (*Rotatoria*) є одними з найприродніших та найдоступніших видів їжі для мальків майже будь-якого виду риб. Це невеликі багатоклітинні тварини, що згідно систематизації відносяться до нижчих черв'яків. Наразі існує близько 2000 видів, які мешкають у прісній воді, морях та гіперсолоних водоймах.

Більшість коловерток є травоядними, що харчуються хлорелою, сценедесмусом та іншими мікроводоростями. Є коловертки, які живляться бактеріями та органічним мулом – детритом, є хижаки, такі як коловертки роду *Asplanchna*, а також всеїдні форми. Переважна більшість коловерток відкладає яйця. Існує два типи розмноження. Одностатеве та двостатеве розмноження чергується залежно від зовнішніх умов. За різних змін умов навколишнього середовища та його фізико-хімічних факторів, таких як температура, рН, освітленість, вміст кисню, розчинені солі, а також якість і кількість доступної їжі, коловертки переходять до двостатєвого розмноження.

Так званий «живий пил», тобто найдрібніший планктон, ретельно перебранний через сито, підходить для годування мальків більшості риб. «Живий пил» включає інфузорії, коловертки, молодь жаброногих ракоподібних та наупліуси веслоносіів. Коловертки (*Rotatoria*) також входять до складу так званого «живого пилу».

У статті автори наводять практичні приклади розмноження коловерток. Експерименти показали, що *Brachionus calyciflorus*, личинка якого має розмір 0,1-0,3 мм, добре розмножується в штучних умовах. Оптимальна температура води для розмноження становить 22-30 °С. Самки дозрівають протягом 24 годин,

тривалість життя дорослої особини становить до трьох тижнів, її можна вирощувати в будь-який час року та в необхідній кількості.

У наших дослідженнях цей вид коловерток використовувався для годівлі виробників європейської устриці *Ostrea edulis* для покращення умов нересту та займав щонайменше третину раціону устриць.

Невеликий розмір (0,15-0,35 мм), висока харчова цінність, невибагливість до умов навколишнього середовища, високий коефіцієнт розмноження зробили цю коловертку однією з основних харчових об'єктів марикультури.

Ключові слова: коловертки, біотехнологія, культивування, розмноження коловерток, адаптації до навколишнього середовища, марикультура, біопродуктивність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Придаткина Н. В., Вундцеттель М. В. Освоение теплых вод энергетических объектов для интенсивного рыбоводства. *Рибное хозяйство*. Киев. 1981. № 32. С. 29-34.
2. Suoto B. F., Rodrigues X. L. European fish farming guide. Xunta de Galicia conselleria de pesca en asuntos maritimos. 2003.
3. Sauntika G., Philippe Dhert, G. Rombaut, J. Vandenberghe, T. De Wolf and Patrick Sorgeloos (UGent). The use of ozone in a high-density recirculation system for rotifers. *Aquaculture*. 2001. Vol. 201(1-2). Pp. 35-49.
4. Lemus J. T., Ogle J. T., Lotz J. M. Extensive copepod culture using a highly nutritious natural water source World. *Aquaculture*. 2002. Vol. 33. no. 3. P. 60-62.
5. Waslien C. I. Unusual source of proteins for man. *CRC. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2005. 6(1). Pp. 77-151.
6. Maeda M., I. Chiu LIAO. Microbial processes in aquaculture environment and their importance for increasing crustacean production. *Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ)*. 2014. Vol. 28. no. 4. Pp. 283-288.
7. Cheng-Sheng Lee Patricia J. O'Bryen Nancy H. Marcus. Copepods in Aquaculture. New York: Blackwell Publishing, 2005. P. 255.
8. Perumal Santhanam, Nanda Kumar, Ananth Selvaraju, Jayalakshmi Thillainayagam. A need for marine copepods culture. Live Feed Production for Marine Hatchery Operation. Publisher: Rajiv Gandhi Centre for Aquaculture Chapter, 2012. Pp. 16-17.
9. Новоселова Н. В. Влияние абиотических факторов среды на рост и питание личинок кефалевых и камбаловых рыб. *Рибне господарство*. Київ: КМАcademia, 2009. Вип. 67. С. 151-157.

REFERENCES

1. Pridatkina N. V., Vundetsettel' M. V. (1981). *Osvoenie teplykh vod energeticheskikh ob'ektov dlia intensivnogo rybovodstva* [Assimilation of warm waters of energy facilities for intensive fish farming]. *Rybnoe khoziaistvo*, no. 32, 29-34. [in russian].

2. Suoto B. F., Rodrigues X. L. (2003). European fish farming guide. Xunta de Galicia conselleria de pesca en asuntos maritimos.
3. Sauntika G., Philippe Dhert, G. Rombaut, J. Vandenberghe, T. De Wolf and Patrick Sorgeloos (UGent) (2001). The use of ozone in a high-density recirculation system for rotifers. *Aquaculture*, Vol. 201(1-2):35-49.
4. Lemus J. T., Ogle J. T., Lotz J. M. (2002). Extensive copepod culture using a highly nutritious natural water source World. *Aquaculture*, Vol. 33, no. 3:60-62.
5. Waslien C. I. (2005). Unusual source of proteins for man. *CRC. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 6(1):77-151.
6. Maeda M., I. Chiu LIAO (2014). Microbial processes in aquaculture environment and their importance for increasing crustacean production. *Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ)*, Vol. 28, no. 4:283-288.
7. Cheng-Sheng Lee Patricia J. O'Bryen Nancy H. Marcus (2005). Copepods in Aquaculture. New York: Blackwell Publishing.
8. Perumal Santhanam, Nanda Kumar, Ananth Selvaraju, Jayalakshmi Thillainayagam (2012). A need for marine copepods culture. Live Feed Production for Marine Hatchery Operation. Publisher: Rajiv Gandhi Centre for Aquaculture Chapter. P. 16-17.
9. Novoselova N. V. (2009). *Vliyanie abioticheskikh faktorov sredy na rost i pitanie lichinok kefalevyh i kambalovyh ryb* [Influence of abiotic environmental factors on growth and nutrition of larvae of mullet and flounder fish]. *Ribné gospodarstvo*, Issue 67, 151-157. [in russian].

УДК 639.3

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.13>

СУЧАСНИЙ СТАН АКВАКУЛЬТУРИ В УКРАЇНІ

Поручинська І. В. – к. геогр. н., доцент,

Поручинський В. І. – к. геогр. н., доцент,

Куцевич А. М. – студент,

Волинський національний університет імені Лесі Українки,

rinaporuchyncka@gmail.com

У статті проаналізовано аквакультуру як один із найбільш динамічних секторів виробництва харчових продуктів у світі, що відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Визначено типи водних об'єктів, які можна використовувати в аквакультурі. З'ясовно, що основними напрямками галузі є товарна аквакультура, відтворення водних біоресурсів та надання рекреаційних послуг. Також зазначено види фермерських господарств, які спеціалізуються на рибництві та аквакультурі, за типами та масштабами діяльності. Визначено, що завдяки багатству природних ресурсів, високому рівню людського капіталу та освітнього потенціалу, Україна має всі передумови для успішного розвитку аквакультури. При цьому можна не лише задовольнити внутрішні потреби, але й активно виходити на міжнародні ринки. Здійснено короткий аналіз водойм, а саме їх загальну кількість та площу, які можна використовувати для ведення аквакультури в Україні. Охарактеризовано динаміку споживання риби в Україні у порівнянні з іншими країнами. Проаналізовано вплив військового вторгнення рф на розвиток галузі і його наслідки. Здійснено порівняльний аналіз обсягів вилову риби та інших водних біоресурсів у рибогосподарських водних об'єктах та на континентальному шельфі України за 2022, 2023 та 2024 роки. Визначено регіони-лідери за виробництвом продукції аквакультури. З'ясовано, що важлива роль у розвитку рибогосподарської галузі належить науковому супроводу, який включає впровадження у виробництво селекційних досягнень, ефективних та ресурсоощадних технологій для відтворення і вирощування різних видів риб. Зазначено основні рибовідтворювальні комплекси, які зараз ведуть свою діяльність в Україні. Проаналізовано особливості експорту риби та рибної продукції. Виділено основні проблеми, що стримують розвиток галузі та зазначено перспективи її розвитку.

Ключові слова: аквакультура, водні біоресурси, рибогосподарські об'єкти, рибна продукція, водні об'єкти.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Зростання попиту на рибу спостерігається як глобальний тренд. Проте обсяги промислового вилову залишаються стабільними або навіть демонструють певне зниження, оскільки на цей сектор накладаються різноманітні обмеження. У зв'язку з цим підвищується значення продукції аквакультури, а риба набуває статусу цінного експортного ресурсу. Стрімкий розвиток аквакуль-

тури значною мірою зумовлений активною діяльністю країн Азії. У цьому регіоні безперервно зростає обсяги виробництва цінної та делікатесної продукції, що задовольняє потреби глобалізованого світового ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченню аквакультури присвячені праці багатьох зарубіжних та українських науковців таких, як С. Спотт, Я. Брайнбалле, Ю. Шарило, В. Герасимчук, О. Гончарова, П. Кутіщев, Н. Вдовенко, О. Лук'яненко, Н. Сіненко, О. Сінкевич, І. Співак, А. Семенов, М. Павленко та інші. Проте, на сьогодні багато аспектів розвитку галузі лишаються недостатньо дослідженими, а деякі з них вимагають постійного аналізу та моніторингу.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз стану та сучасних тенденцій розвитку аквакультури, як важливої галузі сільського господарства в Україні.

Матеріали і методи дослідження. Вихідними матеріалами стали статистичні дані Державної служби статистики України, Української Міністерства аграрної політики та продовольства України, Асоціації українських імпортерів риби та морепродуктів, Державного агентства України з розвитку меліорації, рибного господарства та продовольчих програм. Основними методами, які були використані при написанні статті були статистичні, аналізу, синтезу, узагальнення, порівняння тощо.

Результати досліджень. Аквакультура представляє собою розведення та вирощування водних організмів, таких як риби, ракоподібні, молюски та водорості. Це може здійснюватися як у природних, так і в штучно створених водоймах, а також на спеціалізованих морських плантаціях.

За способом застосування в аквакультурі водних об'єктів або водних ресурсів розрізняють орендовані водні об'єкти, рибогосподарські технологічні водойми, акваторії, садкові господарства, установки замкненого водопостачання [16].

Аквакультура поділяється за основними напрямками:

- товарна (вирощування риби з її подальшою реалізацією);
- відтворення водних біоресурсів (заселення гідробіонтів у водойми для підтримання або відновлення їх популяції та відновлення запасів риби);
- надання рекреаційних послуг (організація відпочинку, розвиток зеленого туризму, тощо).

Фермерські господарства, що спеціалізуються на рибництві та аквакультурі, можуть відрізнятися за типами й масштабами діяльності [13]:

- традиційні рибницькі господарства, які вирощують рибу у природних водоймах із мінімальним втручанням у природні умови. Найпоширенішими видами при цьому є короп, товстолоб, щука та інші.

– комерційні аквакультурні ферми, на яких створюються контрольовані умови для вирощування риби, молюсків і ракоподібних. Це можуть бути спеціалізовані ферми для таких видів, як лосось, форель, креветки, устриці.

– системи рециркуляції води (RAS) – сучасні технологічні установки, що забезпечують суворий контроль параметрів середовища вирощування.

Аквакультура є найбільш динамічним сектором виробництва харчових продуктів у світі та відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки, адже, на відміну від рибальства, яке залежить від сезонності уловів, вона дозволяє безперервно постачати продукцію на ринки [4].

Завдяки багатству природних ресурсів, високому рівню людського капіталу та освітнього потенціалу, Україна має всі передумови для успішного розвитку аквакультури. Вона здатна не лише задовольнити внутрішні потреби, але й активно виходити на міжнародні ринки. Україна володіє значним потенціалом для розвитку аквакультури. Загальна площа водних територій в Україні становить майже 1,3 мільйона гектарів. На її території знаходиться приблизно 73 тисячі річок, близько 40 тисяч озер, понад 400 тисяч ставків і більше ніж 1000 водосховищ [9].

Проте, на сьогодні в Україні аквакультура займає лише 27 % виробництва рибної продукції, тоді як у світі цей показник перевищує 51 %. Аквакультура охоплює майже більше шести тисяч водойм, здатних забезпечити виробництво до 98 тисяч тонн риби (таблиця 1). Однак, незважаючи на значний потенціал рибного господарства, його діяльність здебільшого залишається хаотичною [11].

Таблиця 1. Водойми, що використовуються для ведення аквакультури в Україні

Тип водойми	Кількість, од	Площа, га
Ставки	6039	676833,26
в т.ч		
вирощувальні I і II порядку	1828	19954,93
нагульні	1995	645816,71
нерестові	596	189,40
маточні	270	585,31
зимувальні	980	909,45
карантинні	74	392,55
інші	296	8984,91
Садки у прісних водоймах	489	468,13
Разом	6528	677301,39

Джерело: [5]

Середньостатистичний українець споживає близько 15 кг риби на рік, тоді як ООН та ВООЗ рекомендують мінімум 20 кг, а середня цифра за 2020-й у світі – 21,2 кг. Наприклад, кожен мешканець Норвегії в середньому з'їдає 66 кг риби, а житель Португалії – 62 кг. За даними аналітиків Асоціації українських імпортерів риби і морепродуктів (UIFSA), загальне споживання риби в Україні минулого року склало 330 тисяч тонн (рисунк 1).

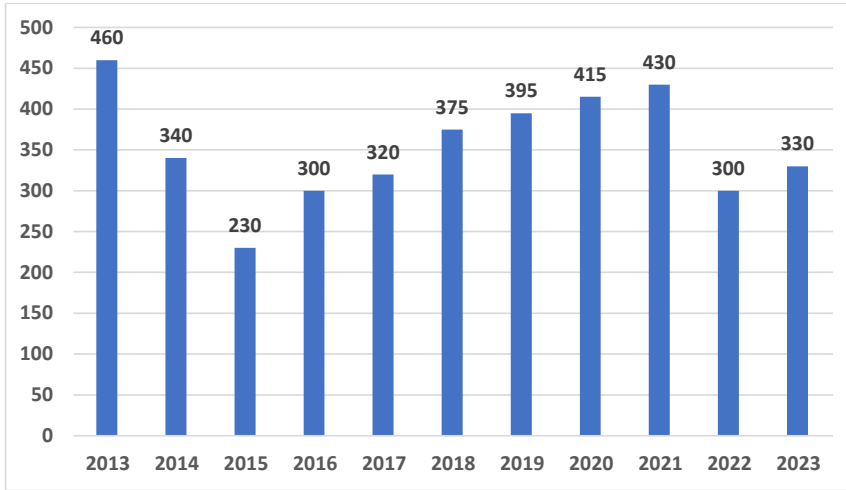


Рис. 1. Динаміка обсягів споживання риби в Україні

Більше 85 % всієї рибної продукції, яка споживається українцями, становить імпорт. Найбільшими імпортерами є Норвегія, Ісландія, США, Канада, Естонія [15].

Внаслідок військового вторгнення РФ, значного негативного впливу зазнав як загальний вилов водних біоресурсів, так і аквакультура зокрема. Часткове або повне обмеження навігації на великих рибогосподарських водоймах України стало одним із ключових чинників, що вплинули на обсяги промислового рибальства. Зокрема, рибний промисел у Азовському та Чорному морях опинився майже повністю заблокованим, за винятком окремих ділянок, розташованих у межах Миколаївської та Херсонської областей. У підсумку, діяльність на рибогосподарських водоймах та континентальному шельфі України зазнала серйозних обмежень. Так, у 2022 році обсяг виробництва аквакультури становив всього 10,6 тис. тонн, що на 67 % менше порівняно з 2021 роком (таблиця 2).

Таблиця 2. Обсяги вилову риби та інших водних біоресурсів у рибогосподарських водних об'єктах та на континентальному шельфі України

Рибогосподарські водні об'єкти	Виллов риби та інших біоресурсів, тонн	
	на 01.01.2022	на 01.01.2023
Чорне море	8305,0	75,8
Азовське море	4482,4	24,1
Причорноморські лимани	143,8	85,4
р. Дунай	521,6	65,2
Пониззя Дністра з лиманом та Кучурганське водосховище	1440,3	1308,7
Дніпровсько-Бузька естуарна система	2573,6	137,1
Водосховища Дніпра	12864,6	8338,5
в т.ч		
Київське	659,8	454,8
Канівське	783,8	631,3
Кременчуцьке	5843,0	5673,4
Кам'янське	2126,0	1248,5
Дніпровське	1078,3	140,5
Каховське	2373,7	190,0
Інші водойми	149,6	17,8
Разом	30480,9	10052,5

Джерело: [1]

У 2023 році підприємства рибної галузі України збільшили загальний вилов риби та інших водних біоресурсів на 13 % у порівнянні з 2022 роком, у тому числі обсяг виробництва аквакультури збільшився до 11,2 тис. тонн.

Держрибагентство інформує, що за результатами роботи галузі рибництва у 2024 році обсяг виробництва продукції аквакультури досяг 18,6 тисяч тонн, що на 22 % більше порівняно з попереднім періодом. Лідерами у виробництві є Черкаська область (4400 т), Львівська (1543 т), Хмельницька (1517 т), Кіровоградська (1456 т) та Сумська (1403 т). В аквафермах найпоширенішими видами риб для вирощування стали короп (8,9 тис. т), товстолоб (4,4 тис. т), судак (1,9 тис. т), білий амур (0,6 тис. т), лососеві (0,4 тис. т), сомові (0,3 тис. т), щука (0,2 тис. т). Крім того вирощували також райдужну форель – 305 тонн, кларієвого сома – 192 тонни, щуку – 177 тонн, судака – 580 тонн, стерлядь – 12 тонн, американського голяця – 86 тонн тощо.

Найбільший обсяг товарної продукції в аквакультурі було вироблено у ставах, який становив 14,8 тисячі тонн. Установки замкнутого водопостачання забезпечили вирощування 282 тонн, у резервуарах і басейнах – 185 тонн, а в садках – 54 тонни. Крім того, було виготовлено 3,2 тонни харчової ікри [5].

Важливу роль у розвитку рибогосподарської галузі відіграє науковий супровід, який включає впровадження у виробництво селекційних досягнень, ефективних та ресурсоощадних технологій для відтворення і вирощування різних видів риб. До сфери управління Держрибагентства належать такі державні рибовідтворювальні комплекси: ДУ «Херсонський виробничо-експериментальний завод по розведенню молоді частикових риб» (Херсонська область), ДУ «Виробничо-експериментальний Дніпровський осетровий рибовідтворювальний завод імені академіка С. Т. Артющика» (Херсонська область) та ДУ «Рибоводний форелевий завод «Лопушно» (Чернівецька область). Завод «Лопушно» щороку вирощує понад 200 тисяч молоді рідкісних видів риб, серед яких струмкова форель, харіус європейський та дунайський лосось, для подальшого випуску у річки Карпатського регіону [2].

На сьогодні в Україні ці підприємства залишаються єдиними, що цілеспрямовано займаються штучним відтворенням аборигенних видів риб. В умовах сьогоднішньої діяльності цих державних заводів набуває особливого значення, адже Херсонський виробничо-експериментальний завод наразі розташований на території Херсонської області, яка офіційно не має статусу тимчасово окупованої, проте перебуває під контролем окупаційних сил. У свою чергу, функціонування Дніпровського заводу було ускладнене через постійні обстріли [2].

Знищення Каховської ГЕС 06 червня 2023 року продовжує завдавати значної шкоди рибному господарству України. Зокрема, було повністю затоплено єдиний в країні державний осетровий завод, який функціонував з 1984 року та забезпечував відтворення осетрових видів риб.

Однією з головних перешкод, що стримують розвиток галузі, є недостатній розвиток широкого ринку збуту рибної продукції як в межах України, так і за кордоном. На сьогодні для експорту живої риби доступні ринки Азербайджану, Ізраїлю, Іраку, Катару, Молдови, Сербії, Таджикистану, Туркменістану та Узбекистану. Рибна продукція також постачається до цих країн, а додатково – до держав ЄС, Великобританії та Саудівської Аравії. Експорт ракоподібних, молюсків та іншої промислової продукції орієнтований на Молдову, Узбекистан і Туркменістан. Паралельно триває робота над відкриттям нових ринків, таких як Канада, Бразилія, Китай, Туреччина, Оман та Об'єднані Арабські Емірати. Відкриття ринків країн – членів ЄС є пріоритетним для експорту української рибної продукції [15].

Висновки. В Україні існують усі передумови для нарощення виробництва водних біоресурсів. Важливо впроваджувати у виробничий процес сучасні селекційні розробки іхтіологів, а також ресурсоощадні технології, спрямовані на відтворення та вирощування різних видів риби. Застосування сучасних технологій у рибництві здатне значно поліпшити умови утримання та підвищити продуктивність. Автоматизовані системи моніто-

рингу та управління сприятимуть створенню оптимальних умов для росту риби, а також мінімізують можливі втрати.

CURRENT STATUS OF AQUACULTURE IN UKRAINE

Poruchynska I. V. – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,

Poruchynskyi V. I. – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor,

Kutsevich A. M. – Student,

Lesia Ukrainka Volyn National University,

rinaporuchyncka@gmail.com

The article analyzes aquaculture as one of the most dynamic food production sectors in the world, which plays a key role in ensuring food security. The types of water bodies that can be used in aquaculture are identified. It is clear that the main directions of the industry are commercial aquaculture, reproduction of aquatic bioresources and provision of recreational services. It also indicates the types of farms specializing in fish farming and aquaculture, by type and scale of activity. It was determined that, thanks to the wealth of natural resources, high level of human capital and educational potential, Ukraine has all the prerequisites for the successful development of aquaculture. At the same time, it is possible not only to satisfy domestic needs, but also to actively enter international markets. A brief analysis of water bodies, namely their total number and area, which can be used for aquaculture in Ukraine, was carried out. The dynamics of fish consumption in Ukraine in comparison with other countries was characterized. The impact of the Russian military invasion on the development of the industry and its consequences was analyzed. A comparative analysis of the volume of fish catches and other aquatic bioresources in fishery water bodies and on the continental shelf of Ukraine for 2022, 2023 and 2024 was carried out. It was found that an important role in the development of the fisheries industry belongs to scientific support, which includes the introduction into production of breeding achievements, effective and resource-saving technologies for the reproduction and cultivation of various species of fish. The main fish breeding complexes currently operating in Ukraine are indicated. The peculiarities of fish and fish product exports are analyzed. The main problems that hinder the development of the industry are highlighted and the prospects for its development are indicated.

Keywords: aquaculture, aquatic bioresources, fishery facilities, fish products, water bodies.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аквакультура під час війни: приховані резерви. URL: <https://ukraine-oss.com> (дата звернення 20.03.2025).
2. Аквакультура, як один із напрямів реалізації державної політики у галузі рибного господарства. URL: <https://nubip.edu.ua/node/129885> (дата звернення 20.03.2025).
3. Вдовенко Н. М., Павленко М. М., Сіненко І. О. Організаційно-економічні засади розвитку рибальства й аквакультури в Україні. *БізнесІнформ*. 2020. № 4. С. 221-228.

4. Державний комітет статистики України. Офіційний сайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 21.03.2025).
5. Звіт про аквакультуру за 2023 рік. URL: https://darg.gov.ua/files/26/02_28_aqua.pdf (дата звернення 21.03.2025).
6. Радько В. І., Присяжнюк Н. М., Федорук Н. М. Інноваційний розвиток виробництва аквакультури в Україні. *Агросвіт*. 2024. № 6. С. 44-50.
7. Корман, І. І. Сучасний стан та перспективи розвитку вітчизняного ринку риби та рибопродуктів. *Підприємництво та інновації*. 2020. Вип. 12. С. 49-54.
8. Лук'яненко О. Д. Потенціал рибальства в глобальній економіці. *Вісник Хмельницького національного університету. Сер.: Економічні науки*. 2020. № 4. Том 2. С. 7-12.
9. Миськовець Н. П. Аналіз сучасного стану та перспективи розвитку рибного господарства України. *БізнесІнформ*. 2020. № 3. С. 104-111.
10. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/> (дата звернення 22.03.2025).
11. Показники аквакультури в Україні далекі від світових. URL: <https://agroportal.ua/news/zhivotnovodstvo/pokazniki-akvakulturi-v-ukrajini-daleki-vid-svitovih> (дата звернення 22.03.2025).
12. Про аквакультуру в умовах війни. URL: https://darg.gov.ua/_pro_akvakuljturu_v_umovah_0_0_0_12275_1.html (дата звернення 23.03.2025).
13. Розвиток рибництва та аквакультури в Україні. URL: <https://osvitafrp.com.ua/2025/02/19/rozvytok-rybnytstva-ta-akvakultury-v-ukraini/> (дата звернення 24.03.2025).
14. Сіненко І. О. Організаційні та економічні механізми регулювання рибальства та аквакультури. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2021. № 4(16), 122-130.
15. Українська Асоціація аграрного експорту. URL: <https://uaexport.org/> (дата звернення 25.03.2025).
16. Шарило Ю. Є., Вдовенко Н. М., Федоренко М. О. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Практичний посібник. К.: «Простобук», 2016. 119 с.

REFERENCES

1. *Akvakultura pid chas viiny: prykhovani rezervy* [Aquaculture during war: hidden reserves]. URL: <https://ukraine-oss.com> (date of application 20.03.2025). [in Ukrainian].
2. *Akvakultura, yak odyin iz napriamiv realizatsii derzhavnoi polityky u haluzi rybnoho hospodarstva* [Aquaculture as one of the areas of implementation of state policy in the field of fisheries]. URL: <https://nubip.edu.ua/node/129885> (date of application 20.03.2025). [in Ukrainian].

3. Vdovenko N. M., Pavlenko M. M., Sinenok I. O. (2020). *Orhanizatsiino-ekonomichni zasady rozvytku rybalstva y akvakultury v Ukraini* [Organizational and economic principles of fisheries and aquaculture development in Ukraine]. *BiznesInform*, 4, 221-228. [in Ukrainian].
4. *Derzhavnyi komitet statystyky Ukrainy. Ofitsiyni sait* [State Statistics Committee of Ukraine. Official website]. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (date of application 21.03.2025). [in Ukrainian].
5. *Zvit pro akvakulturu za 2023 rik* [Aquaculture Report 2023]. URL: https://darg.gov.ua/files/26/02_28_aqua.pdf (date of application 21.03.2025). [in Ukrainian].
6. Radko V. I., Prysiazhniuk N. M., Fedoruk N. M. (2020). *Innovatsiyni rozvytok vyrobnytstva akvakultury v Ukraini* [Innovative development of aquaculture production in Ukraine]. *Ahrosvit*, 6, 44-50. [in Ukrainian].
7. Korman, I. I. (2020). *Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku vitchyznianoho rynku ryby ta ryboproduktiv* [Current state and prospects for the development of the domestic market of fish and fish products]. *Pidpriemnytstvo ta innovatsii*, 12, 49-54. [in Ukrainian].
8. Lukianenko O. D. (2020). *Potentsial rybalstva v hlobalnii ekonomitsi* [The potential of fishing in the global economy]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ser.: Ekonomichni nauky*, 4(2), 7-12. [in Ukrainian].
9. Myskovets N. P. (2020). *Analiz suchasnoho stanu ta perspektyvy rozvytku rybnoho hospodarstva Ukrainy* [Analysis of the current state and prospects for the development of the fisheries industry in Ukraine]. *BiznesInform*, 3, 104-111. [in Ukrainian].
10. *Ministerstvo ahrarynoi polityky ta prodovolstva Ukrainy* [Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine]. URL: <https://minagro.gov.ua/> (date of application 22.03.2025). [in Ukrainian].
11. *Pokaznyky akvakultury v Ukraini daleki vid svitovykh* [Aquaculture indicators in Ukraine are far from global ones]. URL: <https://agroportal.ua/news/zhivotnovodstvo/pokazniki-akvakultury-v-ukrajini-daleki-vid-svitovih> (date of application 22.03.2025). [in Ukrainian].
12. *Pro akvakulturu v umovakh viiny* [On aquaculture in times of war]. URL: https://darg.gov.ua/_pro_akvakuljrturu_v_umovah_0_0_0_12275_1.html (date of application 23.03.2025). [in Ukrainian].
13. *Rozvytok rybnytstva ta akvakultury v Ukraini* [Development of fish farming and aquaculture in Ukraine]. URL: <https://osvitaftp.com.ua/2025/02/19/rozvytok-rybnytstva-ta-akvakultury-v-ukraini/> (date of application 24.03.2025). [in Ukrainian].
14. Sinenok I. O. (2021). *Orhanizatsiini ta ekonomichni mekhanizmy rehuliuвання rybalstva ta akvakultury* [Organizational and economic mechanisms for regulating fisheries and aquaculture]. *Problemy i perspektyvy ekonomiky ta upravlinnia*, 4(16), 122-130. [in Ukrainian].
15. *Ukrainska Asotsiatsiia ahrarynoho eksportu* [Ukrainian Agricultural Export Association]. URL: <https://uaexport.org/> (date of application 25.03.2025). [in Ukrainian].
16. Sharylo Yu. Ye., Vdovenko N. M., Fedorenko M. O. (2016). *Suchasna akvakultura: vid teorii do praktyky* [Modern aquaculture: from theory to practice]. Kyiv. «Prostobuk». [in Ukrainian].

UDC 502.3/.7

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.14>

EXPERIENCE IN WATER RESOURCES MANAGEMENT UNDER THE CLIMATE CHANGE CONDITIONS ON THE EXAMPLE OF NORWAY

*Breus D. S. – PhD in Agriculture, Associate Professor at the Department
of Ecology and Sustainable Development named by prof. Yu.V. Pylypenko,
Kherson State Agrarian and Economic University,
breusd87@gmail.com*

Climate change in Norway is occurring gradually, yet its consequences are becoming increasingly evident. There is a steady rise in average temperatures, an increase in annual precipitation and runoff, as well as a growing intensity of extreme weather events. Various regions of the country are experiencing more frequent and intense rainfall, which directly affects the hydrological regime and the formation of surface runoff. These climatic shifts raise concerns due to their impact on freshwater sources, especially during periods of heavy precipitation, when higher levels of bacterial contamination, increased water turbidity, and intensified coloration are observed; this indicates elevation of concentrations of organic matter and suspended particles in the water.

Amid growing climate risks, there is a pressing need for thorough regional analyses of how these changes affect water quality. Such analyses form the foundation for timely upgrades to water treatment facilities, as the increasing burden on filtration and disinfection systems could compromise their effectiveness, particularly in smaller settlements. By the end of the 21st century, the situation is expected to worsen, with forecasts indicating a further rise in waterborne pollutants due to soil erosion, runoff from agricultural lands, and urbanized areas.

According to climate research, the rise in air temperature, especially when combined with changes in precipitation patterns, will significantly influence hydrological processes [1]. Precipitation in Norway is expected to become predominantly convective in nature, occurring more frequently and with greater intensity [4]. This will pose new challenges for water supply systems, particularly in maintaining consistent drinking water quality. Norway has already experienced an increase in the average annual temperature of about one degree Celsius since the early 20th century [1]. This trend is accompanied by shifting snowmelt seasons, increased winter and spring runoff, and changes in the amount and distribution of precipitation. A particularly noticeable rise in precipitation occurred after the 1970s, amounting to approximately an 18% increase compared to initial values.

Keywords: climate change, drinking water quality, Norway, precipitation, runoff.

Statement of the problem. The purpose of this article is to examine Norway's experience in water resource management under the conditions of global change.

Analysis of Recent Studies and Publications. In recent years, short-duration rainstorms in Norway have become not only more frequent but also more intense, as documented by meteorological observations over the past decades. These climatic changes are already contributing to an increased frequency of floods, and this trend is expected to intensify further in the future. Air temperature and precipitation in Norway in 2022 and their deviation from the norm are presented in Figure 1.

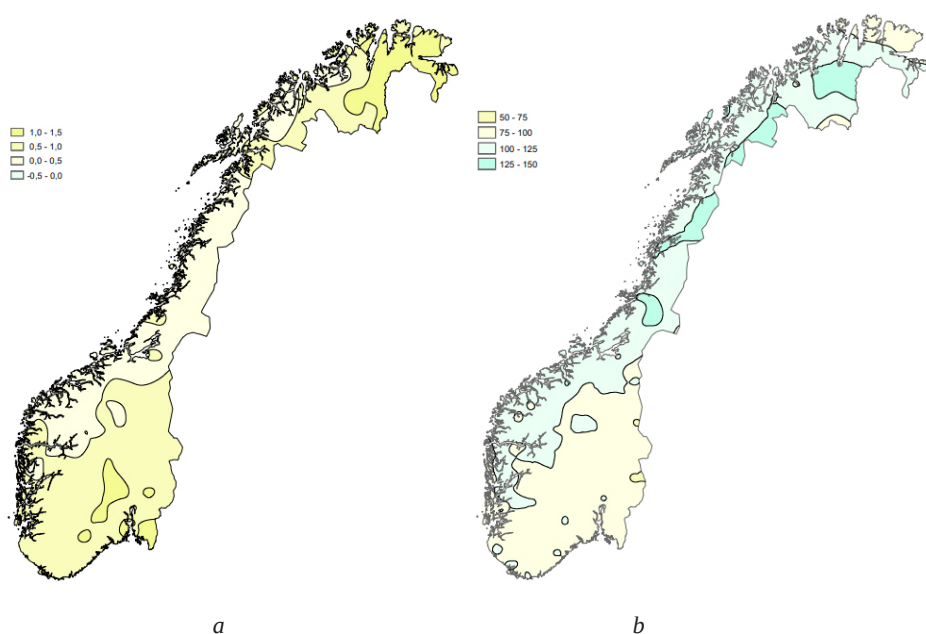


Fig. 1. Air temperature, °C (a) and precipitation, mm (b) in Norway in 2022 as deviation from the norm (a) and as a percentage (b) [2]

According to high greenhouse gas emission scenarios, the average annual temperature in Norway is projected to rise by 4.5 °C by the end of the century, while annual precipitation is expected to increase by at least 18 % [6].

The rise in precipitation will directly affect the frequency of rain-induced floods. In the context of higher temperatures and earlier snowmelt in spring, the seasonal flood dynamics may shift. Spring floods are likely to occur earlier in the year, while the risk of flooding in late autumn and winter will increase. All of these factors create additional pressure on both natural and artificial water purification systems. Small water intakes, in particular, may find themselves in

a vulnerable position due to their limited capacity to quickly adapt infrastructure to the new conditions [3].

Generalizing, the projected climate changes represent a serious threat to the stability of water supply in Norway. To prevent the deterioration of drinking water quality, it is necessary to take action now to increase the resilience of treatment facilities, improve monitoring systems, and develop regional-level adaptation strategies.

Presentation of the main research material. *Integrated water resources management in Norway: structure, approaches, and key instruments.* The rational use and effective management of water resources is one of the key prerequisites for ecological and economic sustainability. In Norway, where water resources hold not only great environmental importance but also serve as a foundation for energy, industry, agriculture, and drinking water supply, a clear system of integrated water ecosystem management has been developed. This system includes coordination across national, regional, and municipal levels, public participation, consideration of ecological needs, and the use of modern planning and monitoring tools.

The need for a comprehensive approach to water resource management arose with the intensive development of hydropower in the first half of the 20th century. As river systems were developed, the country faced challenges related to limited water volumes, source pollution, and conflicts among various users – from energy producers to environmental advocates. At the same time, it became increasingly important to preserve drinking water quality, maintain biodiversity, and consider land-use changes.

In response to these challenges, Norway established a network of administrative bodies that cover different levels of water governance. At the local level, municipalities are responsible for forming water supply strategies, controlling water quality, organizing wastewater treatment, and accounting for the impacts of land use on water resources. The regional level manages planning within river basins, develops long-term programs, and oversees lakes and reservoirs [5].

Norway's institutional model emphasizes the active involvement of citizens and stakeholders in planning and decision-making processes. Public hearings, open consultations, and the participation of local organizations and residents ensure transparency and balance in resolving water-related issues. This inclusive approach allows for the consideration of all user interests – both industrial and ecological.

The ecosystem approach and the role of nature in water management. Integrated management in Norway is based on the principle of recognizing natural ecosystems as full participants in the water cycle. Rivers, streams, lakes, wetlands, groundwater, and forested areas are viewed not only as sources or storage of water but also as regulators of its quality and quantity. The ecosystem approach aims to ensure the harmonious coexistence of human needs with natural water cycles while maintaining ecological balance.

Due to growing pressure on water resources from urbanization, agriculture, and climate change, Norwegian policy focuses on the preservation of ecosystem services provided by natural landscapes. This includes the protection of groundwater health, prevention of erosion, flood mitigation, and the reduction of pressure on infrastructure.

The General Water Resources Plan and Watercourse Protection Plan. To regulate the use of water resources and reduce inter-sectoral conflicts, Norway introduced the General Plan for Water Resources in 1985. This was a strategic response to the need for a systemic approach to hydropower development. The plan included a prioritized list of projects that could be considered for licensing based on environmental, social, and economic factors.

The plan's primary objective was to identify areas that could be used for energy production without causing significant environmental harm. During its development, 16 major user interest groups were identified, including nature conservation, drinking water supply, fisheries, pollution control, tourism, and agriculture. Project assessments were conducted at the river basin level, taking into account regional development and the ecological value of territories.

In parallel, the Watercourse Protection Plan was developed to designate priority water bodies for conservation in their natural state. As of 1993, 341 water bodies were protected, with a combined potential hydropower capacity of approximately 35 TWh – about one-fifth of Norway's hydropower potential. These areas include both large river basins and smaller systems with high conservation value.

Environmental Impact Assessment (EIA) in water use. Another important tool ensuring the sustainable development of the water sector in Norway is the Environmental Impact Assessment (EIA) procedure. It applies to projects that may have significant environmental impacts. According to legislation, developers must initiate the EIA process at the planning stage by submitting a notice and proposal for the assessment program. All interested stakeholders, including the local community, have the opportunity to participate in discussions and provide feedback.

EIA results are taken into account during licensing decisions. This process helps reduce ecological risks and foster dialogue among sectors such as energy, ecology, transport, agriculture, and tourism. The EIA procedure strengthens the role of environmental authorities, giving them powers to monitor environmental quality and implement sustainable water management solutions.

Regulatory framework and licensing procedures in Norway's water sector. Norway implements an effective policy for the protection and sustainable use of water resources based on a solid legal framework. This framework ensures transparency in decision-making and promotes the participation of all stakeholders in governance. The country's legal mechanisms form the foundation for coordinated functioning of various actors – government bodies, businesses, local communities, scientific institutions, and environmental organizations – allowing for the avoidance of conflicts of interest and contributing to long-term ecological safety.

Among the most important legislative acts in Norway are the Planning and Building Act and the Water Resources Act. These two laws provide the

legal foundation for the protection of natural river systems and the prevention of uncontrolled interventions in aquatic ecosystems. Particularly significant in this context is the regulation of hydropower activities, which requires the issuance of special licenses under the Watercourse Regulation Act and the aforementioned Water Resources Act. These licenses govern not only the construction of facilities (such as hydroelectric power stations, dams, etc.) but also the conditions for their operation, taking into account safety, environmental protection, and cultural heritage preservation requirements.

Developers are also obligated to implement measures that preserve the historical and cultural value of the area, minimize environmental impacts, prevent pollution, and adapt projects to local ecological conditions. For instance, infrastructure design may include fish passages, ecologically justified minimum water flows, the clearing of regulated zones from excess vegetation, and the construction of spillways [5].

A particularly relevant legislative instrument is the Pollution Control Act, which sets forth the overarching goal of preventing environmental degradation, reducing anthropogenic emissions, and ensuring the responsible management of industrial and domestic waste. All of these legislative provisions are integrated with the Environmental Impact Assessment (EIA) procedure, which guarantees systematic project screening from the early planning stages.

Furthermore, Norway has several special laws that provide additional protection for aquatic ecosystems and biodiversity. These include the Nature Conservation Act (which classifies protected areas into categories such as national parks, nature reserves, biotopes, and natural monuments), the Cultural Heritage Act (which ensures the safeguarding of historical sites near water bodies), and the Salmon and Freshwater Fish Act (which regulates the conservation of fish resources in water-related activities).

System of assessment, monitoring, and forecasting of water resources. In response to increasing pressure on aquatic ecosystems, Norway is continuously improving its observation and forecasting systems to enable timely identification and mitigation of potential risks. Key threats include the deterioration of water chemical composition, more frequent flooding due to urbanization and alteration of natural catchments, as well as unpredictable changes in hydrological regimes as a result of global warming.

To ensure effective water resource management, Norway is modernizing its hydrological data collection systems on a large scale. The Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) oversees the implementation of new technologies, such as the modernization of the national network of hydrological stations and the installation of automated sensors. These sensors provide continuous monitoring of water dynamics, enabling real-time data transmission and storage in a centralized electronic system.

Analytical efforts are also supported by advanced mathematical modeling. These models help simulate potential climate change scenarios and assess their impact on river basins. In addition, specialized water balance maps are

developed to evaluate water availability, identify regions at increased risk of droughts or floods, and analyze long-term resource distribution trends.

This comprehensive monitoring approach is a vital part of Norway's integrated water resource management system. It enables evidence-based decision-making, rapid response to emerging challenges, and effective prevention of crisis situations.

International cooperation and institutional capacity building in partner countries. Over the past few decades, Norway's foreign policy has evolved from a traditional aid-based model to a full-fledged institutional partnership approach. The main goal of this shift is not only to provide financial support but also to promote the development of local institutions through knowledge exchange, capacity-building, and the transfer of innovative technologies.

A key player in this process is the Norwegian Agency for Development Cooperation (NORAD), which serves as a coordinating center for international partnership programs. Through NORAD's efforts, a mechanism has been created to involve leading Norwegian institutions, including government agencies, research centers, environmental NGOs, educational institutions, cultural organizations, and private companies, in international projects.

Norway actively promotes a model in which highly qualified water management experts assist developing countries in formulating strategies tailored to local conditions. This cooperation extends to both planning and implementation phases, facilitating the adaptation of Scandinavian experience to diverse regional contexts.

Water management is considered a priority area due to its strategic importance for environmental security, agriculture, public health, and sustainable development. Norwegian organizations are prepared to share their expertise in ecosystem-based approaches, water basin planning, anthropogenic pressure mitigation, monitoring systems, and climate resilience strategies [5].

Analytical comparison of the functional roles of key institutions in Integrated Water Resources Management in Norway. Integrated water resources management (IWRM) in Norway is carried out through close inter-agency cooperation among several institutions, each responsible for specific tasks within the broader framework of water and environmental policy. Their functions complement each other, forming an effective system for control, monitoring, planning, and regulation of sustainable water use.

1. Ministry of the Environment (MOE) acts as the central coordinating authority, shaping national environmental policy, including the management of aquatic ecosystems. The MOE approves strategic documents, sets environmental priorities, coordinates the activities of subordinate institutions, and ensures the fulfillment of international environmental obligations, including the implementation of the EU Water Framework Directive. The MOE serves as a systemic integrator, harmonizing decisions across different sectors involved in water management.

2. Directorate for Nature Management (DN) focuses on the practical implementation of nature conservation policy, especially in terms of preserving

biodiversity and ecological stability. It identifies ecologically valuable zones, conducts scientific environmental impact assessments, provides recommendations on the protection of aquatic and coastal ecosystems, and coordinates projects for the restoration of degraded natural areas. Unlike the MOE, DN concentrates on specific ecological parameters and fieldwork implementation.

3. Norwegian Pollution Control Authority (SFT) performs regulatory functions aimed at reducing anthropogenic pressure on water bodies. Its core responsibilities include overseeing compliance with environmental legislation regarding pollution prevention, issuing discharge permits, developing water quality standards, and conducting ongoing chemical monitoring of water bodies. Thus, SFT ensures adherence to environmental standards in economic activities related to water use.

4. Ministry of Petroleum and Energy (OED) is responsible for the development of the energy sector, particularly hydropower, which in Norway heavily relies on river systems. OED implements policies for sustainable energy development, approves water use for electricity generation, ensures national energy security, and assesses the environmental impact of energy projects. Its activities often intersect with those of environmental agencies, requiring effective coordination of interests.

5. Water Resources and Energy Directorate (NVE), operating under the OED, is tasked with technical and administrative management of water resources in relation to hydropower. NVE issues licenses for hydropower plant construction, manages flood risks, regulates watercourses, and assesses the risks associated with hydraulic structures. Additionally, NVE contributes to the implementation of integrated river basin management plans, working alongside other institutions to maintain a balance between energy production and environmental protection.

6. The Geological Survey of Norway (NGU) carries out scientific research in the fields of geology and hydrogeology. Its role is to provide reliable data on groundwater reserves, geomorphological conditions, soil vulnerability to pollution, and environmental changes related to climate change. NGU supplies critical information for decision-making in water protection, especially in rural areas and regions with potential industrial impact.

In conclusion, water management authorities in Norway operate as components of a unified integrated system (Table 1). The MOE provides strategic leadership; DN and SFT implement policies in nature conservation and pollution control; OED and NVE oversee the technical and energy-related aspects of water use; NGU supports data management and scientific analysis. This functional division ensures the effective consideration of all aspects of water resources management – from ecological to economic [5].

Conclusions. Norway's experience in water resources management under climate change conditions demonstrates a high level of adaptability, inter-agency coordination, and science-based decision-making. The comprehensive model of integrated water management, built on close cooperation between environmental,

energy, scientific, and administrative bodies, enables the country to effectively respond to contemporary challenges. These include increasing flood intensity, reduced water availability in certain regions, and shifts in hydrological regimes.

Table 1. Comparative table of functions of key institutions in Integrated Water Resources Management in Norway

Institution	Main role	Key features	Features of the activity	Cooperation with other bodies
Ministry of the Environment (MOE)	Environmental policy formation	• Strategy development • Inter-agency coordination • Implementation of international obligations	Centralized planning of environmental policy, particularly in the water sector	Coordinates plans with DN, SFT, OED; coordinates implementation of the Water Framework Directive
Directorate for Nature Management (DN)	Implementation of nature preservation policy	• Ecological expertise • Identification of protected areas • Biodiversity conservation	Focus on field research and ecosystem protection	In collaboration with the MOE, defines security zones; transmits data to the SFT
Norwegian Pollution Control Authority (SFT)	Environmental quality control	• Issuance of discharge permits • Environmental monitoring • Implementation of water quality standards	Performs supervisory and regulatory functions in the water sector	Exchanges data with DN, negotiates permissions with NVE and MOE
Ministry of Petroleum and Energy (OED)	Hydropower Development Strategy	• Water use planning for energy • Energy project approval • Environmental impact monitoring	Represents the interests of the energy sector in water management	Coordinates projects with NVE; takes into account environmental requirements of MOE and SFT
Water Resources and Energy Directorate (NVE)	Technical management of water resources	• Hydropower Plant Licensing • Flood Protection • Basin Management Planning	Practical implementation of water management solutions	Works under the direction of OED; coordinates with MOE, SFT, DN
The Geological Survey of Norway (NGU)	Geoinformation support	• Groundwater Reserve Assessment • Geomonitoring • Hydrogeological Surveys	Provides scientific data for management decisions	Transmits the results of studies to MOE, SFT, NVE

Key factors contributing to this effectiveness include the clear division of responsibilities among institutions (MOE, DN, SFT, OED, NVE, NGU), transparent decision-making procedures, and a strong focus on scientific data and long-term planning. Noteworthy elements also include the practical implementation of the river basin management principle, active public participation in environmental monitoring, and open access to information.

Norway's experience can serve as a benchmark for countries aiming to reform their water governance systems in line with the principles of sustainable development and climate adaptation. This approach not only helps preserve ecological balance but also ensures reliable water supply, energy security, and protection of the population from the adverse impacts of climate change.

ДОСВІД УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ПРИКЛАДІ НОРВЕГІЇ

*Бреус Д. С. – к.с.-г.н., доцент кафедри екології та сталого розвитку
імені професора Ю.В. Пилипенка,
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
breusd87@gmail.com*

Кліматичні зміни в Норвегії відбуваються поступово, але їхні наслідки стають дедалі помітнішими. Спостерігається стабільне зростання середніх температур, збільшення обсягу річних опадів і обсягу стоку з територій, а також посилення екстремальних метеорологічних явищ. У регіонах країни фіксуються більш інтенсивні зливи, які проявляються частіше, ніж раніше, що безпосередньо впливає на гідрологічний режим і умови формування поверхневого стоку. Ці зміни клімату викликають занепокоєння через їхній вплив на джерела прісної води, оскільки саме під час періодів інтенсивних опадів спостерігається підвищення рівнів бактеріального забруднення, збільшення каламутності води та посилення кольоровості, що свідчить про підвищення концентрацій органічних речовин і частинок у воді.

В умовах зростання кліматичних ризиків постає необхідність ретельного регіонального аналізу впливу цих змін на якість води. Такий аналіз є основою для своєчасної модернізації водоочисних споруд, оскільки підвищення навантаження на системи фільтрації й знезараження води може поставити під загрозу їхню ефективність, особливо в менших населених пунктах. Очікується, що до кінця ХХІ століття ситуація ускладниться: прогнозується подальше збільшення кількості домішок у воді, які пов'язані з ерозією ґрунту, стоком із сільськогосподарських угідь та урбанізованих територій.

Згідно з результатами кліматичних досліджень, підвищення температури повітря, зокрема в поєднанні зі змінами структури опадів, матиме значний вплив на гідрологічні процеси [1]. Очікується, що опади в Норвегії набудуть переважно зливого характеру, стаючи частішими й потужнішими [3]. Це створюватиме нові виклики для систем водопостачання, зокрема щодо забезпечення стабільної якості питної води. Вже зараз у Норвегії спостерігається зростання середньорічної температури приблизно на один градус Цельсія з початку ХХ століття [1]. Така тенденція супроводжується зміщенням сезонних меж сніготанення, збільшенням зимового й весняного стоку та змінами у кількості та розподілі опадів. Особливо помітне зростання кількості опадів сталося після 1970-х років і становило приблизно 18 % порівняно з початковими значеннями.

Ключові слова: зміна клімату, якість питної води, Норвегія, опади, стік.

REFERENCES

1. Hanssen-Bauer I., Førland E. J., Haddeland I., Hisdal H., Mayer S., Nesje A., Nilsen J. E. Ø., Sandven S., Sandø A. B., Sorteberg A. & Ådlandsvik B. (2017). Climate in Norway 2100. A Knowledge Base for Climate Adaptation, NCCS Report 1, Norwegian Centre for Climate Services, Oslo.
2. Lars Grinde, Hanne Heiberg, Jostein Mamen, Reidun Gangstø Skaland, Helga Therese Tilley Tajet, Ketil Tunheim, Signe Aaboe. (2022). Været i Norge. Klimatologisk oversikt, Året 2022. ISSN 1894-759X.
3. Lawrence D. (2020). Uncertainty introduced by flood frequency analysis in projections for changes in flood magnitudes under a future climate in Norway. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 28: 100675. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100675>.
4. Meehl G. A., Stocker T. F., Collins W. D., Friedlingstein P., Gaye A. T., Gregory J. M., Kitoh A., Knutti R., Murphy J. M., Noda A., Raper S. C. B., Watterson I. G., Weaver A. J., Zhao Z.-C. (2007). Global climate projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M. & Miller H. L., eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
5. Norwegian environmental assistance: Environment and water resources management. The Norwegian Way. Section for Global Cooperation Department for International Cooperation. 2002. ISBN 82-457-0362-1.
6. Sorteberg A., Lawrence D., Dyrørdal A. V., Mayer S. & Engeland K. (2018). Climatic Changes in Short Duration Extreme Precipitation and Rapid Onset Flooding – Implications for Design Values. NCCS Report 1. Norwegian Centre for Climate Services, Oslo.

УДК 504.06

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.15>

СТАЛИЙ РОЗВИТОК ВОДНИХ ЛАНДШАФТІВ: ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОСИСТЕМИ РІЧКИ ДЕСНА

Бузіна І. М. – к. с.-г. н., доцент,

Головань Л. В. – к. с.-г. н., доцент,

Чуприна Ю. Ю. – PhD з екології, доцент,
Державний біотехнологічний університет,
nezabudka120187@gmail.com

У статті представлено екологічну оцінку впливу діяльності КП «Чернігів-водоканал» на довкілля. Проаналізовано основні джерела забруднення водних ресурсів, особливості водовідведення та очищення стічних вод, а також ефективність екологічних заходів. Розглянуто нормативно-правове регулювання діяльності водоканалів та відповідність технологій очищення чинним стандартам. Виявлено основні проблеми, пов'язані з впливом підприємства на водні об'єкти, зокрема забруднення органічними речовинами, азотними та фосфорними сполуками, а також важкими металами.

Особливу увагу приділено аналізу ефективності сучасних методів очищення стічних вод та їх впливу на екологічний стан річки Десна. Встановлено, що викиди підприємства спричиняють погіршення якості води, що проявляється у зміні хімічного складу, зниженні рівня кисню та евтрофікації водойми. Проведено оцінку можливих ризиків для водних екосистем та здоров'я населення. Досліджено динаміку забруднення річки протягом останніх років та визначено ключові тенденції змін у складі води.

У статті розглянуто сучасні світові практики мінімізації впливу водоканалів на довкілля та можливості їх впровадження в Україні. Окремо приділено увагу впливу кліматичних змін на стан водних ресурсів, а також можливим адаптаційним заходам для зменшення негативних наслідків антропогенного впливу. Запропоновано рекомендації щодо модернізації систем очищення, впровадження інноваційних технологій знезараження, покращення моніторингу якості води та створення ефективних механізмів екологічного менеджменту. Вказано на необхідність посилення державного контролю за діяльністю водоканалів, розробки екологічних програм з метою зниження впливу на довкілля, а також розширення міжнародного співробітництва у сфері збереження водних ресурсів.

Ключові слова: екологічна оцінка, водопостачання, водовідведення, стічні води, забруднення, моніторинг довкілля, екологічна безпека.

Актуальність проблеми. Проблема забруднення водних ресурсів є однією з найактуальніших у сучасній екології. Водоканали відіграють ключову роль у забезпеченні населення питною водою, проте їх діяльність супроводжується утворенням стічних вод, які можуть негативно впливати на стан навколишнього середовища. КП «Чернігівводоканал» є основним підприємством водопостачання та водовідведення в Чернігівській області, що здійснює забір, очищення та транспортування води до споживачів.

Постановка завдання. Вивчення змін, що відбулися в екосистемі річки Десна внаслідок урбанізації. Дослідження екологічного стану річки Десна на основі даних моніторингу води. Оцінка можливих заходів для покращення стану водних ресурсів і екосистеми річки Десна.

Аналіз останніх досліджень і публікацій щодо впливу урбанізованого середовища на водну систему річки Десна виявляє значні екологічні виклики. Зокрема, дослідження гідрохімічного стану в Чернігові показали перевищення гранично допустимих концентрацій заліза, мангану, нітритів та органічних речовин, що пов'язано з антропогенним навантаженням [6]. Інше дослідження вказує на забруднення річки хімічними сполуками через скиди стічних вод промислових підприємств, що призводить до деградації водної екосистеми [8]. Ці дані підкреслюють необхідність комплексного підходу до моніторингу та управління водними ресурсами річки Десна для мінімізації негативного впливу урбанізації.

Матеріали і методи дослідження. У роботі використані методи екологічного моніторингу, статистичного аналізу, оцінки рівня забруднення та нормативно-правового аналізу. Джерелами інформації є звіти КП «Чернігівводоканал», дані екологічного моніторингу Чернігівської області, наукові статті та нормативно-правові акти.

Результати дослідження. Діяльність промислових підприємств Чернігівської області має суттєвий вплив на якісний стан водних об'єктів, зокрема річки Десна. Основними джерелами забруднення є підприємства водопостачання та водовідведення, харчової, хімічної, машинобудівної та будівельної промисловості, що скидають у водойми значну кількість органічних і неорганічних забруднюючих речовин. Одним із ключових забруднювачів є КП «Чернігівводоканал», яке здійснює водозабір, очистку та транспортування води. Водночас воно є джерелом скидання недостатньо очищених стічних вод, що містять органічні речовини, азотні та фосфорні сполуки, а також важкі метали. Діяльність Чернігівської ТЕЦ також спричиняє негативний вплив, оскільки її стоки можуть містити залишки вуглецю, феноли та інші токсичні сполуки [3].

Загалом, промислове навантаження на річку Десна проявляється у хімічному, біогенному, органічному та фізичному забрудненні, що спричиняє деградацію водних екосистем. Хімічні викиди накопичуються у воді

та донних відкладеннях, що негативно впливає на живі організми та якість води. Органічне забруднення призводить до зниження рівня кисню та може викликати масові замори риби. Надлишковий вміст фосфатів та азотних сполук стимулює процеси цвітіння води, що спричиняє евтрофікацію та подальше погіршення стану річки. Діяльність підприємств також змінює фізичні характеристики водойми, оскільки у воду потрапляють тверді частинки, які можуть змінювати русло та гідрологічний режим (рисунк 1).

Аналізуючи вплив промислових підприємств на екосистему річки Десна, можна зробити висновок про необхідність удосконалення систем очищення стічних вод, запровадження сучасних технологій моніторингу та посилення державного контролю за дотриманням екологічних стандартів. Важливим завданням є розробка стратегій мінімізації негативного впливу, впровадження екологічно безпечних технологій та оптимізація процесів водокористування. Тільки комплексний підхід до екологічного менеджменту дозволить зберегти якість водних ресурсів та забезпечити стабільний стан екосистеми річки Десна.

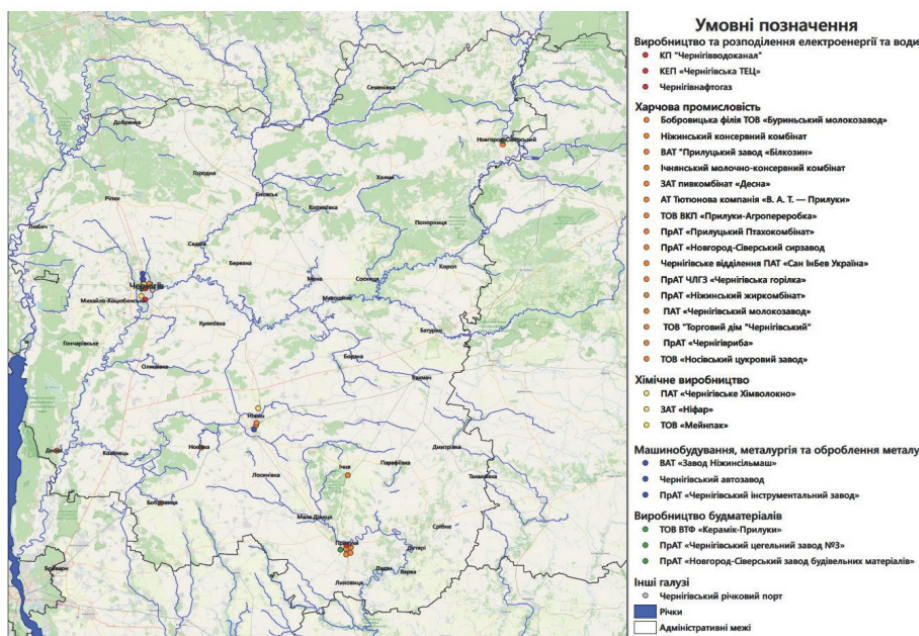


Рис. 1. Карта підприємств – потенційних забруднювачів водних об'єктів Чернівецької області [3]

Дослідження проводилось у декілька етапів. Спершу здійснено збір та аналіз літературних даних щодо стану водних ресурсів річки Десна. Далі проведено відбір проб води у різних точках річки, включаючи місця

безпосереднього скиду стічних вод. Лабораторні аналізи дозволили визначити вміст біогенних речовин, важких металів та органічних забруднень. Оцінка фізико-хімічних параметрів (рН, електропровідність, температура) допомогла встановити ступінь відхилення від нормативних показників.

Результати проведених аналізів показали, що рівень забруднення води змінюється, залежно від сезонності. У періоди підвищеного водоспоживання концентрація забруднюючих речовин зростає, особливо спостерігається перевищення нормативів за показниками біохімічного споживання кисню (БСК5) та хімічного споживання кисню (ХСК). Значний вплив на якість води мають також атмосферні опади, які сприяють змиву забруднень із поверхневих територій у водотоки (таблиця 1).

*Таблиця 1. Основні показники якості стічних вод КП
«Чернігівводоканал» [2, 11]*

Показник	Норма ГДК	Фактичні значення
БСК5 (мг/л)	15	27
ХСК (мг/л)	30	45
Азот амонійний (мг/л)	2	4.2
Фосфати (мг/л)	1.5	3.1

Моніторинг хімічного складу навколишнього середовища є важливим індикатором екологічного стану регіону. Представлена на рисунку 2 діаграма відображає динаміку змін концентрацій деяких елементів у співвідношенні до гранично допустимих концентрацій протягом 2011–2020 років. Аналіз цих даних дозволяє виявити основні тенденції забруднення, можливі джерела його походження та оцінити ефективність екологічних заходів.

Діаграма демонструє зміну концентрації певних хімічних елементів у середовищі протягом 2011–2020 років у співвідношенні до гранично допустимих концентрацій. Найвищі показники спостерігаються для заліза, що свідчить про його стабільну присутність у середовищі та ймовірне постійне джерело забруднення.

Загальний рівень забруднення має помітні піки у 2013–2014 та 2017–2018 роках, що може бути пов'язано з періодичними техногенними викидами або природними змінами. Цинк демонструє коливання, особливо у 2017–2018 роках, тоді як мідь і нерозчинні речовини залишаються на відносно низькому рівні. Після 2018 року спостерігається тенденція до зниження концентрацій, що може свідчити про покращення екологічного контролю або зміни у промислових процесах. Ці дані вказують на необхідність подальшого моніторингу для визначення довгострокових тенденцій та оцінки ефективності екологічних заходів [2, 12].

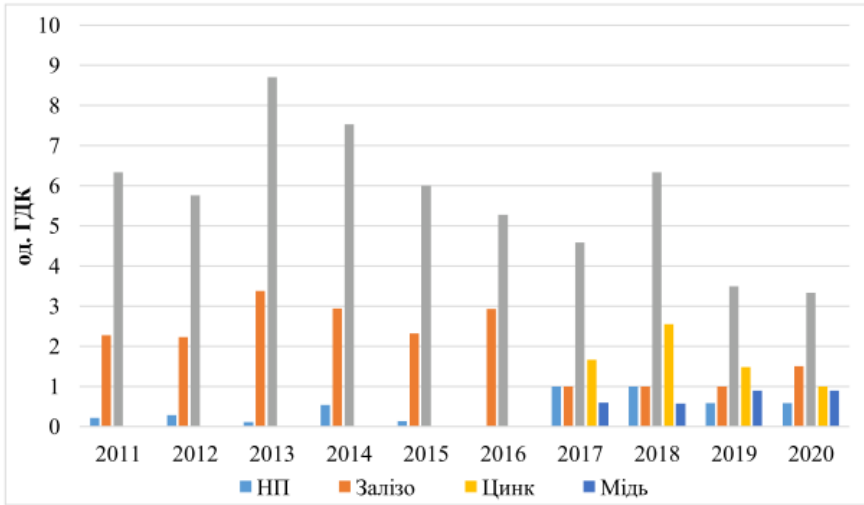


Рис. 2. Динаміка забруднення річки Десна

Ефективність очищення стічних вод. Процес очищення включає механічне, біологічне та хімічне очищення. Однак аналіз результатів свідчить, що ефективність деяких стадій є недостатньою для досягнення нормативних показників [1, 10, 13]. З метою мінімізації впливу водоканалу на екосистему річки необхідно впроваджувати сучасні методи очищення. Найбільш ефективними є мембранні технології, що дозволяють значно знизити рівень забруднюючих речовин у стічних водах. Також перспективним напрямом є використання біологічного доочищення на основі активного мулу та фітофільтрації (таблиця 2).

Таблиця 2. Інноваційні технології очищення води [5]

Технологія	Опис	Переваги
Біоінженерні системи	Використання водних рослин і мікроорганізмів для очищення води	Екологічно чисті, висока ефективність
Озонування	Застосування озону для окислення органічних та неорганічних забруднювачів	Висока ступінь очищення, відсутність залишкових хімікатів
Ультрафіолетове опромінення	Застосування УФ-ламп для знищення мікроорганізмів	Висока ефективність, швидкість процесу

Вплив на екосистему. Річка Десна є основним водним об'єктом, що приймає стічні води КП «Чернігівводоканал». Вплив кліматичних змін на екосистему річки Десна у поєднанні зі скидами стічних вод КП «Чернігівводоканал» спричиняє суттєве погіршення екологічного стану водойми. Підвищення температури води та зниження рівня річки через зміну гідрологічного режиму

посилюють концентрацію забруднювачів, зокрема важких металів, біогенних сполук (азоту і фосфору) та органічних речовин. Це призводить до зменшення концентрації розчиненого кисню, що негативно впливає на водні організми, спричиняючи загибель риби та розвиток анаеробних процесів.

Посилення процесів евтрофікації, спричинене надходженням біогенних елементів зі стічних вод, веде до масового розмноження водоростей, які після відмирання розкладаються, додатково споживаючи кисень. Це створює гіпоксичні зони, де життя водних організмів стає неможливим. Крім того, при розкладанні органіки у безкисневих умовах утворюються токсичні сполуки, такі як аміак та сірководень, які погіршують якість води [4, 7].

Зміни у гідрологічному режимі, викликані нерівномірним розподілом опадів та посухами, зменшують здатність річки до самоочищення. В періоди низької водності концентрація забруднювачів зростає, що робить воду непридатною для використання та створює загрозу для здоров'я населення. Частіші зливи та повені сприяють потраплянню у річку великої кількості забруднень з міських територій та сільськогосподарських угідь, що додатково ускладнює ситуацію [9].

Кліматичні зміни значно впливають на якість води у річці Десна, змінюючи її хімічний склад, вміст кисню та біологічний стан (таблиця 3). Зменшення рівня води та підвищення температури сприяють концентрації забруднювачів, а екстремальні погодні явища, такі як повені чи зливи, посилюють надходження антропогенних забруднень. Це вимагає адаптаційних заходів, зокрема вдосконалення систем очищення стічних вод та посиленого екологічного моніторингу.

Таблиця 3. Вплив кліматичних змін на рівень забруднення води у річці Десна

Кліматичний фактор	Вплив на річку Десна	Наслідки для якості води
Підвищення температури	Зростання випаровування, зниження рівня води	Підвищення концентрації забруднювачів через зменшення об'єму води
Зменшення опадів	Менший обсяг стоку, зменшення розведення забруднень	Підвищення концентрації хімічних речовин та органіки
Збільшення кількості злив	Посилене змивання забруднень із ґрунтів та міст	Підвищення рівня важких металів, пестицидів, нафтопродуктів
Танення снігу та повені	Потрапляння великої кількості забруднень із берегової зони	Підвищення рівня біогенних речовин (азот, фосфор), мікроорганізмів
Зменшення тривалості льодоставу	Інтенсивніше розкладання органіки взимку	Посилене споживання кисню, зниження його концентрації у воді
Зміни в гідрологічному режимі	Нерівномірний розподіл води протягом року	Коливання якості води, поява гіпоксичних зон

Для зниження негативного впливу необхідне впровадження сучасних методів очищення стічних вод, таких як мембранні технології та біологічне доочищення. Також важливо посилити екологічний моніторинг та розробити адаптаційні заходи для зменшення впливу кліматичних змін на водну екосистему річки Десна. Таким чином, результати досліджень свідчать про необхідність удосконалення системи очищення стічних вод, посилення моніторингу забруднень та впровадження адаптивних заходів для мінімізації впливу антропогенних і природних факторів на водну екосистему річки Десна.

Висновки. Дослідження впливу урбанізованого середовища на водну систему річки Десна свідчать про серйозні екологічні виклики, які виникають через антропогенне навантаження. Забруднення води хімічними сполуками, перевищення гранично допустимих норм та зниження якості водних ресурсів мають значний негативний вплив на екосистему річки. Виявлені забруднювачі, зокрема важкі метали, органічні речовини та хімічні сполуки, призводять до деградації флори та фауни. Діяльність КП «Чернігівводоканал» суттєво впливає на екологічний стан річки Десна через скидання недостатньо очищених стічних вод. Ефективність існуючих методів очищення стічних вод є недостатньою для відповідності нормативним вимогам. Рекомендується впровадження сучасних технологій очищення, зокрема мембранних методів та біологічного доочищення, запровадження комплексних заходів моніторингу водного середовища та ефективного управління водними ресурсами для мінімізації наслідків урбанізації. Це включає в себе не лише очищення стічних вод, а й впровадження сталих екологічних практик, орієнтованих на збереження природних ресурсів річки Десна.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF WATER LANDSCAPES: INNOVATIVE APPROACHES TO THE RESTORATION OF THE DESNA RIVER ECOSYSTEM

Buzina I. M. – Candidate of in Agricultural Sciences, Associate Professor,

Holovan L. V. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,

Head of the Department,

Chupryna Yu. Yu. – PhD in Ecology, Associate Professor,

State Biotechnological University,

nezabudka120187@gmail.com

The article presents an ecological assessment of the impact of the activity of the "Chernihivvodokanal" municipal enterprise on the environment. The main sources of water resource pollution, the features of wastewater treatment and sewage treatment,

as well as the effectiveness of environmental measures, are analyzed. The article examines the regulatory framework governing the activities of water supply and sewage companies and the compliance of water treatment technologies with current standards. The main problems related to the impact of the enterprise on water bodies are identified, including pollution by organic substances, nitrogen and phosphorus compounds, as well as heavy metals.

Special attention is given to the analysis of the effectiveness of modern wastewater treatment methods and their impact on the ecological state of the Desna River. It was found that the emissions from the enterprise cause deterioration in water quality, manifested in changes in the chemical composition, reduction of oxygen levels, and eutrophication of the water body. An assessment of potential risks to aquatic ecosystems and public health was conducted. The dynamics of river pollution over recent years were studied, and key trends in water composition changes were identified.

The article discusses current global practices for minimizing the environmental impact of water utilities and the potential for their implementation in Ukraine. Particular attention is paid to the impact of climate change on water resources and possible adaptation measures to reduce the negative consequences of anthropogenic influence. Recommendations are made for modernizing purification systems, implementing innovative disinfection technologies, improving water quality monitoring, and creating effective environmental management mechanisms. The article highlights the need for enhanced state control over the activities of water utilities, the development of environmental programs aimed at reducing environmental impact, and expanding international cooperation in water resource conservation.

Keywords: ecological assessment, water supply, sewage treatment, wastewater, pollution, environmental monitoring, ecological safety.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гончаренко Г. В., Чередніченко В. І. Стан водних ресурсів України: аналіз і перспективи: монографія. К.: Освіта України, 2015. 256 с.
2. Екологічний паспорт Чернігівської області 2021 року. Департамент екології та природних ресурсів Чернігівської ОДА. Чернігів: ДП «Поліграфічний комбінат», 2022. 150 с.
3. Кірейцева Г., Циганенко-Дзюбенко І., Замула І., Демчук Л. Аналіз стану та моніторинг поверхневих водних об'єктів Чернігівської області. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Екологія*. 2024. Випуск 1(144). С. 84-91.
4. Кузьменко А. В. Екологічні проблеми водних ресурсів та шляхи їх вирішення. ПНТУ, 2019. 270 с.
5. Кучеренко С. М., Куценко А. М. Методологія оцінки забруднення водних об'єктів. ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. 224 с.
6. Одноріг З. С., Пархоменко Н. С. Оцінювання гідрохімічного стану водного басейну річки Десна (місто Чернігів). URL: https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/1634?utm_source=chatgpt.com
7. Паламарчук М. М., Синельников І. В. Водні ресурси та їх охорона: монографія. Видавничий дім «Київський університет», 2020. 320 с.

8. Пертняк Є. С. Екологічна оцінка якості вод річки Десна в межах України. URL: <https://dspace.onu.edu.ua/handle/123456789/39290>
9. Питна вода України: стандарти і якість. За ред. А. В. Кузьменка. Полтавський національний технічний університет, 2018. 230 с.
10. Проблеми та перспективи забезпечення якості водних ресурсів України. За ред. І. О. Коваль. УЖНУ, 2017. 280 с.
11. Регіональна схема екологічної мережі Чернігівської області. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=22805&tp=1&pg>
12. Стандарти Європейського Союзу у сфері охорони водних ресурсів: збірник нормативних документів. Центр адаптації державної служби до стандартів ЄС, 2018. 210 с.
13. Харченко Г. П., Корнієнко Т. В. Стан водних ресурсів України: аналіз та рекомендації. ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2021. 280 с.

REFERENCES

1. Honcharenko, H. V., & Cherednichenko, V. I. (2015). *Stan vodnykh resursiv Ukrainy: analiz i perspektyvy: monohrafiia* [The state of Ukraine's water resources: analysis and prospects]. Kyiv: Osvita Ukrainy. [in Ukrainian].
2. *Ekolohichniy pasport Chernihivskoi oblasti 2021 roku* (2022). *Departament ekolohii ta pryrodnykh resursiv Chernihivskoi ODA*. [Environmental passport of the Chernihiv region for 2021]. Chernihiv: DP «Polihrafichnyi kombinat». [in Ukrainian].
3. Kireitseva, H., Tsyhanenko-Dziubenko, I., Zamula, I., & Demchuk, L. (2024). *Analiz stanu ta monitorynh poverkhnevykh vodnykh obektiv Chernihivskoi oblasti* [Analysis of the state and monitoring of surface water bodies in the Chernihiv region]. *Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho. Ekolohiya*, 1(144), 84-91. [in Ukrainian].
4. Kuzmenko, A. V. (2019). *Ekolohichni problemy vodnykh resursiv ta shliakhy yikh vyrishennia* [Environmental problems of water resources and ways to solve them]. Poltava: PNTU. [in Ukrainian].
5. Kucherenko, S. M., & Kutsenko, A. M. (2019). *Metodolohiia otsinky zabrudnennia vodnykh obektiv* [Methodology for assessing pollution of water bodies]. Kharkiv: KhNU imeni V.N. Karazina. [in Ukrainian].
6. Odnorih, Z. S., & Parkhomenko, N. S. (2018). *Otsiniuvannia hidrokhimichnogo stanu vodnoho baseinu richky Desna (misto Chernihiv)* [Assessment of the hydrochemical state of the Desna River basin (Chernihiv city)]. URL: https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/1634?utm_source=chatgpt.com [in Ukrainian].
7. Palamarchuk, M. M., & Synelnykov, I. V. (2020). *Vodni resursy ta yikh okhorona: monohrafiia* [Water resources and their protection: monograph]. Kyiv: Vydavnychy dim «Kyivskyi universytet». [in Ukrainian].

8. Pertniak, Ye. S. (2024). *Ekolohichna otsinka yakosti vod richky Desna v mezakh Ukrainy* [Environmental assessment of the quality of Desna River waters within Ukraine]. URL: <https://dspace.onu.edu.ua/handle/123456789/39290> [in Ukrainian].
9. *Pytna voda Ukrainy: standarty i yakist* (2018). [Drinking water of Ukraine: standards and quality]. By the edit. A. V. Kuzmenka. Poltava: Poltava National Technical University. [in Ukrainian].
10. *Problemy ta perspektyvy zabezpechennia yakosti vodnykh resursiv Ukrainy* (2017). [Problems and prospects for ensuring the quality of Ukraine's water resources]. By the edit. I. O. Koval. Uzhhorod: UzhNU. [in Ukrainian].
11. *Rehionalna skhema ekolohichnoi merezhi Chernihivskoi oblasti* (2024). [Regional scheme of the ecological network of the Chernihiv region]. URL: <https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=22805&tp=1&pg> [in Ukrainian].
12. *Standarty Yevropeiskoho Soiuzu u sferi okhorony vodnykh resursiv: zbirnyk normatyvnykh dokumentiv* (2018). [European Union standards in the field of water resource protection: a collection of regulatory documents]. Kyiv: Center for adaptation of the state service to EU standards. [in Ukrainian].
13. Kharchenko, H. P., & Kornienko, T. V. (2021). *Stan vodnykh resursiv Ukrainy: analiz ta rekomendatsii* [The state of Ukraine's water resources: analysis and recommendations]. Kharkiv: KhNU imeni V. N. Karazina. [in Ukrainian].

УДК 502.51:504.4 (477.54)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.16>

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДНО-БОЛОТНИХ УГІДЬ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА ЇХ РОЛЬ У ПІДТРИМЦІ БІОРІЗНОМАНІТТЯ

¹Бузіна І. М. – к. с.-г. н., доцент,

²Жолтіков В. Л. – в.о. директора,

³Новосад К. Б. – к. с.-г. н., доцент,

³Новосад О. К. – пров. фахівець,

³Кузьменко М. Є. – пров. фахівець,

²Парфененков Ю. М. – фахівець I категорії,

¹Державний біотехнологічний університет,

²Харківський регіональний центр державної установи

«Інститут охорони ґрунтів України»,

nezabudka120187@gmail.com, konstantin.novosad@gmail.com

Водно-болотні угіддя Харківської області відіграють ключову роль у підтримці екологічної рівноваги, забезпечуючи середовище існування для багатьох видів флори та фауни. Вони також виконують важливі функції у регулюванні гідрологічного балансу, очищенні води та зменшенні наслідків кліматичних змін. Проте за останні роки ці унікальні екосистеми зазнали значного впливу антропогенних факторів, включаючи сільськогосподарське освоєння, урбанізацію, промислову діяльність та військові дії. Деградація цих територій призводить до втрати біорізноманіття, змінення водного режиму та погіршення загального екологічного стану регіону.

У статті досліджується сучасний стан водно-болотних угідь Харківської області, їх роль у підтримці біорізноманіття, аналізуються основні фактори деградації та надаються рекомендації щодо їхнього збереження та відновлення. Окрему увагу приділено впливу воєнних дій, які призвели до забруднення вод, руйнування природних середовищ існування та втрати значної частини біоресурсів. Представлено аналіз статистичних даних, картографічні матеріали та результати польових досліджень.

Також розглянуто перспективи застосування комплексних підходів до відновлення цих екосистем, включаючи екологічний моніторинг, гідрологічну реабілітацію та заходи з адаптації до змін клімату. Запропоновані стратегічні заходи з відновлення включають відновлення гідрологічного режиму, контроль за забрудненням та розвиток охоронних територій. Дослідження має значну наукову і практичну цінність для екологів, природоохоронних організацій та органів державного управління. Збереження водно-болотних угідь сприятиме підвищенню екологічної стійкості регіону та покращенню умов існування численних видів тварин і рослин.

Ключові слова: водно-болотні угіддя, Харківська область, біорізноманіття, екологічний стан, військові дії, відновлення екосистем.

Актуальність проблеми. Водно-болотні угіддя (далі за текстом – ВБУ) відіграють значну роль у підтримці екологічної рівноваги, забезпечуючи середовище існування для багатьох видів флори та фауни, регулюючи гідрологічний баланс та сприяючи очищенню води. Однак, ці екосистеми перебувають під загрозою внаслідок антропогенного впливу та військових дій. Урбанізація, меліорація, промислове та сільськогосподарське використання призводять до деградації угідь, скорочення їх площі та втрати біорізноманіття. У сучасних умовах особливу небезпеку становить забруднення водно-болотних угідь внаслідок бойових дій, що спричиняє зміну хімічного складу води, руйнування природних поселень і зменшення чисельності видів, залежних від цих екосистем. Тому актуальним є вивчення сучасного стану водно-болотних угідь Харківської області, оцінка їх екологічних функцій та розробка заходів для їх збереження та відновлення.

Постановка завдання. Метою дослідження є оцінка сучасного екологічного стану водно-болотних угідь Харківської області, визначення основних загроз, аналіз впливу антропогенних та військових факторів, а також розробка заходів щодо збереження та відновлення цих екосистем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема збереження водно-болотних угідь активно досліджується як в Україні, так і за кордоном. У працях українських науковців [2, 3, 6, 7, 11] розглянуто питання змін гідрологічного режиму та втрати біорізноманіття через антропогенний вплив. У міжнародних дослідженнях [13-15] значна увага приділяється адаптації водно-болотних угідь до змін клімату та необхідності впровадження програм екологічного моніторингу. Разом з тим, питання впливу військових дій на водно-болотні екосистеми є недостатньо вивченим і потребує подальших досліджень, зокрема в контексті Харківської області.

Матеріали та методи дослідження. У даному дослідженні застосовано методи дистанційного зондування, статистичного аналізу змін водних ресурсів, картографічний аналіз та польові дослідження стану екосистем. Джерелами даних стали супутникові знімки, результати гідрологічних спостережень та зооботанічні обстеження.

Результати та їх обговорення. Харківська область розташована на вододілі двох річкових басейнів – Сіверського Дінця та Дніпра. Основні водні об'єкти області (річки, водосховища, канал), ранговані за об'ємом середньорічного стоку, представлені на карті поверхневих водних ресурсів Харківської області (рисунок 1). На карті показана межа вододілу між басейнами річок Сіверський Донець та Дніпро. Територія області рангована за модулем поверхневого стоку. Поверхневі водні ресурси Харківської області представлені річками, озерами, водосховищами, ставками та каналом Дніпро – Донбас [1].

Карта поверхневих водних ресурсів Харківської області відображає просторову неоднорідність водозабезпечення регіону, демонструючи особливості гідрографічної мережі, обсяг середньорічного стоку та модуль стоку. Найбільші обсяги середньорічного стоку, які перевищують 1500 млн м³, характерні для північної частини області, що пояснюється значною площею водозбору та гідрологічним режимом річок, що живляться атмосферними опадами та підземними водами. Території з меншими обсягами стоку, особливо в південних і південно-західних районах, зазнають більш вираженого впливу кліматичних факторів та господарської діяльності [5].

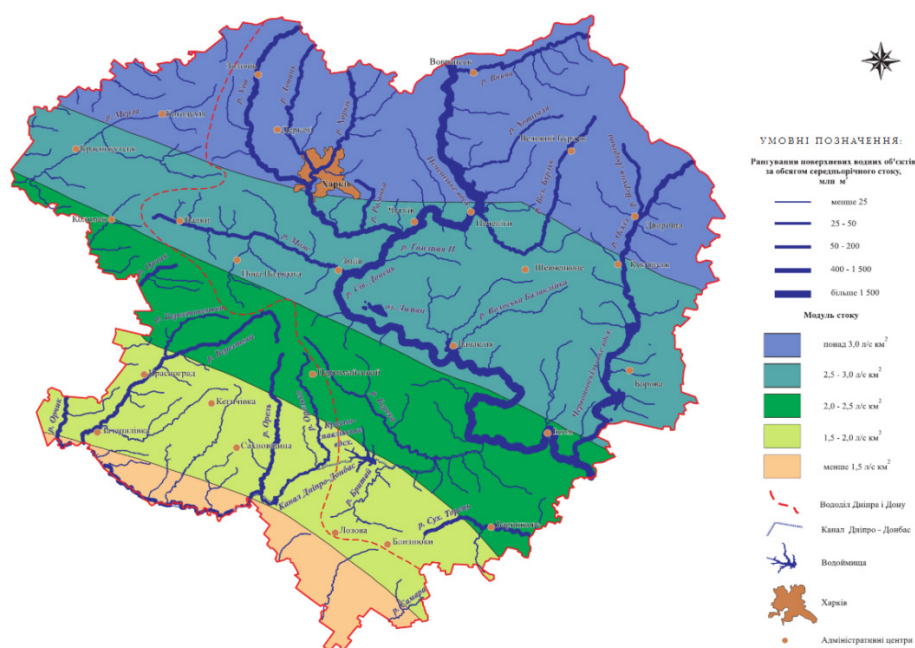


Рис. 1. Карта поверхневих водних ресурсів Харківської області [1]

Різноманітність модуля стоку свідчить про диференційовану водність території. Найвищі значення (понад 3,0 л/с/км²) спостерігаються в районах із густою річковою мережею, що є ключовими регуляторами місцевого водного балансу. Водночас у південних районах модуль стоку знижується до менш ніж 1,5 л/с/км², що відображає аридний вплив клімату та антропогенні чинники, такі як значне водоспоживання та регулювання стоку.

Стан водно-болотних угідь області тісно пов'язаний із представленими гідрологічними характеристиками. В умовах зменшення водності

річок, особливо на півдні та в центральній частині, відбувається деградація болотних екосистем, які є важливими буферами для підтримки природного водного режиму. Висушування водно-болотних угідь під впливом осушувальної меліорації та зміни русел річок призводить до втрати біорізноманіття та зниження здатності ландшафтів акумулювати вологу. Водночас у північних районах, де водозабезпеченість є вищою, такі екосистеми зберігають відносну стійкість, хоча і тут спостерігається негативний вплив гідротехнічних споруд і змін у структурі землекористування [17].

Харківська область розташована в межах Східноєвропейської рівнини, де переважають лесові та лесоподібні відклади. Ці геологічні особливості сприяють формуванню родючих ґрунтів, зокрема чорноземів, які є основою для розвитку багатой рослининості. У низинних ділянках, де відбувається накопичення вологи, формуються болотні ґрунти, багаті на органічні речовини.

Водно-болотні угіддя Харківської області відіграють важливу роль у підтримці екологічної рівноваги, забезпечуючи середовище існування для багатьох видів флори та фауни. Однак, за останні роки ці екосистеми зазнали значного антропогенного впливу, включаючи сільськогосподарське освоєння, урбанізацію, промислову діяльність та військові дії. Ці фактори призвели до деградації угідь, втрати біорізноманіття та погіршення загального екологічного стану регіону.

Сучасний стан водно-болотних угідь області викликає занепокоєння. Інтенсивна сільськогосподарська діяльність, що охоплює понад 80 % території водозбору, призводить до деградації ґрунтів та забруднення водних ресурсів. Значна частина річок області є маловодними, з низькою швидкістю течії, що підсилює їхню вразливість до антропогенного впливу.

Прикладом негативних змін є національний природний парк «Слобожанський», де спостерігається скорочення площі водного дзеркала боліт і озер, а також зміна рослинного покриву через постійне висихання боліт. Це свідчить про необхідність впровадження ефективних заходів моніторингу та охорони цих екосистем.

Водно-болотні угіддя також є місцем існування рідкісних видів рослин, таких як сальвінія плаваюча, занесена до Червоної книги України. Ці екосистеми забезпечують умови для зростання цінних лікарських, медоносних та декоративних рослин, що підкреслює їхню важливість для збереження біорізноманіття.

ВБУ області відзначаються високим флористичним різноманіттям. Тут поширені такі види, як очерет звичайний (*Phragmites australis*), рогіз широколистий (*Typha latifolia*), а також різні види осоки (*Carex spp.*). Наяв-

ність рідкісних та зникаючих видів, занесених до Червоної книги України, підкреслює цінність цих екосистем.

Фауна водно-болотних угідь є надзвичайно багатою. Ці території служать місцем гніздування для багатьох видів водоплаваючих птахів, таких як чаплі (*Ardea spp.*), кулики (*Charadriiformes*) та качки (*Anatidae*). Серед ссавців тут можна зустріти видру річкову (*Lutra lutra*) та бобра європейського (*Castor fiber*), які є індикаторами чистоти водних екосистем.

Ландшафтне різноманіття водно-болотних угідь включає мозаїку відкритих водних просторів, заростей гідрофітної рослинності та лісових масивів. Ця структурна різноманітність створює умови для існування різних екологічних ніш, що сприяє високому рівню біорізноманіття [4].

Таким чином, геологічна будова визначає рельєф та ґрунтовий покрив, що впливає на гідрологічні умови території. Наявність водних ресурсів формує специфічні умови для розвитку гідрофільної рослинності, яка, у свою чергу, забезпечує середовище існування для багатьох видів тварин. Такий комплексний взаємозв'язок компонентів забезпечує стабільність екосистем та підтримує їхню високу продуктивність. Саме тому, водно-болотні угіддя Харківської області є результатом тісної взаємодії геологічних, гідрологічних та біотичних факторів. Їхнє збереження є критично важливим для підтримки біорізноманіття та екологічної стійкості регіону.

Військові дії на території Харківської області суттєво вплинули на стан ВБУ, що, у свою чергу, негативно позначилося на біорізноманітті регіону.

Рух важкої військової техніки та вибухи призводять до руйнування ґрунтового покриву, утворення вирв і ущільнення ґрунтів. Це спричиняє ерозію, зниження родючості та порушення структури ґрунтів, що негативно впливає на рослинність та загальний екологічний баланс. Бойові дії призводять до забруднення водних об'єктів через потрапляння отруйних хімічних речовин від детонації боєприпасів, затоплення військової техніки та пошкодження інфраструктури, такої як дамби та насосні станції. Це погіршує якість води, що негативно впливає на водну флору та фауну. Вибухи та переміщення військової техніки призводять до руйнування рослинного покриву, знищення лісів та інших природних насаджень. Це створює сприятливі умови для поширення інвазійних видів, що може зменшити біорізноманіття [9, 10].

Вибухи та пересування техніки змінюють ландшафт, утворюючи вирви та руйнуючи природні структури. Це призводить до втрати середовищ існування для багатьох видів та знижує екологічну стійкість регіону, що представлено в таблиці 1 [12, 16].

Таблиця 1. Зникнення видів флори та фауни

Вид	Категорія	Статус до 2022 р.	Статус після 2022 р.
Сальвінія плаваюча	Рослина	Рідкісний	Зникаючий
Видра річкова	Ссавець	Поширений	Рідкісний
Болотна черепаха	Рептилія	Рідкісний	Зникаючий
Чапля сіра	Птах	Поширений	Менш поширений

Таблиця демонструє суттєве скорочення популяцій деяких представників флори та фауни у водно-болотних угіддях Харківської області після 2022 року.

Сальвінія плаваюча (рідкісна рослина) – її статус змінився з *рідкісного* на *зникаючий*. Це свідчить про серйозну загрозу для її існування, що може бути пов’язано з деградацією водного середовища, зміною хімічного складу води та осушенням болотних територій.

Видра річкова – зі *звичайного* виду вона перейшла до *рідкісного*, що вказує на зменшення її популяції. Це може бути пов’язано з порушенням гідрологічного режиму, зменшенням кормової бази та прямим антропогенним впливом, включаючи військові дії.

Болотна черепаха – з *рідкісного* виду вона стала *зникаючим*, що є тривожним сигналом для збереження цього представника рептилій. Ймовірно, це пов’язано з руйнуванням природного середовища, забрудненням вод та підвищеною хімічною токсичністю водно-болотних екосистем.

Чапля сіра – хоча вона залишилася в регіоні, її статус змінився з *поширеного* на *менш поширений*. Це може свідчити про зміну умов гніздування, зменшення кількості риби у водоймах та зростання загроз через безпосереднє порушення природних екосистем.

Негативний вплив військових дій на всі компоненти екосистеми водно-болотних угідь призводить до значного зниження біорізноманіття (рисунок 2). Знищення рослинності, забруднення води та ґрунтів, загибель тварин і зміна ландшафтів створюють умови, несприятливі для відновлення екосистем. Це може мати довгострокові наслідки для екологічної рівноваги та стійкості природних систем Харківської області.

Таким чином, військові дії мають руйнівний вплив на водно-болотні угіддя Харківської області, що призводить до деградації екосистем та втрати біорізноманіття. Необхідні невідкладні заходи для відновлення та захисту цих унікальних природних комплексів.

Для забезпечення сталого функціонування водно-болотних угідь Харківської області необхідно впроваджувати комплексні заходи з охорони та відновлення цих екосистем.

Це включає зменшення антропогенного навантаження, впровадження сталих практик землекористування та постійний екологічний моніторинг. Тільки таким чином можна забезпечити збереження біорізноманіття та екологічної рівноваги в регіоні.

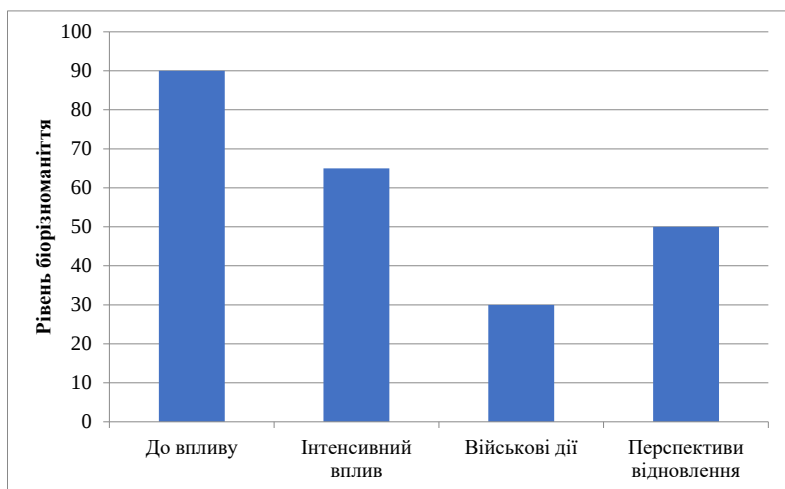


Рис. 2. Зміни біорізноманіття водно-болотних угідь Харківської області

Рекомендації щодо збереження та відновлення водно-болотних угідь. Для покращення стану водно-болотних угідь Харківської області рекомендується:

1. Відновлення гідрологічного режиму: забезпечення природного водообміну та підтримка необхідного рівня води в угіддях.
2. Контроль за забрудненням: впровадження систем моніторингу якості води та заходів щодо зменшення викидів забруднюючих речовин.
3. Розвиток охоронних територій: створення нових та розширення існуючих природоохоронних зон для забезпечення збереження біорізноманіття.
4. Екологічний моніторинг: регулярне проведення досліджень стану екосистем для своєчасного виявлення негативних тенденцій та прийняття відповідних заходів.

Збереження та відновлення водно-болотних угідь є ключовими для забезпечення екологічної стійкості Харківської області та покращення умов існування численних видів тварин і рослин [8].

В умовах військових дій та їхніх наслідків для природного середовища особливої актуальності набуває розробка комплексних заходів з відновлення екосистем водно-болотних угідь Харківської області. Для цього необхідно застосовувати міждисциплінарний підхід, що враховує екологічні, соціальні та економічні аспекти.

1. Моніторинг та оцінка екологічного стану. Для ефективного планування відновлювальних заходів першочерговим завданням є проведення ґрунтового екологічного моніторингу. Це включає:

– картографічне та дистанційне зондування територій, що зазнали руйнувань.

- гідрологічний аналіз якості води, змін рівня ґрунтових вод і стану водоносних горизонтів.

- оцінку ґрунтового покриву, визначення рівня забруднення важкими металами, залишками вибухових речовин і токсикантами.

- моніторинг флори і фауни з фіксацією видів, що зникли або знаходяться на межі виживання.

2. Очищення та відновлення водно-болотних екосистем. Забруднення водойм токсичними речовинами, руйнування природних гідрологічних зв'язків та деградація біотопів потребують заходів екологічної реабілітації:

- механічне очищення водних об'єктів від уламків, залишків техніки, боєприпасів та інших небезпечних матеріалів.

- біоремедіація – використання природних методів фільтрації, таких як висадка гідрофітних рослин (очерет, рогіз), які здатні поглинати забруднювачі.

- відновлення водного балансу шляхом розчищення та відновлення заплавних територій, русел річок, стариць і боліт.

3. Відновлення рослинного покриву та біорізноманіття. Після військових дій значні території зазнають повної деградації, тому необхідні заходи з відновлення екосистем:

- лісовідновлення та заліснення прилеглих територій для стабілізації ґрунтів і захисту водно-болотних угідь.

- інтродукція рідкісних і зникаючих видів рослин, характерних для болотних екосистем, які були втрачені внаслідок бойових дій.

- створення заказників та охоронних зон для збереження популяцій водоплавних птахів і інших рідкісних видів.

4. Реабілітація фауни та збереження ключових видів. Для зменшення втрат біорізноманіття необхідно:

- розширити програми з розведення та реінтродукції видів у природне середовище, включаючи занесених до Червоної книги України.

- забезпечити контроль за браконьєрством та незаконним використанням ресурсів ВБУ в умовах нестабільності.

- розробити програми адаптації та переміщення видів, що не можуть самостійно відновити свої популяції.

5. Відновлення сталого природокористування та інтеграція місцевих громад. Залучення місцевого населення є важливим для успішного відновлення ВБУ. Для цього потрібно:

- розвиток екологічного туризму, створення еколого-просвітницьких маршрутів, що сприятиме фінансовій підтримці природоохоронних ініціатив.

- екологічна освіта та популяризація знань про значення ВБУ серед місцевих жителів, школярів і студентів.

- фінансування природоохоронних ініціатив через міжнародні гранти, державні програми та благодійні фонди.

6. Законодавче регулювання та міжнародна підтримка. Розширення природоохоронного статусу ВБУ, внесення нових об'єктів до списку Рамсарської конвенції:

– контроль за виконанням екологічних норм, особливо щодо заборони господарської діяльності, що може загрожувати відновленню екосистем.

– залучення міжнародних організацій для фінансування та технічної підтримки відновлення ВБУ.

Висновок. Військові дії на території Харківської області спричинили значні трансформаційні процеси у водно-болотних угіддях, що проявляється у деградації гідрологічного режиму, забрудненні водних ресурсів, руйнуванні ґрунтового покриву та втраті біорізноманіття. Порушення природного балансу цих екосистем призвело до зміни структури популяцій флори і фауни, зникнення рідкісних видів та поширення інвазійних організмів. Водно-болотні угіддя виконують критичні екосистемні функції, зокрема регулювання водного балансу, фільтрацію забруднювачів та підтримку стійкості природних ландшафтів. Їхня деградація негативно впливає не лише на довкілля, а й на місцеві громади, що залежать від природних ресурсів. Відновлення цих територій потребує комплексного підходу, який включає екологічний моніторинг, ремедіацію ґрунтів і води, відновлення біотопів та адаптаційні стратегії управління. Лише поєднання науково обґрунтованих методів із міжнародною підтримкою та інтеграцією сталого природокористування забезпечить довготривалу екологічну рівновагу та запобігатиме подальшій втраті біорізноманіття.

ECOLOGICAL STATE OF WETLANDS IN KHARKIV REGION AND THEIR ROLE IN BIODIVERSITY CONSERVATION

¹*Buzina I. M. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,*

²*Zholtikov V. L. – Acting Director,*

²*Novosad K. B. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,*

²*Novosad O. K. – Leading Specialist,*

²*Kuzmenko M. Ye. – Leading Specialist,*

²*Parfenenkov Yu. M. – Category I Specialist,*

¹*State Biotechnological University,*

²*Kharkiv Regional Center of the State Institution "Institute for Soil Protection of Ukraine",
nezabudka120187@gmail.com, konstantin.novosad@gmail.com*

The wetlands of the Kharkiv region play a crucial role in maintaining ecological balance by providing habitats for numerous species of flora and fauna. They also perform essential functions in regulating the hydrological balance, purifying water, and mitigating the effects of climate change. However, in recent years, these unique ecosystems have

been significantly impacted by anthropogenic factors, including agricultural expansion, urbanization, industrial activities, and military actions. The degradation of these areas leads to biodiversity loss, alterations in the water regime, and a general deterioration of the region's ecological condition.

This article examines the current state of the wetlands in the Kharkiv region, their role in biodiversity conservation, analyzes the key factors of degradation, and provides recommendations for their preservation and restoration. Special attention is given to the impact of military actions, which have resulted in water pollution, the destruction of natural habitats, and the loss of significant biological resources. The study presents an analysis of statistical data, cartographic materials, and the results of field research.

The prospects of applying integrated approaches to the restoration of these ecosystems are also considered, including ecological monitoring, hydrological rehabilitation, and adaptation measures to climate change. Proposed strategic restoration measures include the recovery of the hydrological regime, pollution control, and the development of protected areas. This research holds significant scientific and practical value for ecologists, environmental organizations, and government authorities. The conservation of wetlands will contribute to enhancing the region's ecological resilience and improving the living conditions of numerous animal and plant species.

Keywords: wetlands, Kharkiv region, biodiversity, ecological state, military actions, ecosystem restoration.

ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічний атлас Харківської області. 2008 р. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads>
2. Дослідження водних об'єктів та водно-болотних угідь Люботина. URL: <https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2024/03/Дослідження-водних-об'єктів-та-водно-болотних-угідь-Люботина.pdf>
3. Гайдріх І. М., Клімов О. В., Клімов Д. О. Водно-болотні комплекси Харківської області. URL: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/>
4. Сніжко С., Шевченко О., Дідовець Ю. Аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси України (повний звіт за результатами проекту). Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2021, 68 с.
5. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2023 році. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/>
6. Екологія водно-болотних угідь і торфовищ (збірник наукових статей): матеріали Міжнар. наук.-практ.конф. «Методи і технології стратегічного планування розвитку територій. Розвиток системи управління водно-болотних угідь міжнародного значення в Україні». Гол. ред. Коніщук В. В.. Київ: ДІА, 2013. 300 с.
7. Нікітченко І. В., Прокопенко Н. Ю., Шведчикова І. О. Вплив військових конфліктів на навколишнє середовище та екологію. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/84593128.pdf>
8. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Екологічна безпека». Національна рада з відновлення України від наслідків війни. 2022. 108 с.

9. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Екодія. URL: <https://ecoaction.org.ua/>
10. Державний контроль за станом довкілля під час війни. 2022. Електронний ресурс. URL: <http://epl.org.ua/>
11. Строкаль В. П., Бережнюк Є. М., Наумовська О. І. Вплив російської агресії на стан природних ресурсів України: монографія. За заг. ред. В. П. Строкаль. Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2023. 218 с.
12. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К. та ін. Наслідки для довкілля війни росії проти України. Електронне науково-популярне видання. URL: <https://cleanair.org.ua/2022>. 84 с.
13. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A., Khilchevskiy, V., De Meester, L., Stepanenko, S., & Gleick, P. Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature Sustainability*, 6(5), 2023, 578–586. URL: <https://www.nature.com/articles/s41893-023-01068-x>
14. Khilchevskiy V. K. Water and armed conflicts – classification features: in the world and in Ukraine. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 1(63), 2022, 6–19. URL: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.1.1>
15. Українські водні питання в умовах воєнного стану. URL: <https://www.irf.ua/ukrayinskivodni-pytannya-v-umovah-voennogo-stanu-statya/>
16. Сіверський Донець під час війни. Чи загрожує екологічна катастрофа головній водній артерії сходу України? URL: <https://v-variant.com.ua/article/siversky-donets-i-viyna/>
17. Річки України. Гідрологічне районування України. Басейни річок: р. Сіверський Донець. Проект «Природа України». URL: <https://river.land.kiev.ua/severskydonets.html>

REFERENCES

1. *Ekolohichniy atlas Kharkivskoi oblasti* (2008). [Ecological atlas of Kharkiv region]. Kharkiv. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads> [in Ukrainian].
2. *Doslidzhennia vodnykh ob'ektiv ta vodno-bolotnykh uhid Lyubotyina* (2024). [Research of water bodies and wetlands of Lyubotyyn]. URL: <https://zerowastekharkiv.org.ua/wp-content/uploads/2024/03/Дослідження-водних-об'єктів-та-водно-болотних-угідь-Люботина.pdf> [in Ukrainian].
3. Haidrikh, I. M., Klimov, O. V., Klimov, D. O. (2014). *Vodno-bolotni kompleksi Kharkivskoi oblasti* [Wetland complexes of the Kharkiv region]. URL: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/> [in Ukrainian].
4. Snizhko, S., Shevchenko, O., Didovets, Yu. (2021). *Analiz vplyvu klimatychnykh zmin na vodni resursy Ukrainy (povnyi zvit za rezultaty proektu)* [Analysis of climate change impact on Ukraine's water resources (full project report)]. Kyiv: Tsentr ekolohichnykh initsiatyv «Ekodiya». [in Ukrainian].
5. *Dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Kharkivskii oblasti u 2023 rotsi* (2024). [Report on the state of the environment in the Kharkiv region in 2023]. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/> [in Ukrainian].

6. *Ekolohiya vodno-bolotnykh uhid i torfovysch* (2013). [Ecology of wetlands and peatlands: collection of scientific articles]. Ed. V. V. Konishchuk. Kyiv: DIA. [in Ukrainian].
7. Nikitchenko, I. V., Prokopenko, N. Yu., Shvedchikova, I. O. (2024). *Vplyv viiskovykh konfliktiv na navkolyshnie seredovyshche ta ekolohiiu* [Impact of military conflicts on the environment and ecology]. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/84593128.pdf> [in Ukrainian].
8. *Proekt Planu vidnovlennia Ukrainy* (2022). [Ukraine Recovery Plan Project]. Materials of the working group «Environmental Safety». National Council for the Recovery of Ukraine from the Consequences of the War. [in Ukrainian].
9. *Ministerstvo zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. Ekodiia* [Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. Ecoaction]. URL: <https://ecoaction.org.ua/> [in Ukrainian].
10. *Derzhavnyi kontrol za stanom dovkillia pid chas viiny* (2022). [State control over the state of the environment during the war]. URL: <http://epl.org.ua/> [in Ukrainian].
11. Stokal, V. P., Berezhniak, Ye. M., Naumovska, O. I. (2023). *Vplyv rosiiskoi ahresii na stan pryrodnykh resursiv Ukrainy: monohrafiia* [Impact of Russian aggression on the state of Ukraine's natural resources: monograph]. Kyiv: Vydavnychiy tsentr NUBiP Ukrainy. [in Ukrainian].
12. Anhurets, O., Khazan, P., Kolesnikova, K. et al. (2022). *Naslidky dlia dovkillia viiny Rosii proty Ukrainy* [Environmental consequences of Russia's war against Ukraine]. Electronic popular science publication. URL: <https://cleanair.org.ua/> [in Ukrainian].
13. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A., Khilchevskiy, V., De Meester, L., Stepanenko, S., & Gleick, P. (2023). Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. *Nature Sustainability*, 6(5):578-586. URL: <https://www.nature.com/articles/s41893-023-01068-x>
14. Khilchevskiy, V. K. (2022). Water and armed conflicts – classification features: in the world and in Ukraine. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*, 1(63):6-19. URL: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.1.1>
15. *Ukrainski vodni pytannia v umovakh voiennoho stanu* (2022). [Ukrainian water issues under martial law]. International Renaissance Foundation. URL: <https://www.irf.ua/ukrayinskivodni-pytannya-v-umovah-voyennogo-stanu-stattya/> [in Ukrainian].
16. *Siverskyi Donets pid chas viiny* (2023). [The Siverskyi Donets during the war]. East Variant News. URL: <https://v-variant.com.ua/article/siverskyi-donets-i-viyna/> [in Ukrainian].
17. *Richky Ukrainy. Hidrolohichne raionuvannia Ukrainy. Baseiny richok: r. Siverskyi Donets* (2024). [Rivers of Ukraine. Hydrological zoning of Ukraine. River basins: Siverskyi Donets River]. Project «Nature of Ukraine». URL: <https://river.land.kiev.ua/severskydonets.html> [in Ukrainian].

UDC 574.58:639.3(282.247.32)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.17>

BIOLOGICAL PRODUCTIVITY AND ECOLOGICAL OPTIMIZATION OF FISHERIES USE OF LAKE KAGUL

Burhaz M. I. – PhD in Biology, Associate Professor,

Katynska I. V. – PhD in Geography, Associate Professor,

Burhaz O. A. – PhD in Geography, Associate Professor,

I.I. Mechnikov Odesa National University,

marynaburhaz@gmail.com, irynakatynska7@gmail.com, alexburgaz84@gmail.com

This article presents a comprehensive study of the biological productivity of Lake Kagul (Odesa Region) as an object of fisheries utilization within the framework of a natural eutrophic ecosystem. The relevance of the issue lies in the need to optimize fisheries activities under conditions of increasing anthropogenic pressure and climatic fluctuations, which significantly affect the structural and functional state of the aquatic ecosystem. The research evaluates the natural food base (phyto- and zooplankton), analyzes the species composition of commercial fish, examines catch dynamics, stocking efficiency, and the influence of both natural and anthropogenic factors on the productivity of the lake. Particular attention is paid to the practical experience of local fisheries, including the dynamics of post-stocking commercial return, the results of applied biotechnological measures, and the organizational models of management.

Modern approaches to fisheries intensification are discussed, taking into account ecological risks such as eutrophication, the spread of invasive species, and the degradation of natural spawning habitats. A list of technical, biotechnical, and organizational solutions is provided, aimed at increasing fish productivity while preserving biodiversity. Conceptual foundations for sustainable aquatic resource management are proposed based on ecosystem and adaptive approaches. The prospects for the development of fisheries on Lake Kagul are outlined, with emphasis on the implementation of systematic ecological monitoring, improvement of stocking schemes, and the formation of a coordinated management model involving scientists, resource users, and regional authorities.

Keywords: Lake Kagul, fisheries use, biological productivity, fish stocking, ecological risks, sustainable development, biodiversity, hydroecological monitoring.

Problem statement. Lake Kagul is a strategically important component of the Lower Danube aquatic system. Under conditions of increasing anthropogenic load, climate change, and unstable hydrological regimes, there arises the urgent need to optimize fisheries use without disrupting the ecological balance of the lake.

Analysis of recent research and publications. Issues of fish productivity in deltaic water bodies are covered in the works of both Ukrainian and international researchers [1, 2, 5, 8]. However, most of the literature focuses on specific aspects of hydroecology or biotechnological regulation, lacking an

integrated assessment of water bodies as fisheries systems within a sustainable management framework.

Objective. The aim of the study is to justify approaches to optimizing the fisheries use of Lake Kagul by evaluating its biological productivity, ecological status, and the effectiveness of applied management practices. The main objectives include analyzing the natural food base, assessing the structure of the ichthyofauna, studying stocking and harvesting practices, identifying ecological risks, and formulating recommendations for sustainable management.

Research results. Lake Kagul is part of the Danube-connected lake system and is located in the southern part of the Odesa Region, near the national border with Romania. It is a freshwater lake of natural origin, relatively shallow (average depth ranges from 2.5 to 3.5 meters), and covers an area of approximately 8,500 hectares. The hydrological regime of the lake is formed primarily through inflow from the Danube River, atmospheric precipitation, and limited surface runoff (Table 1).

A distinctive feature of Lake Kagul is the seasonal variability of the water level, which significantly affects the structure of biocenoses, the intensity of trophic interactions, and the overall biological productivity. According to its trophic status, the lake is classified as meso- or mesoeutrophic, with zooplankton dominating the trophic base, creating favorable conditions for the development of filter-feeding fish species, particularly silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*).

Table 1. Main Hydrological and Physico-Chemical Characteristics of Lake Kagul (average values over the past 5 years)

Indicator	Value
Surface area, ha	8 500
Average depth, m	2,8
Mineralization, mg/L	400–500
Dissolved oxygen, mg/L	5,2–9,8
Water transparency, cm	30–50
Trophic type	Mesoeutrophic

The ichthyofauna of the lake is represented mainly by species adapted to low-flow or stagnant water bodies. The dominant commercial species include silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), common carp (*Cyprinus carpio*), crucian carp (*Carassius gibelio*), and bream (*Abramis brama*) (Table 2).

Historically, Lake Kagul was used by local fishing cooperatives for commercial fishing, but in recent decades the emphasis has shifted toward controlled stocking and integrated fisheries use with elements of aquaculture. Current approaches to lake exploitation take into account both economic feasibility and the ecological vulnerability of the water body.

Table 2. Estimated Dynamics of Commercial Fish Catches in Lake Kagul (2019–2023)

Fish Species	2019	2020	2021	2022	2023
Silver carp	1 200	1 350	1 600	1 800	2 050
Common carp	450	500	620	700	820
Crucian carp	300	370	410	460	510
Grass carp	90	130	160	200	230
Bream	280	290	310	330	360

Note: data are presented in metric tons; source – fisheries user reports and State Fisheries Agency monitoring.

Lake Kagul, located in the southwestern part of Odesa Region, is a transformed deltaic lake of the liman type. It is characterized by a complex hydrological structure, shallow depths, and high productivity under favorable ecological conditions. The biological productivity of the lake is determined primarily by the state of the natural food base, the species composition of commercial fish, and a combination of natural and anthropogenic factors.

The functioning of the trophic chain in Lake Kagul largely depends on the state of the plankton communities (Table 3, 4), which form the fundamental food base for the juveniles of commercial fish species [4, 9].

Table 3. Dominant Phytoplankton Species in Lake Kagul (Based on Summer Monitoring Data, 2022–2023)

Taxonomic Group	Dominant Species	Mean Biomass, mg/L	Share in Structure, %
Cyanophyta	Microcystis aeruginosa	1.35	32
Bacillariophyta	Aulacoseira granulata	1.10	26
Chlorophyta	Scenedesmus quadricauda	0.95	23
Euglenophyta	Euglena acus	0.45	11
Others	–	0.35	8
Total	–	4.20	100

Table 4. Composition and Biomass of Main Zooplankton Groups in Lake Kagul

Taxonomic Group	Representative Species	Mean Biomass, g/m ³	Biomass Share, %
Cladocera	Daphnia magna, Bosmina longirostris	3.0	43
Copepoda	Cyclops vicinus, Eudiaptomus gracilis	2.2	32
Rotifera	Brachionus calyciflorus	1.4	20
Others	–	0.3	5
Total	–	6.9	100

The ichthyofauna of Lake Kagul includes 25 species, of which 8 are of commercial significance (Table 5).

Table 5. Dynamics of Commercial Fish Catches in Lake Kagul (2019–2023), t/year

Species	2019	2020	2021	2022	2023	Trend
Bream (<i>Abramis brama</i>)	64.2	59.5	52.8	48.3	42.6	Decreasing
Common carp (<i>Cyprinus carpio</i>)	38.5	41.3	45.2	47.9	49.1	Stable growth
Pike (<i>Esox lucius</i>)	17.8	15.2	13.5	12.0	11.4	Decreasing
Crucian carp (<i>Carassius gibelio</i>)	22.3	28.9	34.7	39.2	44.8	Increasing
Roach (<i>Rutilus rutilus</i>)	31.0	27.6	25.3	22.9	20.5	Decreasing

The commercial value of common carp and bream remains high; however, increasing competition from crucian carp necessitates the implementation of biotechnical measures to regulate its population size.

The biological productivity of Lake Kagul is influenced by a range of factors of both natural and anthropogenic origin (Table 6).

Table 6. Key Factors Influencing the Fish Productivity of Lake Kagul

Factor Group	Specific Factor	Impact on Biological Productivity
Natural	Water level fluctuations (dependence on the Danube River)	Alters the area of spawning and feeding habitats
	Temperature regime	Determines plankton activity and juvenile fish growth
	Water transparency	Influences phytoplankton photosynthetic activity
Anthropogenic	Overfishing	Leads to population degradation of pike and bream
	Pollution by agrochemicals	Causes eutrophication and cyanobacterial blooms
	Lack of monitoring	Hinders effective regulation of harvesting and fishery management

Enhancing the ecological and fishery efficiency of Lake Kagul requires the implementation of adaptive water use regulation models, support for the natural food base, and biotechnical restoration of native fish species.

The practical fisheries utilization of Lake Kagul is carried out by specialized enterprises that conduct regulated commercial fishing, stocking activities, and monitoring of aquatic biological resources. Over the past decade, targeted management efforts have been implemented within the water body, with the integration of productivity optimization technologies, enabling an assessment of their effectiveness from the perspective of sustainable resource use.

Several enterprises are involved in the fishery exploitation of the lake, notably LLC “Pivdenrybgosp” and other water users licensed for commer-

cial catch. In 2023, the total commercial harvest of fish species amounted to 170.2 tonnes, representing a 12 % decrease compared to 2021 (Table 7). The primary components of the catch traditionally include bream, common carp, roach, and crucian carp.

Table 7. Annual Commercial Fish Catch in Lake Kagul, t/year

Year	Bream	Common Carp	Crucian Carp	Roach	Other Species	Total Catch
2019	64.2	38.5	22.3	31.0	14.5	170.5
2020	59.5	41.3	28.9	27.6	13.8	171.1
2021	52.8	45.2	34.7	25.3	11.5	169.5
2022	48.3	47.9	39.2	22.9	10.2	168.5
2023	42.6	49.1	44.8	20.5	13.2	170.2

Source: compiled data from LLC “Pivdenrybgosp” and the 2023 annual fisheries report of the Odesa Regional Department of the State Fisheries Agency of Ukraine.

To support fish productivity, annual restocking of Lake Kagul is conducted using juveniles of valuable fish species, primarily common carp, silver carp, and grass carp. The volumes of stocking and assessments of commercial return are presented in Tables 8 and 9.

Table 8. Fish Stocking Volumes in Lake Kagul, 2021–2023

Year	Common Carp (thousand ind.)	Silver Carp (thousand ind.)	Grass Carp (thousand ind.)	Total (thousand ind.)	Year
2021	680	240	130	1050	2021
2022	720	260	145	1125	2022
2023	750	280	170	1200	2023

Source: data from stocking reports for Lake Kagul, provided by the Odesa State Environmental Inspectorate and approved by the State Fisheries Agency of Ukraine (2023).

Table 9. Assessment of Commercial Return from Stocked Fish (2021–2023)

Fish Species	Avg. Mass of Stocked Juveniles, g	Commercial Return Coefficient, %	Avg. Weight Gain to Harvest, g
Common Carp	25	13.8	1100
Silver Carp	30	10.2	1500
Grass Carp	28	8.5	1250

Source: calculations based on field observations from water resource users and laboratory analysis (Odesa Research Institute of Aquatic Bioresources, 2023).

As part of the fishery management regime on Lake Kagul, a series of practices have been implemented to promote rational resource use and reduce pressure on native populations. These include:

- seasonal fishing restrictions during spawning periods (particularly April–May);
- the use of selective fishing gear (nets with mesh size ≥ 40 mm);
- localized restocking in zones with optimal hydrochemical conditions;
- biotechnical monitoring of catch structure and juvenile fish development.

According to expert assessments, these measures have maintained total fish productivity at the level of 165-170 tonnes per year, with a relatively stable catch composition. However, further improvements in efficiency are contingent upon comprehensive modernization of management approaches – including the introduction of a unified electronic catch tracking system, adaptive restocking planning, and integration with environmental monitoring of the lake ecosystem.

Ways to optimize the productivity of Lake Kagul. Based on a comprehensive assessment of the lake's biological productivity, industrial use dynamics, and environmental impact factors, optimizing the fisheries efficiency of Lake Kagul requires the implementation of a balanced set of technical, biotechnical, and organizational measures. The main objective is to achieve stable productivity while maintaining ecosystem equilibrium and ensuring the sustainable use of aquatic biological resources.

In the context of integrated water resource management, it is advisable to implement a set of technical solutions aimed at improving the habitat conditions for native fish species and maintaining the ecological stability of the aquatic ecosystem. In particular, these measures include the reconstruction and improvement of littoral spawning areas, involving the mechanical removal of excess silt and the installation of artificial substrates serving as spawning grounds for pike (*Esox lucius*), common carp (*Cyprinus carpio*), and roach (*Rutilus rutilus*).

Additionally, it is necessary to introduce systems for regulating water exchange with the Danube River, which will help maintain a stable water level regime in the lake, reduce hydrological stress, and mitigate the adverse effects of extreme fluctuations. Another important technical solution is the spatial optimization of commercial fishing zones, taking into account seasonal feeding activity areas and the migratory behavior of key commercial fish species.

At the biotechnical level, effective measures include the active regulation of populations of low-value or invasive species, particularly the silver crucian carp (*Carassius gibelio*), which negatively affects the lake's trophic structure. It is essential to maintain an optimal balance in the ichthyofaunal composition by prioritizing the restoration and support of high-yield species populations, such as common carp, silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), and bream (*Abramis brama*). Regular bioremediative stocking with filter-feeding species – silver carp and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) – is also recommended to reduce nutrient loading and improve water quality.

On the organizational level, it is advisable to establish a permanent coordination council or interagency commission for managing the fisheries use of Lake Kagul. This advisory body should include representatives from scientific institutions, resource users, local government authorities, and environmental organizations. Its activities will ensure effective planning, transparent decision-making, and adaptive responses to ecological changes in the lake.

To improve the efficiency of stocking efforts, a transition from extensive practices to a programmed approach is necessary. This approach should be based on ecosystem monitoring and take into account the trophic status of the water body, hydrometeorological features, and biotic interactions. Key priorities for improvement include the development of an annual scientifically grounded stocking program based on data on the biomass of the natural food base, previous years' catch structure, and projected climate variability.

Adjustments to the species composition of stocked fish are recommended, with a focus on yearling carp as an economically viable species and juvenile silver carp as a natural biofilter to reduce nutrient loads. The implementation of a "controlled return" model is a promising strategy, involving the tracking of the proportion of artificially stocked individuals in commercial catches, which enhances the effectiveness of biotechnical interventions.

To reduce dependence on external sources of stocking material, the development of local broodstock and hatchery infrastructure must be supported, ensuring genetic adaptation of fish populations to local environmental conditions. Concurrently, the application of bioindicative zonation in stocking is recommended – selecting sites with optimal hydrochemical parameters such as transparency, temperature, dissolved oxygen levels, and the presence of natural shelter for juvenile fish.

Effective management of the fish productivity of Lake Kagul is impossible without systematic hydroecological monitoring (Table 10). To enable timely responses to ecosystem changes and support evidence-based decision-making, it is advisable to establish a permanent hydroecological observation station in partnership with relevant scientific institutions. This station should conduct quarterly sampling of water, phyto- and zooplankton, bottom sediments, and perform hydrochemical analysis of key indicators.

In addition, it is essential to implement automated sensor systems for continuous measurement of water environment parameters, including temperature, water level, dissolved oxygen, and pH levels. For spatial assessment of the ecological condition, the development and implementation of a GIS-based biotope mapping system for Lake Kagul is recommended. This would enable the identification of eutrophication zones, localized sources of pollution, hypoxic areas, and other ecological stressors.

Table 10. Comprehensive Measures for Optimizing Fish Productivity in Lake Kagul

Area of Intervention	Specific Measure	Expected Effect	Conditions for Implementation
Technical	Reconstruction of littoral spawning areas (dredging, artificial substrates)	Increased survival of eggs and fry of native species	Funding from local budgets or special funds; approval from environmental authorities
	Regulation of water exchange with the Danube River	Stabilization of water level regime, reduced risk of fish kills	Cooperation with water management authorities (e.g., Basin Water Resources Management)
	Selective placement of commercial fishing zones	Reduction of by-catch, protection of juvenile fish	Updating of lake zoning schemes
Biotechnical	Bioremediative stocking with filter-feeding species (silver carp, grass carp)	Reduction of eutrophication, improved water quality	Seasonal stocking, coordination with plankton analysis data
	Population control of silver crucian carp via regulated catch	Decreased competition for food and spawning grounds	Establishment of quotas/regulations; informational outreach to fishers
	Stocking of juveniles in ecologically optimal lake zones	Improved survival of stocked fish	Preliminary monitoring of hydrochemical conditions in shallow areas
Organizational	Establishment of a lake management coordination council	Alignment of interests between users and management bodies	Regional or administrative order; inclusion of scientists, users, and environmental groups
	Development of annual stocking programs in consultation with scientific bodies	Adaptive fish population management	Contracts with research institutes; annual adjustment of species and stocking volumes
	Maintenance of electronic records of catch and stocking	Transparency, timely planning, analytical support	Use of a registration database accessible to control authorities
Monitoring	Establishment of a permanent hydroecological monitoring station at a university or R&D institute	Timely detection of changes in ecological status	Funding via grants, Horizon Europe, or the Ministry of Environmental Protection
	Installation of automated sensors (O ₂ , pH, temperature, water level)	Real-time data collection, support in critical conditions	Technical support from international programs or local budgets
	Development and maintenance of GIS-based biotope mapping	Spatial analysis of ecosystem, zoning	Collaboration with geoinformatics experts; integration with Ukraine's water monitoring platform

Source: synthesized from scientific and technical recommendations of the Odesa Research Institute of Aquatic Bioresources, project materials of UkrNDIEcoproject (2021–2024), and the authors' own findings.

To ensure public transparency and foster civic engagement in aquatic ecosystem protection, it is advisable to create an open-access electronic database of monitoring results. Such a resource would support the development of an integrated environmental control system and improve the quality of decision-making in fisheries governance.

With regard to the ecological aspects of fisheries intensification, it should be noted that the development of fishery activities in the context of a natural ecosystem such as Lake Kagul requires that environmental considerations be an integral part of management decisions. The intensification of commercial use without an ecosystem-based approach risks disrupting aquatic biotic balance, degrading natural habitats, and reducing biodiversity.

Among the main ecological risks accompanying the intensification of fisheries in Lake Kagul, the following stand out:

- Eutrophication of the lake due to the influx of agrochemicals from adjacent agricultural lands [6, 12], leading to massive cyanobacterial blooms, a decline in dissolved oxygen levels, and summer fish kills.

- Depletion of native fish populations as a result of unregulated fishing during the spawning season and the destruction of natural spawning habitats.

- The spread of invasive or low-value species (e.g., silver crucian carp, bleak), which displace autochthonous species and reduce the trophic quality of the biocenosis.

- Physical degradation of littoral zones caused by reed overgrowth, shallowing, and siltation of shallow areas.

Collectively, these factors not only reduce the productivity of the water body but also limit the potential for long-term sustainable fisheries development.

Within the scope of fishery activities, it is advisable to implement a set of conservation measures aimed at maintaining and preserving biodiversity:

- Development and implementation of protection zone schemes around key biotopes (spawning grounds, overwintering pits, and riparian wetlands).

- Annual ichthyofauna inventories, with emphasis on the status of native species and key ecological indicators.

- Restrictions on fishing during the spawning season, enforced through compliance monitoring by local environmental inspections.

- Use of bioindicators (zooplankton, benthic invertebrates, macrophytes) to assess ecosystem health.

- Support for predator fish populations as natural regulators of small fish abundance and as a means of maintaining trophic balance.

Preservation of both structural and functional diversity in the lake is a prerequisite for its ecological stability and capacity for recovery following environmental stressors.

The sustainable development of fisheries in Lake Kagul necessitates the integration of ecological, economic, and social dimensions into management decision-making. The core principles of this concept include:

- An ecosystem-based approach that considers not only fish as a resource but the entire aquatic ecosystem – from phytoplankton to birds and aquatic vegetation.

- Adaptive management, which entails flexible decision-making based on the results of ongoing monitoring.

- A balance between use and conservation: optimal exploitation rates for fish populations, prevention of overfishing, and the implementation of rational quotas and accounting systems.

- Inclusive governance: involvement of local communities, scientists, and stakeholders in the planning and implementation of fisheries programs.

- Transboundary cooperation within the Danube River Basin, particularly in the exchange of hydroecological data and harmonization of management approaches for deltaic lakes.

The implementation of a sustainable management framework will ensure the ecological integrity of Lake Kagul and support the long-term economic viability of the region's fishery sector.

Conclusions. This study has provided a comprehensive analysis of the biological productivity of Lake Kagul as a fisheries resource. The status of the natural food base was assessed, the species composition of commercial fish was characterized, and practical aspects of harvesting and stocking were examined. In addition, the main ecological risks associated with the intensification of fisheries activities were identified. The key findings are as follows:

1. Lake Kagul is characterized as a mesoeutrophic water body with high natural productivity, underpinned by a well-developed trophic base formed by phyto- and zooplankton communities. Under stable hydroecological conditions and rational use of aquatic resources, the lake's fish productivity can be sustainably maintained at 160–180 tonnes per year.

2. The ichthyofauna of the lake comprises 25 fish species, with the primary components of commercial catches being bream (*Abramis brama*), common carp (*Cyprinus carpio*), roach (*Rutilus rutilus*), pike (*Esox lucius*), and silver crucian carp (*Carassius gibelio*). A negative trend is observed in the declining proportion of native species, coinciding with the proliferation of ecologically plastic but economically less valuable taxa.

3. The practice of fish stocking has proven effective when scientifically grounded biotechnical standards are met. In particular, the average commercial return coefficient for common carp ranges from 12–14 %, indicating the value of continuing such measures with further optimization of species composition and stocking volumes.

4. Key environmental challenges for the lake's ecosystem include intensifying eutrophication, declining water levels due to hydrological instability, degradation of natural spawning areas, and the spread of invasive species. This

combination of factors necessitates the implementation of both preventive and compensatory management mechanisms.

5. A comprehensive set of measures has been substantiated to optimize the lake's productivity, encompassing technical (spawning ground restoration, hydrological regulation), biotechnical (bioremediation, selective stocking), and organizational (creation of a coordinating council, electronic harvest accounting) tools.

6. Biodiversity conservation is regarded as a system-forming factor essential for ensuring both long-term ecological balance and the economic sustainability of the fishery. Effective management of fisheries should be grounded in ecosystem-based principles, adaptive planning, and interdisciplinary coordination.

The future development of the fishery sector in Lake Kagul is closely tied to the integration of scientific knowledge into water resource management practices, the enhanced involvement of local communities, and the mobilization of external investment and technical support. If a comprehensive governance model based on sustainable development principles is successfully implemented, Lake Kagul may serve as a pilot site for the effective adaptation of Ukrainian deltaic lakes to the challenges of the modern bioeconomy.

БІОЛОГІЧНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ РИБОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ ОЗЕРА КАГУЛ

Бургаз М. І. – к.б.н., доцент,

Катинська І. В. – к.з.н., доцент,

Бургаз О. А. – к.з.н., доцент,

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,

marynaburhaz@gmail.com, irynakatynska7@gmail.com, alexburgaz84@gmail.com

У статті представлено комплексне дослідження біологічної продуктивності озера Кагул (Одеська область) як об'єкта рибогосподарського використання в умовах природної евтрофної екосистеми. Актуальність проблеми обумовлена необхідністю оптимізації рибогосподарської діяльності в умовах антропогенного навантаження та кліматичних коливань, які значною мірою впливають на структурно-функціональний стан водойми. В роботі здійснено оцінку кормової бази (фіто- та зоопланктону), проаналізовано видовий склад промислових риб, тенденції вилову, ефективність зариблення, а також вплив природних та антропогенних факторів на продуктивність водойми. Особливу увагу приділено практичному досвіду місцевих рибогосподарств, зокрема динаміці промислового повернення зарибку, результатам впроваджених біотехнічних заходів та організаційним моделям управління.

Розглянуто сучасні підходи до інтенсифікації рибного господарства з урахуванням екологічних ризиків, таких як евтрофікація, поширення інвазійних видів

та деградація природних нерестовищ. Наведено перелік технічних, біотехнічних та організаційних рішень, спрямованих на підвищення рибопродуктивності за умови збереження біорізноманіття. Запропоновано концептуальні засади сталого управління водними біоресурсами на основі екосистемного та адаптивного підходів. Окреслено перспективи розвитку рибного господарства на озері Кагул з урахуванням впровадження системного екологічного моніторингу, удосконалення схем зариблення та формування координаційної моделі управління з участю науковців, користувачів ресурсу і регіональних органів влади.

Ключові слова: озеро Кагул, рибогосподарське використання, біологічна продуктивність, зариблення, екологічні ризики, сталий розвиток, біорізноманіття, гідроекологічний моніторинг.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бекетова В. М. Екологічні основи рибогосподарської меліорації внутрішніх водойм. К.: Урожай, 2015. 368 с.
2. Дубина А. І., Коваленко В. В. Сучасні проблеми інтенсифікації рибництва в дельтових водоймах України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. № 3(114). С. 45-52.
3. Кириченко М. М., Роговська Н. В. Іхтіофауна південних водойм України: видова структура та динаміка. Херсон: Олді-плюс, 2018. 224 с.
4. Ткаченко І. Г. Основи управління водними біоресурсами: екосистемний підхід. К.: Академперіодика, 2016. 310 с.
5. Шеремет А. І., Бичкова В. С. Біологічні засади відновлення аборигенних видів риб у прісноводних екосистемах. *Наукові записки ТНУ ім. В.І. Вернадського. Біологія*. 2019. № 1(77). С. 93-100.
6. FAO (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
7. Schiemer, F., Zalewski, M. The Importance of Riparian Ecotones for Diversity and Productivity of Riverine Fish Communities. *Netherlands Journal of Zoology*. 1992. no. 42(2-3):323-335.
8. Bayley, P. B. Aquatic environments in the Amazon Basin, with an analysis of carbon sources, fish production, and yield. In: Dodge, D.P. (Ed.), Proceedings of the International Large River Symposium (LARS). *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1989. no. 106:399-408.
9. Wetzel, R. G. Limnology: Lake and River Ecosystems (3rd ed.). San Diego: Academic Press. 2001. 1006 p.
10. Cowx, I. G., Welcomme, R. L. Rehabilitation of Rivers for Fish: A Study Undertaken by the European Inland Fisheries Advisory Commission. *FAO Fisheries Technical Paper*. 1998. no. 384. Rome: FAO.
11. Ковальчук Н. А., Андрющенко А. М. Сучасні підходи до зариблення природних водойм. *Рибне господарство України*. 2021. № 1. С. 12-18.
12. Environmental Agency of Ukraine. Report on the Ecological Status of Surface Waters in the Danube Basin. Kyiv: State Water Resources Agency of Ukraine. 2020.

REFERENCES

1. Beketova V. M. (2015). *Ekolohichni osnovy rybohospodarskoi melioratsii vnutrishnikh vodoim* [Ecological foundations of fishery melioration of inland water bodies]. Kyiv: Urozhay. [in Ukrainian].
2. Dubyna A. I., Kovalenko V. V. (2020). *Suchasni problemy intensyfikatsii rybnytstva v deltovykh vodoimakh Ukrainy* [Modern problems of fish farming intensification in the delta waters of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria* [Bulletin of agricultural science of the Black Sea region]. no. 3(114), 45-52. [in Ukrainian].
3. Kyrychenko M. M., Rohovska N. V. (2018). *Ikhtiofauna pivdennykh vodoim Ukrainy: vydova struktura ta dynamika* [Ichthyofauna of southern Ukrainian reservoirs: species structure and dynamics]. Kherson: Oldi-plus. [in Ukrainian].
4. Tkachenko I. H. (2016). *Osnovy upravlinnia vodnymy bioresursamy: ekosystemnyi pidkhid* [Fundamentals of aquatic bioresources management: an ecosystem approach]. Kyiv: Akadempriodyka. [in Ukrainian].
5. Sheremet A. I., Bychkova V. S. (2019). *Biolohichni zasady vidnovlennia aboryhennykh vydiv ryb u prysnovodnykh ekosystemakh* [Biological principles of restoration of native fish species in freshwater ecosystems]. *Naukovi zapysky TNU im. V.I. Vernadskoho. Biologhiia* [Scientific notes of the V.I. Vernadsky TNU. Biology]. no. 1(77), 93-100. [in Ukrainian].
6. FAO (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
7. Schiemer, F., Zalewski, M. (1992). The Importance of Riparian Ecotones for Diversity and Productivity of Riverine Fish Communities. *Netherlands Journal of Zoology*, no. 42(2-3):323-335.
8. Bayley, P. B. (1989). Aquatic environments in the Amazon Basin, with an analysis of carbon sources, fish production, and yield. In: Dodge, D.P. (Ed.), *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS). Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, no. 106:399-408.
9. Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems* (3rd ed.). San Diego: Academic Press.
10. Cowx, I. G., Welcomme, R. L. (1998). Rehabilitation of Rivers for Fish: A Study Undertaken by the European Inland Fisheries Advisory Commission. *FAO Fisheries Technical Paper*, no. 384. Rome: FAO.
11. Kovalchuk N. A., Andriushchenko A. M. (2021). *Suchasni pidkhody do zaryblennia pryrodnykh vodoim* [Modern approaches to stocking natural water bodies]. *Rybne hospodarstvo Ukrainy* [Fisheries of Ukraine]. no. 1:12-18. [in Ukrainian].
12. Environmental Agency of Ukraine (2020). Report on the Ecological Status of Surface Waters in the Danube Basin. Kyiv: State Water Resources Agency of Ukraine.

УДК 502.171:504.064

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.18>

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ РІЧКИ УДИ В МЕЖАХ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Коляда О. В. – к. с.-г. н., доцент,

Головань Л. В. – к. с.-г. н., доцент,

Чуприна Ю. Ю. – PhD з екології, доцент,

Державний біотехнологічний університет,

olyakolyadapovh@gmail.com, golovanlarisa14@gmail.com, rybchenko_yuliya@ukr.net

Забруднення водойм є однією з найгостріших екологічних проблем, яка посилюється через індустріалізацію та діяльність людини. Оскільки вода є ключовим ресурсом для життя та функціонування екосистем, важливо досліджувати її стан і розробляти заходи для захисту та відновлення водних об'єктів. Неправильне використання водних ресурсів призводить не лише до погіршення якості питної води, а й до зниження життєдіяльності організмів у річковому басейні. Низький рівень кисню у воді стає критичним для гідробіонтів, що може спричинити скорочення біорізноманіття та погіршення екологічних умов. Для визначення екологічного стану річки Уди, яка є однією з найбільш забруднених у Харківській області, було проведено екологічну оцінку та моделювання її забруднення в межах Харківської області. Відповідно до результатів проведеної оцінки за індексом забруднення води та за відповідними категоріями було встановлено, що річка є забрудненою. Серед показників якості води найбільш критичною виявилась ситуація по відношенню до показника БСК₅, вмісту амонійного азоту, нітритів, фосфатів та нафтопродуктів. Значення показника БСК₅ перевищувало встановлені нормативи у 3,7-3,9 рази, вмісту амонійного азоту – у 4,7-5,7 рази, нітритів – у 10,4-16,6 рази, фосфатів – у 3,3-3,9 рази, нафтопродуктів – у 6,6-8 разів. За результатами моделювання процесу самоочищення річки Уди встановлено, що концентрація забруднюючих речовин у воді зменшується із зростанням відстані від джерела скидів. Це підтверджує природну здатність водойми до самоочищення. Проте ефективність цього процесу залежить від низки факторів, таких як географічні особливості, гідрологічні умови, тип і кількість забруднювачів, а також біологічні та хімічні процеси, що відбуваються у воді. При аналізі самоочищення річки Уди спостерігалися перевищення гранично допустимих концентрацій на відстані 50 км від місця скиду за такими показниками як вміст сульфатів амонію, нітритів, фосфатів та марганцю. Ситуація, що склалась вимагає впровадження комплексу оперативних заходів щодо покращення якості поверхневих вод річки. Для покращення екологічного стану річки необхідно поліпшити гідрологічний режим річок, сприяти зниженню антропогенного навантаження через забруднення зворотними водами, підвищити ефективність очищення стічних вод, забезпечувати благоустрій, озеленення та ландшафтний дизайн прибережних і рекреаційних зон водойм.

Ключові слова: забруднення, вода, річка, антропогенне навантаження, екологічна оцінка.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Сьогодні у всьому світі, й в Україні, зокрема, існує багато проблем у сфері охорони, відновлення й раціонального використання водних ресурсів. Неконтрольоване використання води та постійно зростаючий попит на водні ресурси призводять до погіршення якості води, що у свою чергу має значний негативний вплив на здоров'я людей. Харківська область є одним з найбільших регіонів України за площею та чисельністю населення. Проте, водні ресурси регіону є вкрай обмеженими, їхня частка в загальних водних ресурсах України в середньому становить лише 1,8 %, знижуючись до 0,99 % у маловодний сезон. Аналіз екологічного стану річок Харківської області свідчить про досягнуту межу використання їх водних ресурсів та значне забруднення. Особливо загострюється проблема нестачі чистої питної води в умовах глобального потепління. Дослідженнями кліматичних змін підтверджено тенденцію щодо підвищення температури в Харківській області, а також зменшення кількості опадів, що має звичайно безумовний вплив на функціонування водних екосистем.

Значно посилюється також рівень антропогенного впливу на водні ресурси регіону в умовах російської агресії. Шкода водним ресурсам через війну проявляється їх забрудненням та засміченням, а також самовільним використанням водних об'єктів.

Однією з найбільш забруднених річок Харківської області є р. Уди. Загальна довжина річки складає 164 км, із них в межах Харківської області – 127 км; площа водозбірного басейну становить 3894 км², із них у Харківській області – 3460 км². Басейн р. Уди входить у центральний економічний регіон Харківської області, де широко розвинені обробна та легка промисловість, виробництво будівельних матеріалів та машинобудівні комплекси.

Основне джерело забруднення р. Уди – це скид неочищених стічних вод. Значний обсяг хімічних речовин надходить в річку із сільськогосподарськими та комунальними стічними водами із Міських ОСВ № 1 Комплексу «Харківводовідведення» (Диканівські очисні споруди) та Міських ОСВ № 2 Комплексу «Харківводовідведення» (Безлюдівські очисні споруди) КП «Харківводоканал», а також від Роганського та Есхарівського управління житлово-комунального господарства (ЖКГ). До 84,0 % забруднюючих речовин, які формують якість річки Сіверський Донець в транскордонних створах, утворюються саме в басейні річки Уди. Вплив комунально-побутових вод обумовлює зростання концентрацій сполук азоту та фосфору [1, с. 154].

Вплив скиду недоочищених промислово-побутових стічних вод багато у чому визначає екологічний стан річок і має як правильно локальний характер. Разом з тим очисні споруди не забезпечують належного рівня окиснення органічних сполук та поверхнево-активних речовин і нітритів в

промислово-побутових водах. Не забезпечується також і належного вилучення фосфатів. Лободою Н. С. та співавторами було встановлено, що скиди комунально-побутових вод міста Харків нижче річки Сіверський Донець суттєво погіршують якість вод річки Уди [2, с. 98-99]. У наукових працях Рибалової О. В. та співавторів підтверджено незадовільний стан річки Уди в смт. Есхар. Зокрема науковцями визначено, що значення середнього екологічного індексу для річки в зазначеному стані за період із 1964 р. по 2017 р. відповідав 4 категорії (задовільний стан) та 3 класу якості (задовільний стан) [4, с. 16-17]. У Чугуївському районі річка з 1964 по 2015 рр. знаходилась у поганому стані із значенням середнього екологічного індексу відповідному 4-й категорії за екологічною класифікацією [5, с. 91].

Для покращення екологічної ситуації необхідним є впровадження заходів з очищення стічних вод. Окрім цього забруднюючі речовини надходять із поверхневим стоком з пасовищ та сільськогосподарських угідь, сільських населених пунктів без каналізацій та від тваринницьких комплексів.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Для зменшення рівня забруднення водних об'єктів в першу чергу необхідним є моніторинг екологічного стану поверхневих вод і проведення їхньої екологічної оцінки. Враховуючи надмірний антропогенний тиск на річку Уди мета нашої роботи полягала в проведенні екологічної оцінки якості води річки на водозборі в с. Есхар, а також моделюванні рівня її забруднення в межах Харківської області.

Матеріали і методи дослідження. В роботі було визначено оцінку рівня забруднення води річки Уди за індексом забруднення води (ІЗВ), а також відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» [3, с. 20-21]. Визначення індексу забруднення води проведено за ГДК встановлених для водойм рибогосподарського призначення. При моделюванні забруднення річки на відстані від джерела скиду використовували рівняння:

$$\frac{dC}{dt} = -kC^N$$

де C – це концентрація забруднення; k – це коефіцієнт самоочищення (швидкість реакції на одиницю концентрації речовин); N – це порядок реакції. Додаткові параметри для розрахунків включали швидкість течії ($v = 0,3$ м/с); коефіцієнт самоочищення $k = 0,01$ с⁻¹; для розрахунку зміни концентрації забруднювачів час обирали із інтервалу 1-10 діб із кроком 1 доба.

Результати досліджень. Відповідно до значення розрахованого ІЗВ вода в річці Уди вище та нижче скиду КП «Харківводоканал» характеризувалась як забруднена (ІЗВ становило відповідно 3,94 та 3,90 одиниці). Відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями» якість води в досліджуваній річці в обох створах характеризувалась, як посередня за станом та помірно забруднена за ступенем забрудненості – III клас, 5 (6) категорія (таблиця 1).

Таблиця 1. Оцінка забруднення річки Уди (згідно з даними Харківського регіонального центру з гідрометеорології, 2022 р.)

Значення показників, мг/л	Фактичний вміст, мг/л		ГДК	Категорія	
	вище скиду КП «Харків-водоканал»	нижче скиду КП «Харків-водоканал»		вище скиду КП «Харків-водоканал»	нижче скиду КП «Харків-водоканал»
Завислі речовини	15,3	14,5	20,0	II (3)	II (3)
БСК ₅	11,7	11,1	3,0	IV (6)	IV (6)
Мінералізація	709	707	–	II (2)	II (2)
Сульфати	200	191	100	III (5)	III (5)
Хлориди	110	113	300	III (4)	III (4)
Азот амонійний	2,86	2,33	0,5	V (7)	IV (6)
Нітрати	10,6	23,3	40	V (7)	V (7)
Нафтопродукти	0,4	0,33	0,05	V (7)	V (7)
ХСК	44,0	41,0	20	–	–
Розчинений кисень	5,81	5,73	6,0	III (5)	III (5)
Фосфати	2,74	2,33	0,7	V (7)	V (7)
Цинк	0,024	0,021	0,01	III (4)	III (4)
Залізо	0,21	0,18	0,05	III (4)	III (4)
Нітрити	0,83	1,33	0,08	V (7)	V (7)
Мідь	0,01	0,007	0,001	III (4)	III (4)
ІЗВ/Іе	3,94	3,90		5,14	5,07
Клас забруднення (категорія)	IV	IV		III (5)	III (5)
Характеристика забруднення	Забруднена вода	Забруднена вода		«Посередні», «помірно забруднені» води	«Посередні», «помірно забруднені» води

Дуже критичною є ситуація по відношенню до показника БСК₅. Даний показник є загальною оцінкою ступеня органічного забруднення водного об'єкта – чим вищий індекс БСК₅, тим більш забрудненим є водний об'єкт органічними речовинами. Зі збільшенням вмісту органічних речовин у воді швидко розмножуються аеробні бактерії, які потребують великої кількості кисню для своєї життєдіяльності. При цьому вміст розчиненого кисню у воді зменшується, що призводить до гіпоксії, яка в кінцевому підсумку може призвести до загибелі певних видів водних організмів. Показник БСК₅ в обох створах перевищував нормативний показник у 3,7-3,9 рази. Змодельовавши процес самоочищення води, з урахуванням гідрологічних параметрів річки, видно, що забруднення річки органічними речовинами характерне по всьому напрямку течії, навіть на відстані більше 50 км скиду стічних вод КП «Харківводоканал» значення показника БСК₅ значно перевищує нормативний показник 3,0 мг/л (рисунк 1).

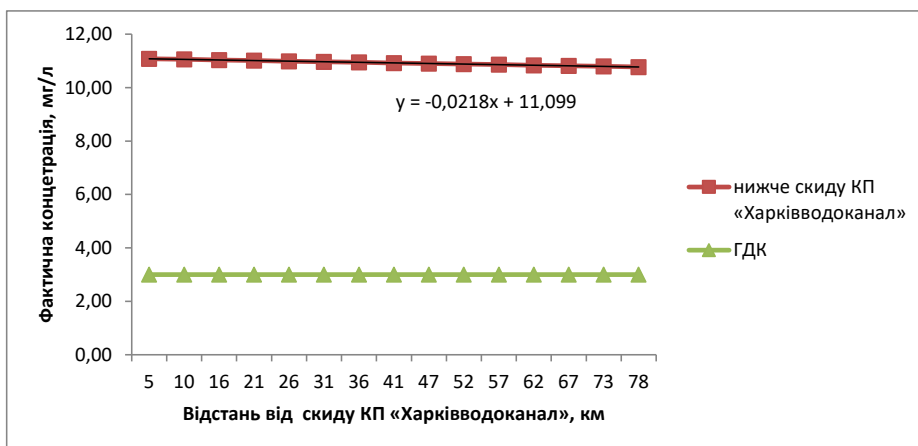


Рис. 1. Моделювання динаміки показника БСК₅ в річці Уди залежно від відстані від скиду стічних вод

Характерним є також високе значення показника ХСК – у 2,1-2,2 рази вище за ГДК, що свідчить про забрудненість води окисленими речовинами.

Значні перевищення встановлених нормативів відмічені й для вмісту амонійного азоту та нітритів. Підвищені концентрації іонів амонію та нітритів вказують на нещодавнє забруднення водойми. Фактичний вміст амонійного азоту у створі нижче скиду КП «Харківводоканал» перевищував ГДК у 4,7 рази (рисунок 2).

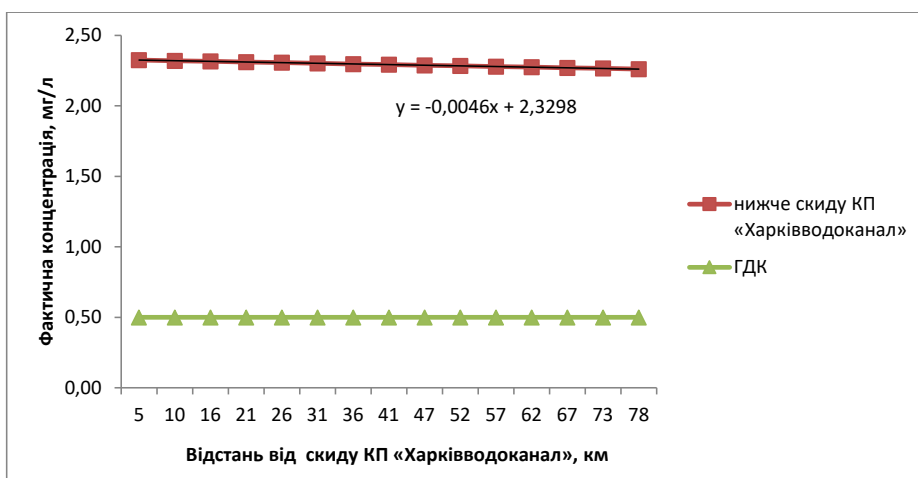


Рис. 2. Моделювання динаміки вмісту азоту амонійного в річці Уди залежно від відстані від скиду стічних вод

Основними джерелами іонів амонію у водоймах є поверхневі стоки з тваринницьких ферм і побутові стічні води, з сільськогосподарських угідь при використанні амонійних добрив, а також відходи харчової, коксохімічної, деревообробної та хімічної промисловості. Високий уміст амонійного азоту призводить до отруєння гідробіонтів, адже вільний аміак виступає для них сильною отрутою. Отруєння відбувається внаслідок неспроможності риби звільнитись від надлишку амонію, що накопичується під час обміну азоту.

Проведений аналіз вмісту нітритів у річці Уди, показує перевищення показника у створах вище та нижче скиду КП «Харківводоканал» відповідно у 10,4 та 16,6 рази (рисунок 3). Підвищений вміст нітритів свідчить про дуже інтенсивний розклад органічних речовин, що надійшли із стічними водами. Наявність значного органічного забруднення води річки підтверджує і високий показник БСК₅. Нітрити є сполуками неконсервативними та швидко окислюються розчиненим в воді киснем до нітратів. Наявність у воді високих концентрацій нітритів свідчить про фекальне забруднення води, потенційну токсичність та її канцерогенність, адже нітрити легко трансформуються у нітросоаміни, які є канцерогенними сполуками.

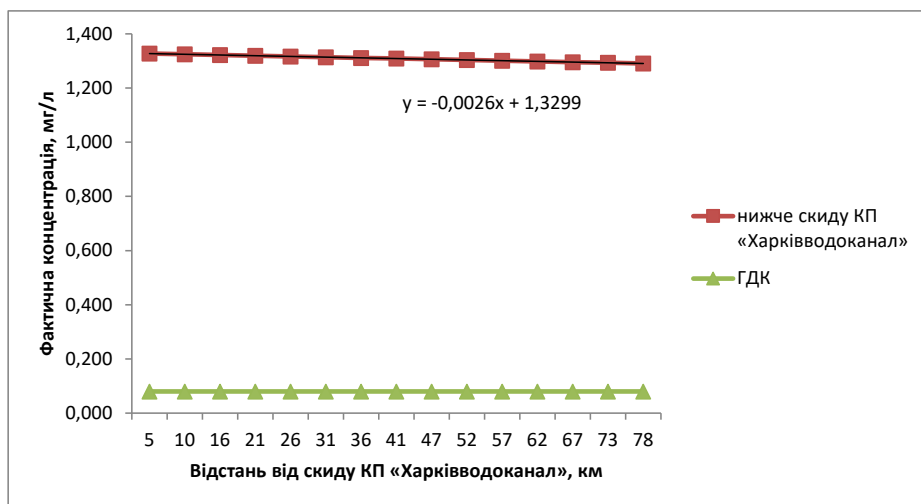


Рис. 3. Моделювання динаміки вмісту нітритів в річці Уди залежно від відстані від скиду стічних вод

Для річки Уди притаманне також забруднення фосфатами. Фактична концентрація забруднювача перевищує ГДК у 3,3-3,9 рази залежно від створу (рисунок 4). Надмірне забруднення водойм сполуками фосфору призводить до евтрофікації. Наслідком процесу евтрофікації є значне зменшення вмісту кисню та погіршення умов життя гідробіонтів.

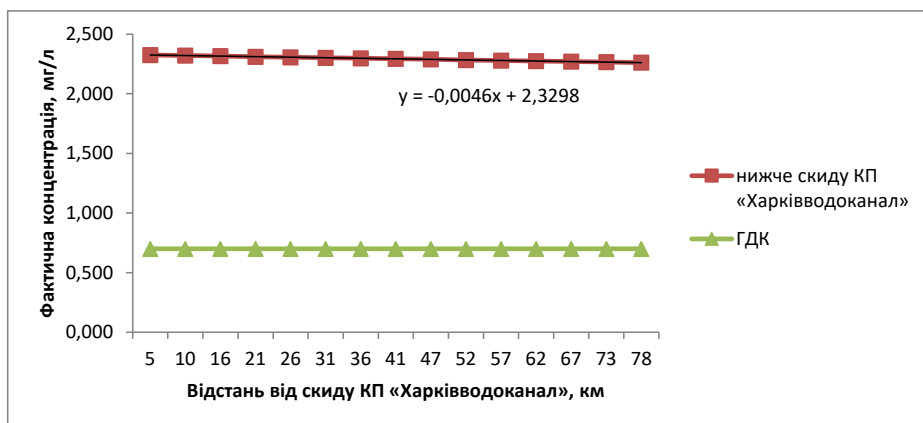


Рис. 4. Моделювання динаміки вмісту фосфатів в річці Уди залежно від відстані від скиду стічних вод

Дуже небезпечним та токсичним для всіх гідробіонтів є забруднення водойм нафтопродуктами. Деякі із нафтопродуктів є канцерогенними. Утворена на поверхні води плівка перешкоджає процесам тепло-, водо- та газообміну між водоймою та атмосферою, а це особливо небезпечно, у вигляді того, що у поверхневій плівці водойми відбуваються найважливіші біологічні процеси. Фактичне значення вмісту нафтопродуктів у річці Уди перевищує ГДК для водойм рибогосподарського призначення у 6,8-8,0 разів (рисунок 5).

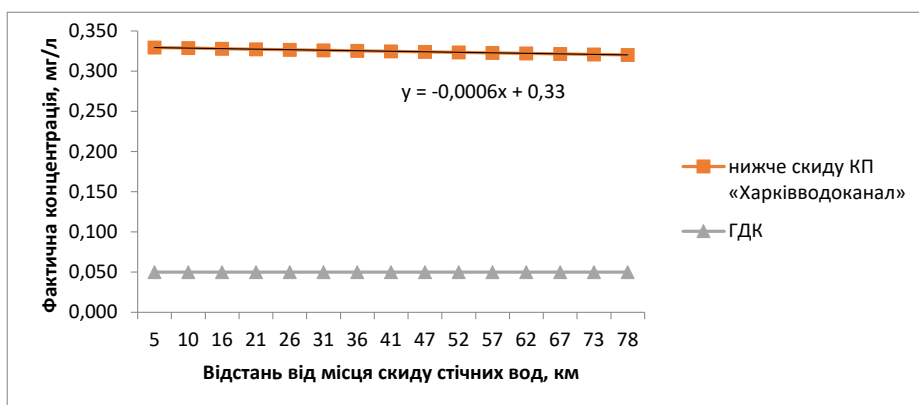


Рис. 5. Моделювання динаміки вмісту нафтопродуктів в річці Уди залежно від відстані від скиду стічних вод

Висновки. Таким чином, річка Уди, як і багато інших річок в Україні, піддається різноманітним антропогенним впливам, таким як скиди неочищених або недостатньо очищених стічних вод від підприємств, сільськогосподарська діяльність, військова агресія РФ, засмічення населенням. Провівши аналіз якості поверхневих вод річки Уди за індексом забруднення

води та за відповідними категоріями було встановлено, що річка є забрудненою. Серед показників якості води найбільш критичною виявилась ситуація по відношенню до показника БСК₅, вмісту амонійного азоту, нітритів, фосфатів та нафтопродуктів. Високі показники БСК₅, вмісту амонійного азоту та нітритів є свідченням нещодавнього значного забруднення річки та проходження інтенсивних процесів розкладу органічної речовини у водоймі. Це в свою чергу призводить до зниження вмісту кисню у водоймі та інтенсивного розвитку евтрофікації. Забруднення водойми може мати серйозний вплив на екосистему та здоров'я населення.

Значне забруднення річки Уди вимагає впровадження комплексу оперативних заходів щодо покращення якості поверхневих вод. Серед таких заходів необхідним є: вдосконалення регіональної системи моніторингу за станом річки; поліпшення гідрологічного режиму річки; здійснення контролю несанкціонованих скидів забруднюючих речовин в річку; сприяння зниженню забруднення річки зворотними водами; підвищення ефективності очищення січних вод, які скидаються в річку; підвищення екологічної свідомості населення та розвиток екологічної освіти.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AND MODELING OF POLLUTION OF THE UDY RIVER WITHIN THE KHARKIV REGION

Koliada O. V. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,

Golovan L. V. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,

Chuprina Yu. Yu. – Phd in ecology, Associate Professor,

State Biotechnology University,

olyakolyadapovh@gmail.com, golovanlarisa14@gmail.com, rybchenko_yuliya@ukr.net

Water pollution is one of the most acute environmental problems, which is exacerbated by industrialization and human activity. Since water is a key resource for the life and functioning of ecosystems, it is important to study its condition and develop measures to protect and restore water bodies. Improper use of water resources leads not only to a deterioration in the quality of drinking water, but also to a decrease in the vital activity of organisms in the river basin. Low oxygen levels in the water are becoming critical for aquatic life, which can lead to a reduction in biodiversity and deterioration of environmental conditions. To determine the ecological status of the Udy River, which is one of the most polluted rivers in Kharkiv Oblast, an environmental assessment and modelling of its pollution within the Kharkiv Oblast was conducted. According to the results of the assessment, the river was found to be polluted according to the water pollution index and the relevant categories. Among the water quality indicators, the most critical situation was found to be with respect to BOD₅, ammonium nitrogen, nitrite, phosphate, and oil products. The value of BOD₅ exceeded the established standards by 3.7-3.9 times, ammonium nitrogen by 4.7-5.7 times, nitrite by 10.4-16.6 times, phosphate by 3.3-3.9 times, and oil products by 6.6-8 times. The results of modelling the self-purification process of the Uda River showed that the concentration of pollutants in the water decreases with increasing distance from the source of discharge.

This confirms the natural ability of a water body to clean itself. However, the effectiveness of this process depends on a number of factors, such as geographical

features, hydrological conditions, type and number of pollutants, as well as biological and chemical processes occurring in the water. When analysing the self-purification of the Udy River, the maximum permissible concentrations were exceeded at a distance of 50 km from the discharge site for such indicators as ammonium sulfate, nitrite, phosphate and manganese. The current situation requires the implementation of a set of operational measures to improve the quality of the river's surface water. To improve the ecological condition of the river, it is necessary to improve the hydrological regime of rivers, to help reduce the anthropogenic load due to pollution by wastewater, to increase the efficiency of wastewater treatment, to provide landscaping, gardening and landscape design of coastal and recreational areas of water bodies.

Keywords: pollution, water, river, anthropogenic load, environmental assessment.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коляда О. В., Варавіна П. О. Проблема забруднення річок Харківської області. Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування : матеріали Міжнар. наук. конф., м. Харків, Держ. біотехнол. ун-ту (27-28.04.2023, Харків). Харків : ДБТУ, 2023. С. 154-155.
2. Лобода Н. С., Катинська І. В., Смалій О. В. Оцінка рівня забруднення та екологічного стану вод річок басейну Сіверського Дінця за показником БСК₅. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 26. С. 91-101.
3. Гриценко А. В., Васенко О. Г., Верніченко Г. А. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Харків: УкрНДІЕП. 2012. 37 с.
4. Рибалова О. В., Артем'єв С. Р., Бригада О. В., Ільїнський О. В., Макаров Є. О., Жук В. М. Визначення екологічного ризику погіршення стану водотоків басейну річки Уди. *Fundamentalis scientiam*. 2019. № 27. С. 14-21.
5. Рибалова О. В., Бригада О. В., Тесленко В. С. Прогноз екологічного стану річки Уди з урахуванням кліматичних змін у Харківській області. *Вісник ХНАДУ*. 2018. Вип. 81. С. 86-94.

REFERENCES

1. Koliada O. V., Varavina P. O. (2023). *Problema zabrudnennia richok Kharkivskoi oblasti* [The problem of river pollution in Kharkiv region]. Aktualni pytannia biotekhnolohii, ekolohii ta pryrodokorystuvannia: materialy Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii [Current issues in biotechnology, ecology and nature management: materials of the International Scientific Conference]. Kharkiv: SBU. 154-155. [in Ukrainian].
2. Loboda N. S., Katynska I. V., Smalii O. V. (2020). *Otsinka rivnia zabrudnennia ta ekolohichnoho stanu vod richok baseinu Siverskoho Dintsia za pokaznykom BSK₅* [Assessment of the level of pollution and ecological condition of the waters of the Siverskyi Donets basin by BOD₅]. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 26, 91-101. [in Ukrainian].
3. Hrytsenko A. V., Vasenko O. H., Vernichenko H. A., Kovalenko M. S., Poddashkin O. V., Vernychenko-Tsvetkov D. Iu., Melnykova N. V., Miroshnychenko O. P. (2012). *Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymy katehoriiamy* [Methodology for environmental assessment of surface water quality by relevant categories]. Kharkiv: USRIEP. [in Ukrainian].
4. Rybalova O. V., Artemiev S. R., Bryhada O. V., Ilinskyi O. V., Makarov Ye. O., Zhuk V. M. (2019). *Vyznachennia ekolohichnoho ryzyku pohirshennia stanu vodotokiv baseinu richky Udy* [Determination of the environmental risk of deterioration of watercourses in the Uda River basin]. *Fundamentalis scientiam*, 27, 14-21. [in Ukrainian].
5. Rybalova O. V., Bryhada O. V., Teslenko V. S. (2018). *Prohnoz ekolohichnoho stanu richky Udy z urakhuvanniam klimatychnykh zmin u Kharkivskii oblasti* [Forecast of the ecological state of the Udy River in view of climate change in the Kharkiv region]. *Bulletin of KhNAHU*, 81, 86-94. [in Ukrainian].

УДК 574.52:546.3:597(477.42)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.19>

ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ ^{137}Cs І ^{90}Sr У ВОДНИХ БІОРЕСУРСАХ РІЧКИ ЗДВИЖ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ У ВІДДАЛЕНИЙ ПЕРІОД ПІСЛЯ АВАРІЇ НА ЧАЕС

*Махінко Р. Г. – аспірант,
Поліський національний університет,
vse-svit@ukr.net*

У статті представлено результати дослідження накопичення довгоживучих штучних радіонуклідів (^{137}Cs та ^{90}Sr) у водних біоресурсах річки Здвиж (Брусилівський район, Житомирська область), яка є складовою басейну Дніпра та розташована поблизу південного кордону зони впливу Чорнобильської катастрофи. Метою дослідження було з'ясувати характер довготривалої радіоактивної присутності у водній екосистемі малих річок Полісся майже через чотири десятиліття після аварії. Польові роботи проведено у січні 2025 року, з відбором зразків чотирьох видів прісноводної риби – товстолобика, коропа, карася та щуки. Біологічний матеріал було розділено на м'язову тканину та голову з внутрішніми органами.

Концентрації ^{137}Cs визначались за допомогою гамма-спектрометрії, ^{90}Sr – бета-спектрометрії, з використанням приладів МКС-АТ1315 і МКГ-АТ1321, сертифікованих у Вимірювальній лабораторії Поліського національного університету. Результати свідчать про специфічну видові та анатомічну диференціацію накопичення радіонуклідів: ^{90}Sr переважно акумулюється у кісткових структурах, зокрема в голові, тоді як ^{137}Cs – у м'язовій тканині, особливо у хижих видів, таких як щука. Зафіксовано відмінності у біоаккумуляції залежно від трофічного рівня, типу живлення та метаболічної активності. Усі зафіксовані концентрації перебували в межах гігієнічних нормативів, проте у деяких випадках наближались до граничних значень, що свідчить про актуальність постійного моніторингу. Отримані дані узгоджуються з результатами досліджень на великих водоймах Придніпров'я, таких як Запорізьке водосховище.

Таким чином, дослідження підтверджує збереження радіоекологічної пам'яті водних екосистем у малих річках Українського Полісся та необхідність інтеграції локального моніторингу у загальнодержавні програми безпеки. Висновки мають важливе значення для оцінки екологічних ризиків, збереження біорізноманіття та регіональної стратегії сталого управління рибними ресурсами.

Ключові слова: ^{137}Cs , ^{90}Sr , річка Здвиж, прісноводні риби, біоаккумуляція, гамма-спектрометрія, водна екологія, Чорнобиль, Полісся, екологічний моніторинг.

Постановка проблеми. Аварія на Чорнобильській АЕС у 1986 році спричинила масштабне радіоактивне забруднення значних територій України. Житомирська область України, зокрема її північні та східні райони, зазнала значного радіоактивного забруднення внаслідок випадіння

радіоактивних опадів. Одними з найбільш небезпечних довгоживучих радіонуклідів, що потрапили в навколишнє середовище внаслідок аварії, є ^{137}Cs та ^{90}Sr , періоди напіврозпаду яких становлять 30,17 та 28,8 років відповідно [1, с. 184].

Водні екосистеми відіграють особливу роль у міграції та перерозподілі радіонуклідів, виступаючи як акумулятори радіоактивних речовин. Риба та інші гідробіоти, перебуваючи у верхній частині трофічних ланцюгів водних екосистем, накопичують радіонукліди і можуть бути індикаторами радіоекологічного стану водойм. Крім того, риба є важливим харчовим продуктом для місцевого населення, що зумовлює необхідність постійного радіоекологічного моніторингу водних біоресурсів для оцінки ризику для здоров'я людей.

Хоча з моменту аварії на ЧАЕС минуло майже 39 років (віддалений період), проблема радіоактивного забруднення водних екосистем залишається актуальною, особливо для регіонів, які зазнали значного радіоактивного впливу. Залишається відкритим питання щодо розподілу радіонуклідів між різними тканинами водних організмів, зокрема між м'язовою тканиною, що є основним об'єктом споживання, та внутрішніми органами, які часто накопичують значно вищі рівні забруднення.

Річка Здвиж, що протікає територією Брусилівського району Житомирської області, є типовою малою річкою Полісся, яка зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи. Забруднення водних екосистем у цьому регіоні може мати значний вплив на рибне господарство, що є важливим економічним сектором регіону. Оскільки річкові біоресурси споживаються населенням, контроль рівня радіонуклідів у рибі є критично важливим для оцінки безпеки споживання водних організмів.

Моніторинг рівня радіоактивного забруднення дозволяє оцінити ефективність природних процесів самоочищення водойм та виявити тенденції зниження або накопичення радіонуклідів у водних екосистемах. Важливо також враховувати зміни гідрологічного режиму річки Здвиж, які можуть впливати на розподіл радіонуклідів та їх мобільність у водному середовищі.

Вивчення динаміки накопичення радіонуклідів у водних біоресурсах у віддалений період після аварії має важливе науково-практичне значення для оцінки сучасного радіоекологічного стану водойм, прогнозування його змін та розробки рекомендацій щодо безпечного використання водних біоресурсів. Отримані результати можуть бути використані для розробки екологічних заходів, спрямованих на мінімізацію впливу радіоактивного забруднення та забезпечення безпечного використання водних біоресурсів Поліського регіону України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання динаміки накопичення радіонуклідів у водних екосистемах, зокрема у водних біоресурс-

сах, залишається одним із ключових напрямів сучасної радіоекології, особливо в контексті віддаленого періоду після Чорнобильської катастрофи.

Одним із базових джерел є результати багаторічних досліджень Інституту гідробіології НАН України. Зокрема, в роботі Гудкова Д. І. детально проаналізовано розподіл, міграцію та біологічні ефекти радіонуклідів у компонентах водних екосистем зони відчуження, зокрема ^{137}Cs і ^{90}Sr . Автор наголошує на значній міжвидовій варіативності накопичення радіонуклідів залежно від трофічного рівня риб, віку та біологічних особливостей [2, с. 11-13].

У дослідженнях Скиби В.В. проведених у водоймах Лісостепу України, було встановлено, що середня питома активність ^{90}Sr у риб коливалася в межах 0,1–1,3 Бк/кг, тоді як ^{137}Cs – від 0,2 до 13,2 Бк/кг. При цьому в незарегульованих ділянках річок вміст обох радіонуклідів був нижчим, що свідчить про ефективність природних процесів самоочищення в певних гідрологічних умовах [3, с. 145].

Smith J. T. та Beresford N. A. у своїй узагальнюючій праці [4] розробили математичні моделі динаміки розпаду та екологічного самоочищення водойм, що постраждали від Чорнобильської аварії. Моделі дозволяють прогнозувати зміни рівнів радіоактивного забруднення з урахуванням гідрологічних та біологічних чинників.

Серед сучасних вітчизняних досліджень, присвячених оцінці екологічної безпеки водних екосистем Полісся, слід згадати роботу Андрійчука В. О. та ін. [6, с. 43-57], де акцентується на необхідності моніторингу малих річок регіону, таких як Здвиж, які можуть мати локальні осередки підвищеного радіоактивного забруднення, що залишаються актуальними і через десятиліття після аварії.

Також варто зазначити дослідження Volkova O. M. та співавторів [7, с. 102-107], де представлено дані щодо вмісту техногенних радіонуклідів у гідробіонтах водойм півночі України. Було встановлено, що навіть у 2023 році у деяких видів риб із Київського та Канівського водосховищ вміст ^{137}Cs перевищував 10 Бк/кг, що є близьким до межі допустимих значень для продуктів харчування.

Узагальнюючи аналіз досліджень і публікацій, слід зазначити, що, незважаючи на значний обсяг накопичених даних щодо радіоактивного забруднення водних екосистем України, питання динаміки накопичення радіонуклідів у водних біоресурсах малих річок Житомирської області у віддалений період після аварії на ЧАЕС залишається недостатньо вивченим. Зокрема, потребують уточнення питання видових особливостей накопичення радіонуклідів різними видами риб та їх розподілу у різних органах і тканинах риб в сучасних умовах.

Аналіз попередніх досліджень свідчить, що рівень радіонуклідного забруднення водою значною мірою залежить від геохімічних особливостей території, структури донних відкладень та особливостей біоаккумуляції у водних організмах. Попередні роботи зосереджувалися на дослідженні рівня ^{137}Cs та ^{90}Sr у різних екосистемах, проте детальні дослідження щодо річки Здвиж відсутні.

Таким чином, незважаючи на значний період часу, що минув після аварії, дослідження свідчать про збереження екологічної загрози від ^{137}Cs та ^{90}Sr у водних екосистемах, зокрема у малих річках Житомирщини. Оцінка рівнів накопичення цих радіонуклідів у тканинах риби залишається актуальною для забезпечення екологічної та продовольчої безпеки регіону.

Формулювання цілей статті та матеріали і методи дослідження.

Метою дослідження є оцінка рівня накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr у водних біоресурсах річки Здвиж, визначення закономірності розподілу радіонуклідів у різних тканинах риби та оцінка можливих екологічних й біологічних ризиків.

Завдання дослідження:

- провести відбір проб риби у річці Здвиж для аналізу рівня радіонуклідів;
- визначити концентрації ^{137}Cs і ^{90}Sr у м'язовій тканині (туші) та внутрішніх органах риби;
- порівняти отримані результати із нормативами безпечності;
- проаналізувати можливі наслідки радіоактивного забруднення для іхтіофауни та рибного господарства.

Матеріали та методи. Польовий етап дослідження було проведено 08 січня 2025 року на річці Здвиж поблизу села Карабачин (Брусилівський район, Житомирська область), географічні координати місця відбору проб: 50.2833° пн. ш., 29.5333° сх. д. представлено на рисунку 1.

Вибір саме цього населеного пункту зумовлений зручністю доступу до водотоку та типовими гідрологічними умовами середнього перебігу річки Здвиж, що забезпечує репрезентативність відібраних проб для цілей гідроекологічного моніторингу.

У ході дослідження було виловлено чотири види риби, характерних для іхтіофауни даної річкової системи: товстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*), карась (*Cyprinus carpio*), карась (*Carassius auratus*) і щука (*Esox lucius*). Кожен зразок був розділений на дві частини: м'язову тканину (тушу) та голову з внутрішніми органами для окремого аналізу.

Лабораторні вимірювання проводилися у Вимірювальній лабораторії Поліського національного університету, яка у 2022 році пройшла аудит стану системи вимірювань та отримала Свідоцтво про відповідність вимогам ДСТУ ISO 10012:2005.

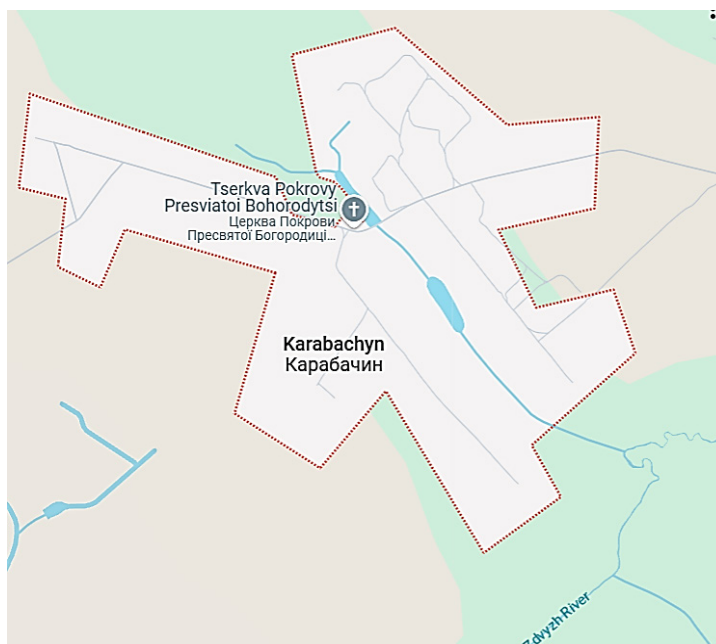


Рис. 1. Місце відбору проб

Визначення питомої активності ^{137}Cs здійснювалося методом гамма-спектрометрії, а ^{90}Sr – бета-спектрометрії. Для вимірювань використовувався сертифікований гамма-бета-спектрометр МКС-АТ1315 (виробник – АТОМТЕХ, Білорусь). Вимірювання здійснювались у два етапи:

- попереднє вимірювання робочого фонового спектру та контрольного фону протягом 3 годин з їх збереженням у пам'яті приладу;
- визначення активності наважок проб, які розміщували у посуд Марінеллі та встановлювали у блок захисту спектрометра.

Реєстрація гамма-випромінювання здійснювалася скінтіляційним блоком із кристалом йодиду натрію (63×63 мм), а бета-випромінювання – полістирольним детектором з пара-терфенілом (128×9 мм). Аналіз спектрів проводився у режимі реального часу із використанням програмного забезпечення SPTR.

Крім того, для оцінки потужності експозиційної дози гамма-випромінювання використовувався спектрометр-дозиметр МКГ-АТ1321 (виробник – АТОМТЕХ), обладнаний скінтіляційним детектором (NaI, 25×40 мм) та лічильником Гейгера-Мюллера. Вимірювання проводилися в безперервному режимі.

Статистична обробка результатів включала обчислення середніх значень, стандартних відхилень та побудову графіків варіацій за допомогою стандартних методів описової статистики.

Усі вимірювання проводились згідно з темою науково-дослідної роботи «Моніторингові дослідження біосфери Українського Полісся», що виконується відповідно до державної реєстрації у МОН України (№ 0124U000645).

Результати досліджень та їх обговорення. У ході дослідження було отримано дані щодо концентрацій радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у тканинах чотирьох видів риб річки Здвиж, представлені в таблиці 1. Результати наведені, як середні значення з відповідними стандартними відхиленнями.

Таблиця 1. Вміст радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у різних частинах тіла риб річки Здвиж (8 січня 2025 року)

Вид риби	Частина тіла	^{137}Cs , Бк/кг $\pm$ SD	^{90}Sr , Бк/кг $\pm$ SD
Товстолобик	Голова, внутрішні органи	$4,76 \pm 0,71$	$26,30 \pm 3,95$
Товстолобик	Туша	$2,51 \pm 0,38$	$22,50 \pm 3,38$
Короп	Голова, внутрішні органи	$5,45 \pm 0,82$	$25,10 \pm 3,77$
Короп	Туша	$3,16 \pm 0,47$	$17,50 \pm 2,63$
Карась	Голова, внутрішні органи	$2,05 \pm 0,31$	$24,30 \pm 3,65$
Карась	Туша	$0,95 \pm 0,14$	$19,70 \pm 2,96$
Щука	Голова, внутрішні органи	$1,53 \pm 0,23$	$13,30 \pm 2,00$
Щука	Туша	$3,17 \pm 0,48$	$12,90 \pm 1,94$

Примітка: результати подані як середнє значення $\pm$ стандартне відхилення (SD).

Отримані дані демонструють виражену диференціацію у накопиченні радіонуклідів між видами риб, а також між м'язовою тканиною та внутрішніми органами. На рисунку 2 наведено порівняльну характеристику розподілу радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у тканинах різних видів риб.

Загальна тенденція свідчить та з рисунку видно, що:

^{90}Sr у всіх видів риб накопичується переважно у голові з внутрішніми органами. Це узгоджується з його хімічною спорідненістю до кальцію і схильністю до акумуляції в кістковій та сполучній тканині.

^{137}Cs , як правило, також проявляє вищі концентрації у внутрішніх органах, окрім щуки, у якої спостерігається протилежна тенденція – переважне накопичення в м'язовій тканині.

Найвищі рівні ^{137}Cs були зафіксовані у коропа ($5,45 \pm 0,82$ Бк/кг), а найнижчі – у карася ($0,95 \pm 0,14$ Бк/кг, туша).

За вмістом ^{90}Sr лідирує товстолобик у внутрішніх органах ($26,30 \pm 3,95$ Бк/кг), що вказує на значну здатність цього виду до біоаккумуляції.

Ці особливості можуть бути пояснені видовими відмінностями в умовах живлення, біохімічному складі тканин, метаболізмі та поведінкових характеристиках. Фактичні концентрації радіонуклідів у всіх досліджених зразках не перевищують встановлені гігієнічні нормативи, однак деякі значення наближаються до межі допустимості, що зумовлює необ-

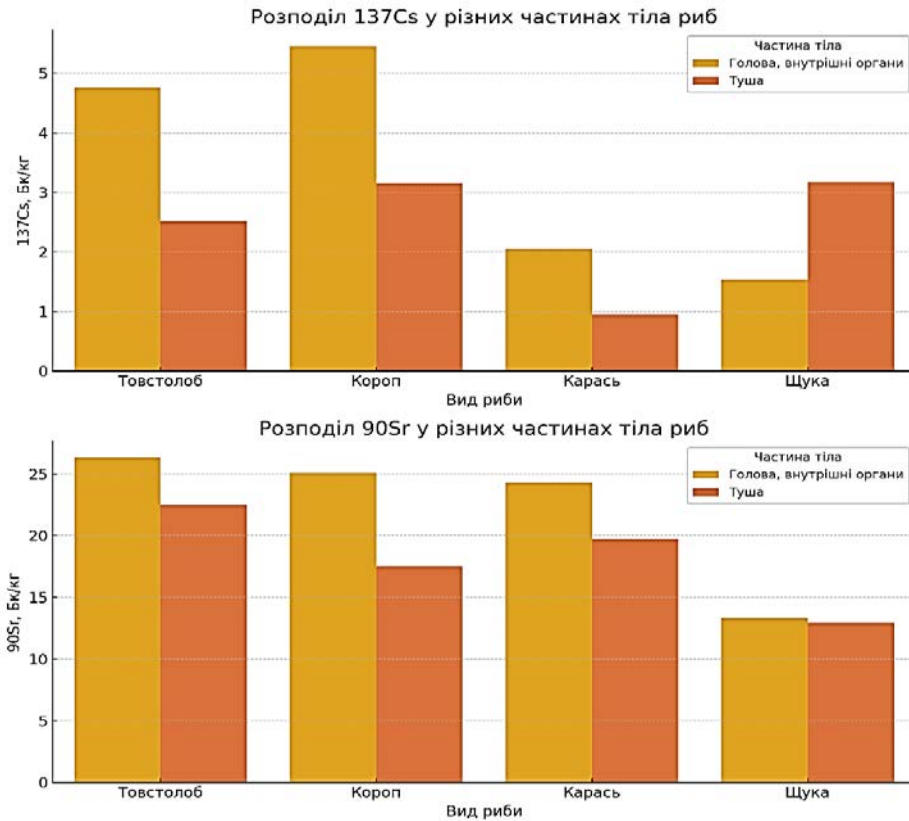


Рис. 2. Розподіл радіонуклідів в голові (з внутрішніми органами) та туші риб

хідність подальшого моніторингу.

Результати проведених досліджень підтверджують наявність видової та тканинної специфіки накопичення радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у водних біоресурсах річки Здвиж у віддалений період після аварії на ЧАЕС. Спостерігається тенденція до переважного накопичення ^{90}Sr у внутрішніх органах та кісткових структурах риб, що відповідає загальновідомим властивостям цього радіонукліда як хімічного аналога кальцію. Така закономірність є підтвердженням результатів попередніх досліджень, які вказують на інтенсивне біонакопичення стронцію-90 у скелетних структурах гідробіонтів [2, с. 11-13; 3, с. 145].

Щодо ^{137}Cs , який є аналогом калію, його розподіл між м'язовою тканиною та внутрішніми органами виявився видовим. Для товстолобика, коропа та карася характерне підвищене накопичення у голові та внутрішніх органах, тоді як у щуки, на відміну від інших видів, спостерігалось

переважне накопичення саме в м'язовій тканині. Така особливість може бути пов'язана з трофічною позицією щуки як хижака, що призводить до ефекту біомагніфікації, характерного для ^{137}Cs [6, с. 43-57].

Рівні вмісту ^{90}Sr залишаються вищими порівняно з ^{137}Cs у всіх досліджених пробах, що свідчить про його вищу біологічну доступність у конкретних умовах річкової екосистеми Здвижу. Крім того, результати підтверджують збереження локальних осередків радіоактивного забруднення у малих річках Полісся навіть через майже чотири десятиліття після аварії. Проведені раніше комплексні радіоекологічні дослідження водойм Придніпров'я засвідчують, що навіть через 30 років після аварії існує ризик вторинного забруднення водного середовища за рахунок міграції радіонуклідів із донних відкладень та гідробіонтів [5].

Аналіз показників середньої питомої активності показує, що найвищі концентрації ^{90}Sr зафіксовано у внутрішніх органах товстолобика ($26,30 \pm 3,95$ Бк/кг) та коропа ($25,10 \pm 3,77$ Бк/кг). У той час як для ^{137}Cs максимальні значення встановлено у внутрішніх органах коропа ($5,45 \pm 0,82$ Бк/кг). Найнижчі значення для обох радіонуклідів характерні для карася (особливо у туші) та щуки (в органах), що, ймовірно, пов'язано з меншим рівнем трофічної активності або обмеженим періодом біоаккумуляції.

Варто зазначити, що попри виявлені концентрації, жоден із показників не перевищує встановлених допустимих нормативів (150 Бк/кг для ^{137}Cs та 35 Бк/кг для ^{90}Sr) [8]. Це свідчить про умовну безпечність риби з річки Здвиж для споживання, однак потребує системного моніторингу з урахуванням потенційного кумулятивного ефекту та сезонних коливань.

Отримані результати збігаються з тенденціями, описаними у роботах Smith & Beresford [4] та Volkova et al. [6], які наголошують на збереженні забруднення в прибережних і донних зонах водойм, особливо в регіонах, що характеризуються низькою швидкістю течії та високим рівнем замулення.

Отримані результати корелюють з висновками, наведеними у дослідженні Білоконя Г., Ананьєвої Т. та Просяника Ю. [7], де вивчено накопичення ^{137}Cs та ^{90}Sr у промислових видах риб Запорізького водосховища. Автори відзначили, що хижаки та бентофаги демонструють вищі коефіцієнти біоаккумуляції, особливо щодо ^{137}Cs . Це підтверджує наші спостереження щодо домінуючого накопичення радіоцезію у м'язовій тканині щуки, як виду з вищою трофічною позицією.

Таким чином, дослідження засвідчує збереження радіоекологічного навантаження у водних екосистемах Полісся, підтверджує необхідність продовження комплексного радіоекологічного моніторингу та врахування специфіки розподілу радіонуклідів при оцінці ризиків для здоров'я населення.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Проведене дослідження підтвердило, що у віддалений період після аварії на ЧАЕС у водних біоресурсах річки Здвиж (Брусилівський район, Житомирська

область) зберігається біоаккумуляція довгоживучих радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr , що становить екологічну загрозу для річкової екосистеми Полісся.

Установлено чіткий розподіл радіонуклідів між тканинами:

^{90}Sr концентрується переважно у внутрішніх органах (особливо у товстолобика і коропа), що узгоджується з його спорідненістю до кальцію;

^{137}Cs має варіабельний розподіл: у більшості видів вищий рівень в органах, однак у щуки спостерігалось переважне накопичення у м'язовій тканині, що може свідчити про ефект біомагніфікації.

Концентрації обох радіонуклідів у досліджених зразках не перевищували діючих гігієнічних нормативів, проте в окремих випадках наближались до межових значень, що вказує на потенційні ризики при регулярному споживанні риби.

Виявлені тенденції відповідають загальним закономірностям біоаккумуляції в умовах післяаварійного радіоекологічного фону, зокрема в малих річках із низькою швидкістю течії та підвищеним рівнем замулення.

Отримані результати є вагомим внеском у формування доказової бази для радіоекологічного моніторингу, дозволяють уточнити сучасний стан забруднення водних екосистем Полісся та можуть бути використані для оцінки ризиків для здоров'я населення.

Перспективою подальших досліджень є вивчення сезонної та багаторічної динаміки концентрацій ^{137}Cs і ^{90}Sr у водних біоресурсах, аналіз репродуктивних і фізіологічних наслідків хронічного забруднення у різних видів риби, дослідження ефективності природних процесів самоочищення у водоймах регіону, а також, розробка екологічно обґрунтованих рекомендацій щодо безпечного рибальства, споживання водних ресурсів та ведення господарської діяльності в умовах радіоактивного фону.

DYNAMICS OF RADIONUCLIDE ^{137}CS AND ^{90}SR ACCUMULATION IN AQUATIC BIORESOURCES OF THE ZDVYZH RIVER (ZHYTOMYR REGION, UKRAINE) IN THE LONG-TERM PERIOD AFTER THE CHORNOBYL ACCIDENT

*Makhinko R. H. – Associate Professor,
Polissia National University,
vse-svit@ukr.net*

This article presents the results of a study on the accumulation of long-lived artificial radionuclides (^{137}Cs and ^{90}Sr) in the aquatic biological resources of the Zdvyzh River (Brusyliv District, Zhytomyr Region, Ukraine), a tributary of the Dnipro Basin located near the southern boundary of the Chernobyl Exclusion Zone.

The aim of the study was to characterize the persistent radioactive contamination in the aquatic ecosystem of small rivers in the Ukrainian Polissia nearly four decades after the Chernobyl disaster. Field sampling was conducted in January 2025, focusing on four common freshwater fish species: silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), common carp (*Cyprinus carpio*), crucian carp (*Carassius auratus*), and pike (*Esox lucius*). Biological samples were separated into muscle tissue and head with internal organs.

Radionuclide concentrations were determined using gamma spectrometry for ^{137}Cs and beta spectrometry for ^{90}Sr , employing certified equipment (MKS-AT1315 and MKH-AT1321) at the Measurement Laboratory of Polissia National University. The findings revealed distinct species- and tissue-specific patterns of radionuclide accumulation: ^{90}Sr was predominantly concentrated in skeletal structures, especially in the head, whereas ^{137}Cs was found mainly in muscle tissue, particularly in predatory species such as pike. Bioaccumulation varied depending on trophic level, feeding behavior, and metabolic activity. All measured concentrations remained below national safety limits, though in some cases they approached critical thresholds, highlighting the need for continued environmental monitoring. The results align with data from larger water bodies in the Dnipro basin, such as the Zaporizhzhia Reservoir.

Overall, the study confirms the persistence of radioecological memory in aquatic ecosystems of small rivers in the Ukrainian Polissia and emphasizes the necessity of incorporating local-scale monitoring into national safety frameworks. The findings are crucial for assessing ecological risks, conserving aquatic biodiversity, and shaping sustainable regional fishery management strategies.

Keywords: ^{137}Cs , ^{90}Sr , Zdvyzh River, freshwater fish, bioaccumulation, gamma spectrometry, aquatic ecology, Chernobyl, Polissia, ecological monitoring.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кашпаров В. О., Голяка Д. М., Левчук С. Є., Берковський В. Б. Зонування територій радіоактивного забруднення після Чорнобильської аварії. *Ядерна фізика та енергетика*. 2022. № 3. URL: <https://doi.org/10.15407/jnpae2022.03.182> (дата звернення: 01.02.2025).
2. Гудков Д. І. Радіонукліди в компонентах водних екосистем зони відчуження Чорнобильської АЕС: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра біол. наук : 03.00.01. Київ, 2006. 34 с.
3. Скиба В. В. Радіоекологічний моніторинг накопичення ^{90}Sr та ^{137}Cs в організмах риб деяких водойм Лісостепу України. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2023. № 2. URL: <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2023-182-2-145-154> (дата звернення: 05.02.2025).
4. Smith J. T., Beresford N. A. Chernobyl – Catastrophe and Consequences. Berlin : Springer-Praxis, 2005. 318 p. DOI: https://doi.org/10.1007/3-540-28079-0_1.
5. Дворецький А. І. Радіоекологія водойм Придніпров'я. *Вісник ЖНАЕУ*. 2016. № 1(55), Т. 3. С. 283-290.
6. Volkova O. M., Belyaev V. V., Prishlyak S. P., Gudkov D. I., Kaglyan O. Ye., Skyba V. V. Technogenic Radionuclides in Hydrobionts of the Northern

- Ukraine Water Bodies. *Hydrobiological Journal*. 2023. Vol. 59, № 6. P. 100-119.
7. Білоконь Г., Ананьєва Т., Просяник Ю. Моніторингові дослідження накопичення радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr рибами Запорізького водосховища. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2014. Вип. 67. С. 123-128.
 8. Про затвердження Державних гігієнічних нормативів Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді. Міністерства охорони здоров'я України, до електронних наукових баз даних : наказ М-ва охорони здоров'я України від 03 трав. 2006 р. № 256. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06> (дата звернення: 20.03.2025).
 9. Махінько Р. Г. Комплексні заходи по відновленню водойм Житомирського Полісся після Чорнобильської катастрофи. *Екологічні науки*. 2024. № 3(54). С. 57-63.
 10. Makhinko R. Long-term consequences of the Chornobyl disaster for aquatic ecosystems: A retrospective analysis and prognosis. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*. 2024. Vol. 15, № 2. P. 58-67.
 11. Романенко В. Д., Гудков Д. І., Кузьменко М. І. Гідробіонти водойм Чорнобильської зони. *Світгляд*. 2014. № 2(46). С. 37-46.
 12. Про затвердження державних санітарних правил «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України» : наказ М-ва охорони здоров'я України від 2 лютого 2005 року № 54.

REFERENCES

1. Kashparov, V. O., Holiaka, D. M., Levchuk, S. Ye., & Berkowskyi, V. B. (2022). *Zonuvannia terytorii radioaktyvnoho zabrudnennia pislia Chornobylskoi avarii* [Zoning of territories contaminated after the Chornobyl accident]. *Yaderna fizyka ta enerhetyka*, vol. 23, no. 3, 182-194. URL: <https://doi.org/10.15407/jnpae2022.03.182> (accessed: February 1, 2025). [in Ukrainian].
2. Hudkov, D. I. (2006). *Radionuklidy v komponentakh vodnykh ekosystem zony vidchuzhennia Chornobylskoi AES* [Radionuclides in components of aquatic ecosystems of the Chornobyl exclusion zone]: Doctoral dissertation abstract, specialty 03.00.01. Kyiv. [in Ukrainian].
3. Skyba, V. V. (2023). *Radioekologichniy monitorynh nakopychennia ^{90}Sr ta ^{137}Cs v orhanizмах ryb deiakyykh vodoim Lisostepu Ukrainy* [Radioecological monitoring of ^{90}Sr and ^{137}Cs accumulation in fish organisms of some forest-steppe reservoirs of Ukraine]. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnystva*, no. 2, 145-154. URL: <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2023-182-2-145-154> (accessed: February 5, 2025). [in Ukrainian].

4. Smith, J. T., & Beresford, N. A. (2005). Chernobyl – Catastrophe and Consequences. Berlin: Springer-Praxis. URL: https://doi.org/10.1007/3-540-28079-0_1
5. Dvoretzkyi, A. I., Sapronova, V. O., Baidak, L. A., Marenkov, O. M., & Bilokon, H. S. (2016). *Radioekolohiia vodoim Prydniprovia* [Radioecology of the Dnipro basin water bodies]. *Visnyk ZhNAEU*, no. 1(55), Vol. 3, 283-290. [in Ukrainian].
6. Volkova, O. M., Belyaev, V. V., Prishlyak, S. P., Gudkov, D. I., Kaglyan, O. Ye., & Skyba, V. V. (2023). Technogenic radionuclides in hydrobionts of the Northern Ukraine water bodies. *Hydrobiological Journal*, no. 59(6), 100-119.
7. Bilokon, H., Ananieva, T., & Prosiannyk, Yu. (2014). *Monitorynhovi doslidzhennia nakopychennia radionuklidiv ^{137}Cs ta ^{90}Sr rybamy Zaporizkoho vodoskhovyshcha* [Monitoring studies of ^{137}Cs and ^{90}Sr accumulation in fish of the Zaporizke reservoir]. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya biolohichna*, no. 67, 123-128. URL: <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/biology/article/view/4670/4703> (accessed: March 20, 2025). [in Ukrainian].
8. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy. (2006, May 3). *Pro zatverdzhennia derzhavnykh hihienichnykh normatyviv "Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv ^{137}Cs ta ^{90}Sr u produktakh kharchuvannia ta pytnii vodi"* [On approval of hygienic standards for ^{137}Cs and ^{90}Sr in food and drinking water] (Order No. 256). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06> (accessed: March 20, 2025). [in Ukrainian].
9. Makhinko, R. H. (2024). *Kompleksni zakhody po vidnovlenni vodoim Zhytomyrskoho Polissia pislia Chornobylskoi katastrofy* [Integrated measures for the restoration of water bodies in the Zhytomyr Polissia after the Chornobyl disaster]. *Ekolohichni nauky*, no. 3(54), 57-63. [in Ukrainian].
10. Makhinko, R. (2024). Long-term consequences of the Chornobyl disaster for aquatic ecosystems: A retrospective analysis and prognosis. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*, Vol. 15, no. 2, 58-67.
11. Romanenko, V. D., Hudkov, D. I., & Kuzmenko, M. I. (2014). *Hidrobionty vodoim Chornobylskoi zony* [Hydrobionts of the Chornobyl zone water bodies]. *Svitohliad*, no. 2(46), 37-46. [in Ukrainian].
12. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy. (2005, February 2). *Osnovni sanitarni pravyla zabezpechennia radiatsiinoi bezpeky Ukrainy* [Main sanitary rules for ensuring radiation safety of Ukraine] (Order No. 54). [in Ukrainian].

УДК 556.5:551.58:581.9:504:528.8

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.20>

ДОСЛІДЖЕННЯ НАСЛІДКІВ РУЙНАЦІЇ КАХОВСЬКОЇ ДАМБИ ТА ОСУШЕННЯ ВОДОСХОВИЩА ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ

Пічура В. І. – д. с.-г. н., професор,

Потравка Л. О. – д. е. н., професор,

Білошкурченко О. С. – здобувачка другого (магістерського)

рівня вищої освіти,

Херсонський державний аграрно-економічний університет,

pichuravitalii@gmail.com, potravkalarisa@gmail.com

В статті представлені результати комплексного науково-соціологічного дослідження наслідків руйнації Каховської дамби та осушення водосховища для населення південного регіону України, обґрунтування напрямів повоєнного функціонування території Каховського водосховища. Дослідження проведені за підтримки Canadian Institute of Ukrainian Studies (CIUS, University of Alberta) і програми Documenting Ukraine, a program of the Institute for Human Sciences, IWM Vienna.

Площа території досліджень Півдня України і акваторії Чорного моря складала близько 11,0 млн га. Основні етапи досліджень включали: 1 – дослідження стану ложа осушеного Каховського водосховища; 2 – дослідження стану Дніпровсько-Бузької естуарної системи і Чорного моря; 3 – дослідження стану території зони, де у довоєнний період здійснювалося зрошення; 4 – соціологічне дослідження «Каховське водосховище: минуле, сьогодення, майбутнє»; 5 – обґрунтування сценаріїв функціонування території Каховського водосховища. Отримані результати являються важливим інформаційним ресурсом документування війни в Україні, доказом вчинення екоциду з боку російського збройного агресора по відношенню до України та Європи, пошук шляхів відновлення пошкоджених територій та встановлення умов повернення людей, що потребує подальших наукових досліджень екологічних наслідків та актуалізує наукове обґрунтування напрямів соціально-економічного відновлення. Прогнозування та розробка сценаріїв функціонування цих територій на сьогодні можливо проводити лише шляхом оцінювання спроможності адаптації українців до сформованих умов. У зв'язку з цим важливим є продовження досліджень, здійснення постійного моніторингу стану тимчасово-окупованих, фронтових та прифронтових територій; продовження системних досліджень щодо причин і наслідків екоциду та геноциду; розширення території дослідження, збільшення індикації показників якості і складових навколишнього середовища; інформування населення і міжнародної спільноти через розміщення результатів дослідження про наслідки війни у публічного просторі; розробка геоінформаційних проєктів із детальним обґрунтуванням сценаріїв функціонування території Каховського водосховища і наслідків для водозалежних територій на основі басейнових принципів управління на засадах сталого розвитку; розробка картографічних проєктів просторового планування для повоєнного відновлення територій пошкоджених війною.

Ключові слова: вплив війни, Каховське водосховище, рослинність, якість води, зрошення, соціологічне дослідження, сценарії функціонування, сталий розвиток, Південь України.

Постановка проблеми. Повномасштабне російське вторгнення в Україну завдало великих людських, екологічних та економічних втрат. Ситуацію ускладнило руйнація 06 червня 2023 року дамби Каховської гідроелектростанції, що привело до осушення водосховища та знищення головного джерела водопостачання півдня України. Це негативно вплинуло на екологічний стан навколишнього середовища та викликало соціально-економічну кризу в регіонах зрошуваного землеробства. Тому, у повоєнний період важливим кроком є перегляд черговості цілей сталого розвитку півдня України для забезпечення виживання, повернення та подальшого існування населення, можливості розбудови територій. В цьому контексті проведені попередні дослідження мали локальний характер, що унеможливило системне бачення причинно-наслідкових зв'язків. Більшість публікацій у публічному просторі ґрунтувалися на припущеннях і не підтверджувалися фактичними даними. Тому, відсутність комплексних досліджень реального стану території осушеного Каховського водосховища, яка пов'язана з обмеженим доступом до території досліджень у зв'язку з активними бойовими діями та брак реальної інформації про стан усієї території катастрофи, ускладнювало об'єктивну оцінку наслідків екоциду для вибору сценарію повоєнного функціонування території водосховища. В цьому контексті, важливим є поєднання польових досліджень і даних супутникових знімків для здійснення достовірного комплексного дослідження і документування наслідків війни із врахуванням громадської думки і позиції місцевого населення щодо бачення напрямів регіональних стратегій і заходів повоєнного відновлення порушених територій. Результати та висновки проєкту отримані за результатами проведення комплексних польових досліджень, калібрування та дешифрування супутникових знімків Sentinel 2, Sentinel-3, Landsat 8-9.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Руйнування дамби Каховської ГЕС та осушення водосховища призвело до масштабної техногенної катастрофи, посилення негативних екологічних та соціально-економічних наслідків, початку природно-кліматичних трансформації осушеного водосховища. Наслідками руйнації дамби був різкий перепад рівня вод, аномальне підвищення швидкості і турбулізації течії, зриву донних наносів, затоплення та підтоплення прибережних територій, населених пунктів, абразія берегів, дифузне забруднення водойм та водотоків, порушення функціонування дельтово-озерної системи пониззя річки Дніпро, забруднення Дніпровсько-Бузького лиману і Чорного моря, загибель людей, гідробіонтів та планктонних тварин, наземної флори і фауни, осушення Каховського водосховища, зниження рівня води на 4,0 метри і більше на ділянці нижнього б'єфу нижче греблі ДніпроГЕС та осушення озер заплавної частини острова Хортиця, погіршення стану водозабезпечення прибе-

режних населених пунктів, знищення основного прісного джерела зрошення сільськогосподарських земель на площі більше 800 тис га та інших негативних наслідків. За даними МВС України до зони надзвичайної ситуації потрапили 180 населених пунктів, у яких проживало понад 900 тисяч людей. За даними Херсонської обласної військової адміністрації було затоплено 118 історичних пам'яток української культури.

У дослідженнях В. Вишневецького, С. Шевчука із співавторами [1] були представлені перші результати наслідків Каховської катастрофи на Пониззя Дніпра і акваторію Чорного моря. В подальших дослідженнях [2] вчені висвітили результати власних польових досліджень і дешифрування супутникових знімків формування рослинного покриву у верхній частині осушеного водосховища. Провели історико-картографічну реконструкцію території Великого Лугу, в результаті чого встановили, що її лісистість становила не більше 10 %. За думкою вчених, в подальшому, зміна клімату, зменшення вологості донних відкладів, внутрішньовидова конкуренція дерев зумовлять зменшення швидкості росту дерев, спровокують збільшення частинки тополь і зменшення площ верби, сприятимуть частковому пригніченню вегетації і висиханню прибережної рослинності.

Зокрема Д. Довганенко із співавторами [3] за використання супутникових знімків Sentinel 2, Landsat 8 і 9, встановлено, що просторова неоднорідна структура ґрунтового покриву висушеного пласта водойми сформована з чотирьох типів ґрунтів. Вчені відмічали, що добре зволоження донних відкладів стимулювало щільне заростання прибережної лінії і збільшення рослинного покриву в межах колишнього водосховища. Активна вегетація рослин продовжувалася до початку листопада 2023 року.

У роботі [4] наведені результати польових досліджень формування стану рослинного покриву у межах балок Кам'янка і Мілове, які розташовані на правобережній частині Каховського водосховища Національного природного парку «Кам'янська Січ». Вченими встановлено, що з 30 червня по 19 жовтня 2023 року кількість судинних рослин на територіях балок зросла майже у 7 разів, представлена 68 видами. За думкою вчених, швидке заселення вербами новоутворених субстратів відбулося завдяки збігу часу руйнування дамби і періоду дозрівання насіння верби.

За даними Інституту гідробіології Національної академії наук (ІГ НАН) України руйнація Каховської дамби призвела до загибелі молосків загальною масою до 500 тис. тонн [5]. В перші три дні катастрофи у пониззі та дельтово-озерній системі Дніпра загинуло більше 70 видів риби, у тому числі 18 червонокнижних. Зокрема, з Каховського водосховища [6] зникло 42 види риб загальною масою понад 11000 тон, що призвело до збитків промислового улову близько 2585 тонн на рік вартістю 5,4 млн дол. США. За додатковими розрахунками [7] ці збитки є значно

вищими. Зокрема, знищено 85 рибних господарств, втрати інфраструктури рибальства оцінюються у 270 мільйонів доларів США. Зафіксовано 150 офіційних випадків мору дельфінів у акваторії Чорного моря. Гідроудар та стрімке підняття рівня води у нижні течії Дніпра спричинило загибель більшості наземних безхребетних та хребетних тварин. Зокрема, затоплені 70 % ареалу світової популяції мишівки Нордмана, до 50 % ареалу сліпака, земляного зайця або емуранчика звичайного. Постраждали популяції мідянки звичайної, гадюки стрепетової, полоза жовточервоного, полоза сарматського та інші червонокнижні види. На затоплених територіях проживало близько 20 тисяч особин диких тварин. Внаслідок затоплення і підтоплення постраждало більше 50 об'єктів природно-заповідного фонду, зокрема 80 тис га заповідних територій втратили первозданий стан.

Каховське водосховище і зрошувані системи були важливим водогосподарським комплексом забезпечення сталого функціонування Півдня України. Будівництво водосховища було викликане посухами та голодоморами 1920-х, 1930-х та 1946-1947 років [8]. Водні резерви водосховища були розраховані для зрошення понад 1 млн га [9], зокрема понад 400 тис. га знаходилося в Херсонській області, понад 350 тис. га в Криму, 200 тис. га в Запорізькій області та понад 100 тис. га в Миколаївській та Дніпропетровській областях. Зокрема водосховище забезпечувало водопостачання віддалених міст Мелітополь, Бердянськ та прилеглі населені пункти Запорізької області. Каховське водосховище служило єдиним джерелом водопостачання для ставка-охолоджувача Запорізької атомної електростанції [10].

Осушення водосховища спричинило негативні зміни регіонального клімату водозалежних територій, що обумовило підвищення їх температури на 2,0 °C і більше, пришвидшення евапотранспірації у 1,41-2,04 рази, загострення водного дефіциту [7]. Слід акцентувати, що сформована наземна рослинна біомаса донних ландшафтів не здатна забезпечити належних умов пом'якшення кліматичних умов на рівні існування акваторії Каховського водосховища.

В останнє сторіччя посилення впливу техногенних чинників стало причиною збільшення частоти аномальних кліматичних проявів, що вплинуло на функціонування екосистем [11, 12]. Ознакою цих впливів стало зниження рівня вологозабезпеченості. Тому дефіцит води є серйозною проблемою, яка являється визначальним абіотичним фактором існування та виживання флори, фауни і людей. Близько 19 % населення світу потерпають від нестачі води, 35 % зрошуваних земель потребують додаткового водопостачання [13, 14]. Дефіцит води є причиною деградації екосистем, фактором зниження врожайності сільськогосподарських культур, що негативно впливає на темпи соціально-економічного розвитку територій [15, 16].

За даними прогнозування Інституту водних проблем та меліорації земель Національної академії сільськогосподарських наук [9] встановлено, що без зрошення половина нинішніх орних земель України буде непридатною для вирощування сільськогосподарських культур до 2050 року та дві третини до 2100 року, що відповідає щорічним втратам 13,5 млн тонн зернових та промислових культур і 11 млн тонн фруктів та овочів за поточної врожайності. Тому враховуючи потреби у воді для комунальних підприємств, промисловості та енергетики (включаючи Запорізьку атомну електростанцію), на думку авторів [9], відновлення Каховського водосховища є вкрай необхідним.

За результатами досліджень [17] розраховано, що осушені донні відкладення в сукупності містять близько 83,3 тис. тонн високотоксичних важких металів (Pb, Cd, Ni), з яких менше 1 % було змито в результаті руйнації Каховської дамби. Поллютанти, що залишилися, можуть впливати на водопостачання регіону, оскільки річкова вода широко використовується для компенсації дефіциту водопостачання внаслідок відсутності водосховища з його самоочисною, акумулюючою та буферною функціями. Тому існують протилежні думки про те, чи слід відновлювати Каховське водосховище. Зокрема існує думка, що річкова екосистема швидко відновлює свій стан, тому греблю відновлювати не потрібно, але, на думку вчених ІГ НАН України [15], ці фахівці ігнорують загрози, пов'язані з проблемою важких металів та їх накопиченням у харчових ланцюгах. З іншого боку, затоплення водосховища може пом'якшити цю проблему та сприяти економічному відновленню регіону. Як компроміс між цими двома варіантами, вчені запропонували зменшити площу водосховища шляхом будівництва 50-кілометрової греблі, яка відокремила б північно-східну частину Каховського водосховища (де в свій час була територія сакрального Великого Лугу) від іншої акваторії.

Постановка завдання. Здійснити комплексне науково-соціологічне дослідження наслідків руйнації дамби Каховської гідроелектростанції та осушення водосховища для населення південного регіону України, обґрунтування напрямів повоєнного функціонування території Каховського водосховища. В статті представлено узагальнення основних результатів досліджень, які частково висвітлені у попередніх публікаціях авторів. Дослідження проведені за підтримки Canadian Institute of Ukrainian Studies (CIUS, University of Alberta) і програми Documenting Ukraine, a program of the Institute for Human Sciences, IWM Vienna.

Матеріали та методи досліджень. Площа території досліджень Півдня України і акваторії Чорного моря склала близько 11,0 млн га (рисунок 1). Основні етапи досліджень включали: 1 – дослідження стану ложа осушеного Каховського водосховища; 2 – дослідження стану Дніпров-

сько-Бузької естуарної системи і Чорного моря; 3 – дослідження стану території зони, де у довоєнний період здійснювалося зрошення; 4 – соціологічне дослідження «Каховське водосховище: минуле, сьогодення, майбутнє»; 5 – обґрунтування сценаріїв функціонування території Каховського водосховища.

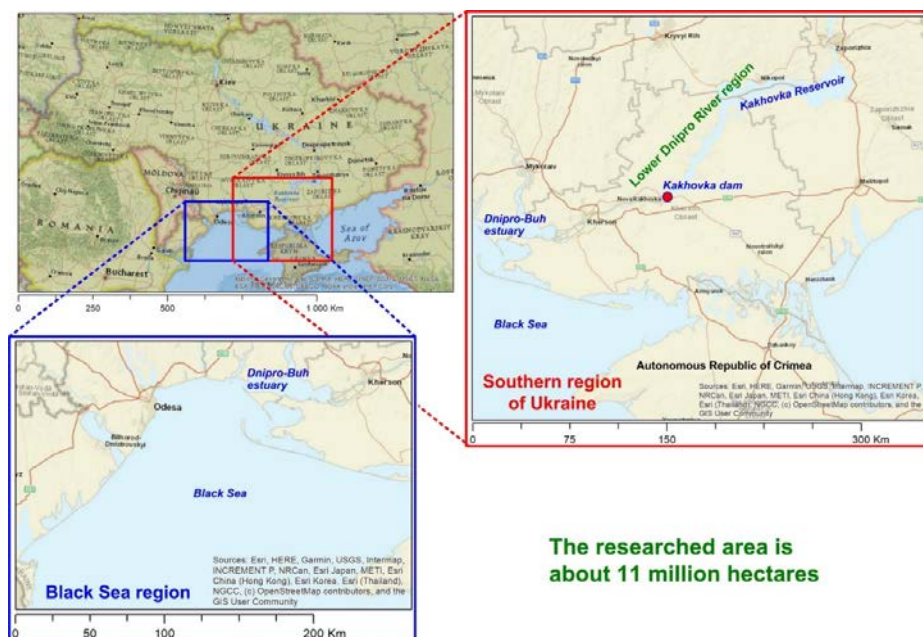


Рис. 1. Територія досліджень впливу воєнних дій

Етап 1 – дослідження стану ложа осушеного Каховського водосховища. Джерелом актуальних даних дослідження стану рослинного покриття в межах колишнього Каховського водосховища були польові спостереження на доступних територіях балки Кам'янка правобережної частини річки Дніпро, дані аеророзвідки водосховища на відрізку село Республіканець → місто Берислав Херсонської області. Супутникові знімки Sentinel 2 L2A і Sentinel-3 OLCI L1B використані для дешифрування та розрахунку індексів вегетації і синтезу хлорофілу рослинністю, визначення рівня зволоження рослинного покриття у період 18/06/2023–22/09/2024рр. Для досліджень використані методи дешифрування супутникових знімків: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Moisture Index (NDMI), Normalized Difference Water Index (NDWI), Terrestrial Chlorophyll Index (OTCI) [7, 18–20].

Етап 2 – дослідження стану Дніпровсько-Бузької естуарної системи і Чорного моря. Для аналіз стану поверхневих вод за 2021–2024 роки

використано фактичні дані польових натурних спостережень і оприлюднені дані Держаної екологічної інспекції Південного округу (ДЕІПО) України. Джерелом актуальних супутникових знімків для дешифрування та розрахунку необхідних індексів є дані космічних апаратів Sentinel 2 L2A, Sentinel-3 OLCI L1B і OLCI L2 Water. Дослідження якості поверхневих вод здійснено за біологічними та фізико-хімічними індикаторами на основі дешифрування супутникових: Maximum Peak-Height Index (MPHI), Chl-a, Phosphates, Turbidity, Total Suspended Matter (TSM), Colored Dissolved Organic Matter (CDOM) [21-23].

Етап 3 – дослідження стану території зони, де у довоєнний період здійснювалося зрошення. Здійснено картування просторового гідрологічного та гідротехнічного розподілу вологи на території лівобережжя Херсонської області у довоєнний період функціонування зрошуваних систем. Для картування розподілу гідротехнічних систем і територій фактичного зрошення, залягання ґрунтових вод на глибині до 5 метрів були використані дані Каховської гідрогеолого-меліоративної експедиції. Для побудови просторової мережі тальвегів здійснено картування гідрологічного розподілу опадів і зрошувальної води, основою є цифрова модель рельєфу SRTM30 із дозволом пікселю на місцевості 30×30 м. Визначення просторового розподілу тальвегів здійснено на основі гідрологічного геомодельовання робочого модуля Hydrologytools of Spatial Analyst Tools. Джерелом отримання актуальних даних дослідження природно-кліматичної трансформації важкодоступних і окупованих територій України у зоні зрошення є супутникові знімки Sentinel 2 L2A і Sentinel-3 SLSTR L1B. Знімки використані для дешифрування і розрахунку індексів вегетації рослинності, визначення зволоження і температури поверхні землі у липні 2021-2024 рр, виявлення стану водних ресурсів, пожеж та ерозійних процесів. Для досліджень використані методи дешифрування супутникових знімків: Bare soil index (BSI), Leaf Area Index (LAI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Detection of Evapotranspiration Levels Composite (DELC), Normalized Difference Moisture Index for Crop Moisture Stress (NDMI_{STRESS}), Land Surface Temperature (LST).

Етап 4 – соціологічне дослідження «Каховське водосховище: минуле, сьогодення, майбутнє». Дослідження складалося з двох блоків: 1) опитування респондентів місцевого населення Херсонської області за кількісними (чисельність, вікова група) та якісними (категорії населення – стать, вид та сфера діяльності) показниками; 2) аналіз і синтез наукових результатів наслідків руйнації Каховської дамби та осушення водосховища для інформаційно-візуального супроводу дискусії окремих питань анкети. Анкета містить 16 питань, які дозволили визначити позицію соціально активних громадян щодо повоєнного відновлення Херсонської області

та ролі у ньому Каховського водосховища. Дослідження проведено у січні-лютому 2025 року. В опитуванні прийняли участь 189 респондентів Херсонської області. Опитування проводилося методом CAPI – computer assisted personal interviews з використанням гугл-форми. Збір даних проводився двома методами: 1) інтерв'ю віч-на-віч; 2) метод розсилки СМС повідомлень мешканцям Херсонщини за їх попередньою згодою. Кількісна характеристика вибірки репрезентує населення Херсонської області за віком: 18-25 років – 42 особи (22,3 %), 26-40 роки – 69 осіб (36,7 %), 41-55 років – 63 особи (33,5 %), старше 55 років – 14 осіб (7,4 %). Якісна характеристика статтю мала таке співвідношення: чоловіки – 124 особи (65,6 %), жінки – 65 осіб (34,4 %). Опитування проводили серед жителів громад Херсонської області, які проявили ініціативу до участі у анкетуванні, їх життя і діяльність були безпосередньо пов'язані із функціонуванням водосховища у довоєнний період.

Етап 5 – обґрунтування сценаріїв функціонування території Каховського водосховища. Для обґрунтування різних сценаріїв функціонування території водосховища було використано результати власних досліджень, дані моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів державного агентства водних ресурсів України (<http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>), глобальні дані кліматичних досліджень Copernicus Climate Change Service (<https://atlas.climate.copernicus.eu/atlas>), дані дистанційного зондування Землі. Джерелом актуальних супутникових знімків для дешифрування та розрахунку необхідних індексів використані дані космічних апаратів Sentinel 2 L2A, Sentinel-3 SLSTR and OLCI L1B, Landsat 8-9. Для досліджень використані методи дешифрування супутникових знімків: Maximum Peak-Height Index (MPHI), Chl-a, Phosphates, Turbidity, Total Suspended Matter (TSM), Land Surface Temperature (LST), Evapotranspiration (ET_{LST}), Normalized difference vegetation index (NDVI), Above Ground Biomass (AGB), Carbon and CO₂, Terrestrial Chlorophyll Index (OTCI) [24].

Обробку зображень, картографування та просторово-часовий аналіз проводили за допомогою ArcGis 10.6.

Результати досліджень. Етап 1 – дослідження стану ложа осушеного Каховського водосховища. Наприкінці вересня 2023 року площа території, вкритої рослинами, становила 52,4 тис. га. Зимово-весняний період 2024 року характеризувався сприятливими кліматичними умовами, які обумовлені весняними паводками, в результаті настання яких було затоплено до 70 % території осушеного водосховища. Це спричинило суттєве накопичення вологи у донних відкладах, що сприяло швидкому приросту рослинної біомаси та активному синтезу хлорофілу у листях. У кінці вересня 2024 року площа рослинного покриття в межах колишнього водосховища збільшилася у 2 рази (рисунок 2).



Рис 2. Рослинний покрив Каховського водосховища

Території без рослинності вкрита мушлями, характеризується такирами, пісками, камінням, мілководдями (рисунок 3).

Максимальна площа заростання ложа водосховища за 2023-2024рр. склала – 135 тис. га, у тому числі 48 тис га становила деревовидна рослинність (верба і тополі); 87 тис га вкрито переважно болотною і лучною рослинністю з осередками чагарників (рисунок 4).

Відсутність опадів і аномальне збільшення температури повітря у липні 2024 року до рівня історичного максимуму (+40,5 - -42,0 °C) для регіону досліджень, спровокували пришвидшення випаровування та виснаження запасів вологи з ложа водосховища. Це стало причиною погіршення вегетації рослин, їх висихання та часткової деградації. Встановлено, що в кінці вересня 2024 року, 75,3 % рослинного покриву характеризувалися різним ступенем порушення вегетації. Значний рівень порушення нами зафіксовано на 43,5 % площі.

Передчасне висихання рослин призвело до втрати добрих властивостей синтезу хлорофілу на площі 72,8 % (рисунок 5).

Негативні процеси зумовили зменшення площі здорової рослинності на 26,3 тис га. З 27 липня по 19 серпня 2024 року зафіксовані пожежі у верхній частині водосховища на площі 320 га.



Такири



Мушлі, пісок, каміння, мілководдя



Рис. 3. Мозаїчна неоднорідність ділянок осушеного водосховища

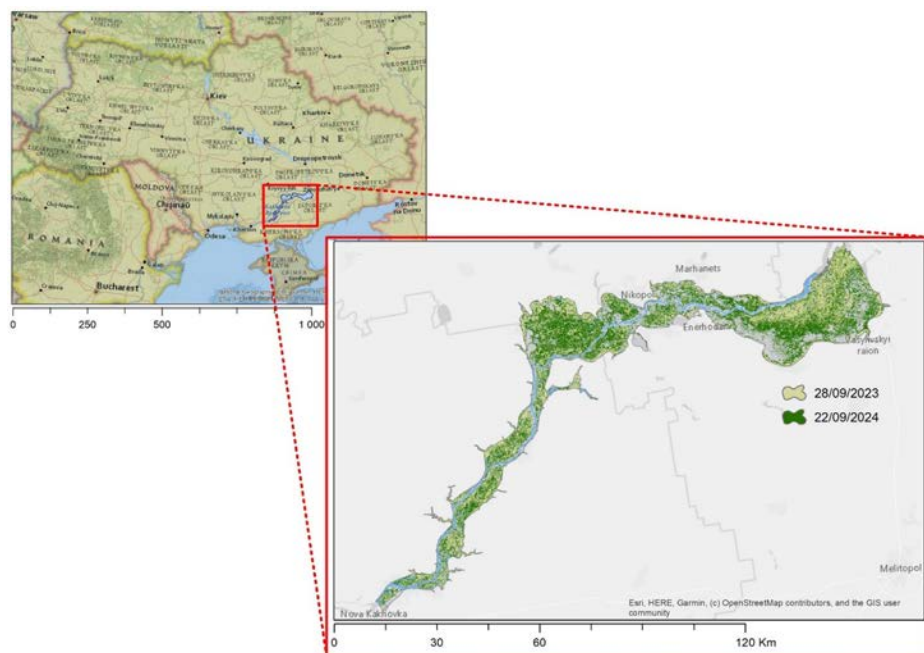


Рис. 4. Формування рослинного покриття в ложі водосховища в період вересень 2023-2024 рр.

Доведено, що зростання частоти кліматичних аномалій і зменшення об'ємів скидів вод Дніпровської гідроелектростанції до території колишнього Каховського водосховища є причиною ускладнення умови виживання рослин. У подальшому це стане причиною зменшенню щільності рослин з доброю вегетацією, збільшить площі деградованого покриття і посухою, підвищить частоту пожеж, зумовить втрату стійкості новоствореної екосистеми та призведе до знищення осередків рослинності [7, 18-20].

Етап 2 – дослідження стану Дніпровсько-Бузької естуарної системи і Чорного моря. Дослідження проведено за гідрологічними, біологічними і фізико-хімічними індикаторам, кожен з яких формує уявлення про стан якості води та функціонування акваторії. Встановлено негативні наслідки воєнних дій, які призвели у 2023 році до руйнації Каховської дамби, осушення водосховища, винесення політантів з перевищенням норм концентрації від 1,1 до 51,8 разів, забруднення водних ресурсів на 6800 км² акваторії естуарної системи та Чорного моря (рисунок 6).

Погіршення сезонних характеристик гідрологічного режиму Дніпровсько-Бузької естуарної системи у 1,42-1,82 рази призвело до застою водних мас, накопичення біогенними речовинами водних джерел з перевищенням норм у 2,1 рази, підвищення щільності розподілу водоростей

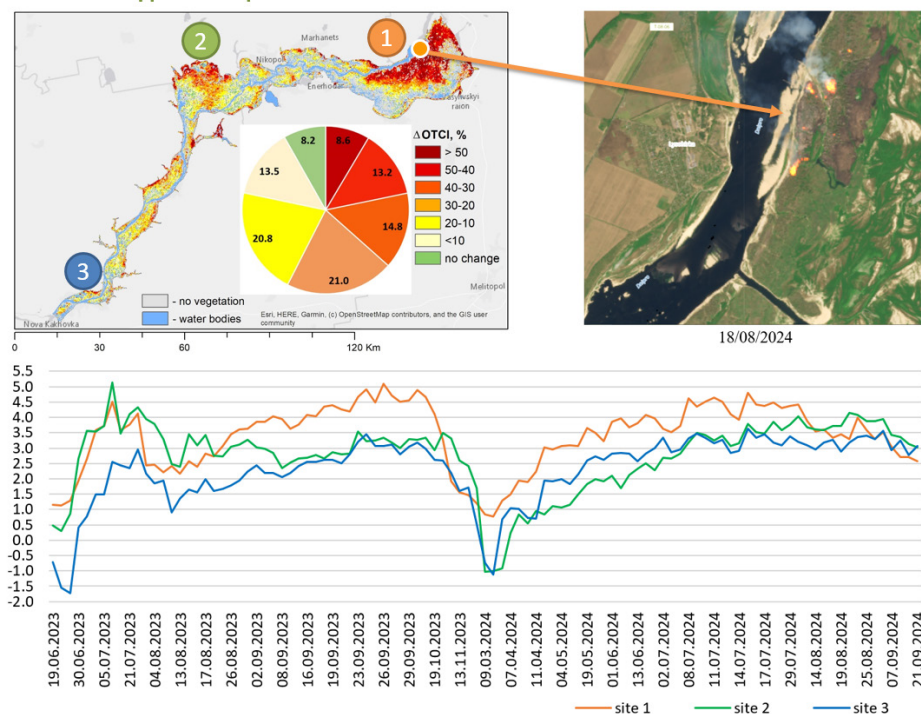


Рис. 5. Просторово-часова неоднорідність формування рослинного хлорофілу (OTCI) в ложі водосховища в період 2023-2024 рр.

Примітка: на карті показано погіршення вегетації рослинного покриву та передчасного висихання рослин, зниження рівня синтезу хлорофілу на різних ділянках Каховського водосховища; на супутникову знімку фіксуються осередки пожежі рослинного покриву

та збільшення концентрації хлорофілу у 2,9 рази, посилення евтрофікації (забруднення і цвітіння води) та значного погіршення якості поверхневих вод, погіршення фізико-хімічних властивостей води у 4,0 разів (рисунок 7).

У зважених і органічних речовинах спостерігалася висока щільність рослинних решток і найпростіших організмів (рисунок 8), насамперед, інфузорій *Oxytricha fallax*, *Vorticella microstoma*, *Uronema nigricans*, *Pseudoglaucocoma muscorum*, які характерні для полісапробної зони (забрудненої води) зі слабкою течією та значними зонами застою водних мас. Рослинні рештки з території Каховського водосховища змиваються весняними паводками та потрапляють до поверхневих вод.

Збільшення обсягів відмерлих решток та найпростіших організмів обумовлено їх вимиванням паводковими водами з донних осередків активного мулу ложа осушеного Каховського водосховища. Водними масами

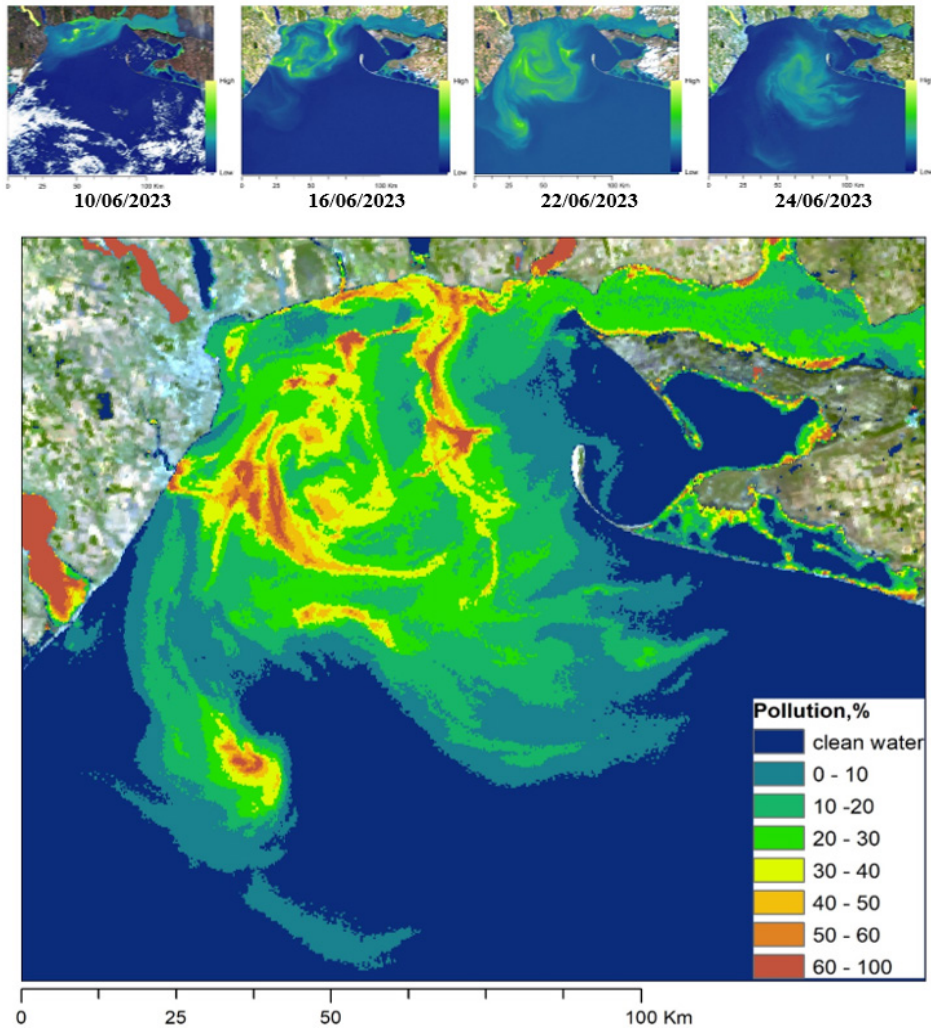


Рис. 6. Розповсюдження забруднених прісноводних мас у акваторії Чорного моря, період з 10/06 по 26/06/2023 р.

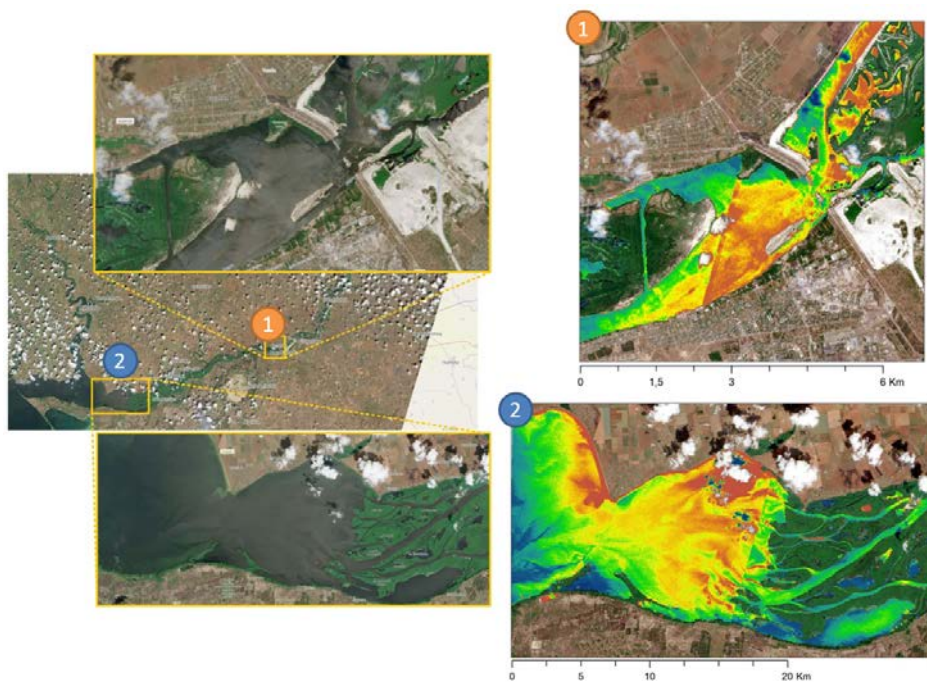


Рис. 7. Погіршення якості води у акваторії Дніпровсько-Бузької естураної системи, станом на початок червня 2024 року

Примітка: на супутниковому знімку відображено дві локації спостережень: перша локація – акваторія річки Дніпро біля зруйнованої дамби Каховської ГЕС; друга – гирло річки Дніпро і східна частина Дніпровсько-Бузького лиману. Якість води відповідає III-V класам забруднення: «помірно забруднені» (зелений колір), «брудні» (жовтий колір), «дуже брудні» (коричневий колір).

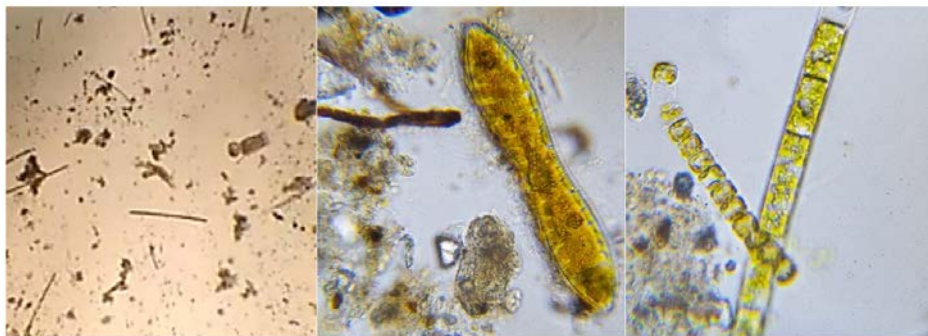


Рис. 8. Якість поверхневих вод річки Дніпро під мікроскопом, проби води відібрані біля міста Херсон: у воді фіксуються висока концентрація зважених і органічних речовин, висока щільність зоопланктону

вимиваються рослинні рештки та донні осади, які містять токсичні речовини і метали, а потім течією переміщуються і акумулюються у Дніпровсько-Бузькій естуарній системі і Чорному морі (рисунок 9). Це призвело до порушення стійкості і екологічного регресу прісноводних та морських водних екосистем [21-23].

Етап 3 – дослідження стану території зони, де у довоєнний період здійснювалося зрошення. Доведено, що воєнні дії, припинення землеробства, осушення Каховського водосховища, знищення зрошення стали причиною водного стресу, негативних наслідків природно-кліматичної трансформації та опустелення територій зони зрошення України.

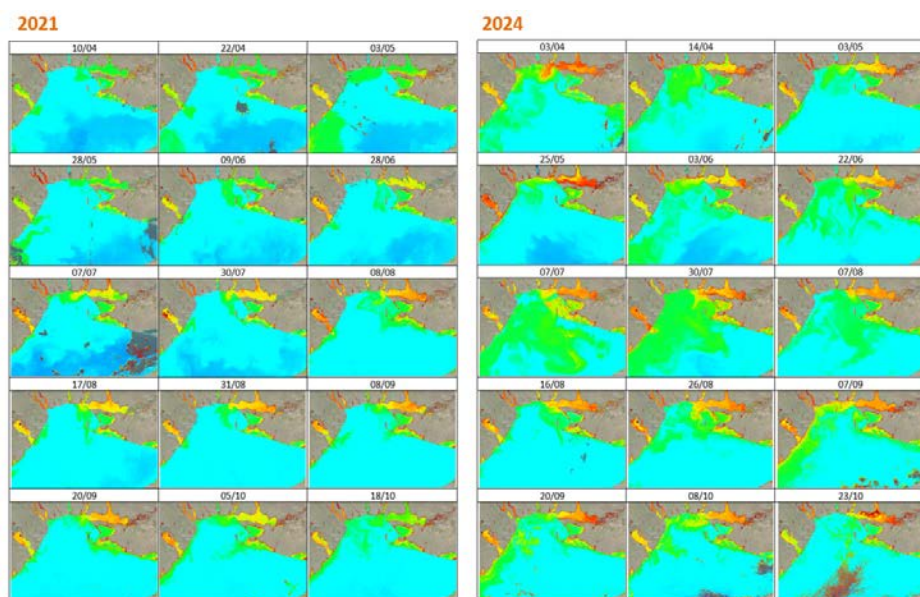


Рис. 9. Розповсюдження забруднюючих речовин у акваторії Дніпровсько-Бузького лиману і Чорного моря в результаті руйнації дамби Каховської ГЕС, червень-жовтень

Примітка: здійснено порівняння стану акваторії Дніпровсько-Бузького лиману і Чорного моря до руйнації (2021 рік) і після руйнації дамби (2024 рік). Зеленим, жовтим і червоним кольорами виділені акваторії розповсюдження різної концентрації забруднюючих речовин: «помірно забруднені» (зелений колір), «брудні» (жовтий колір), «дуже брудні» (червоний колір)

Площа фактичного зрошення в Україні становила 551,4 тис. га. Після повномасштабного воєнного вторгнення під контролем України залишилося 18 % площі зрошення. Більшість зрошувальних систем знаходиться на окупованих територіях Херсонської і Запорізької областей, Автономної

Республіки Крим. Встановлено, що осушення Каховського водосховища та відсутність зрошення зумовило порушення гідрологічних умов лівобережжя Херсонської області, що привело до зневоднення та осушення водойм на цих територіях (рисунк 10).



Рис. 10. Осушення водних об'єктів на тимчасово окупованій території лівобережжя Херсонської області станом на 2024 рік

Знищення галузі рослинництва та порушення добрих умов функціонування трав'яних степових біотопів стало причиною втрати рослинного покриву та оголення ґрунтів (рисунок 11), що призвело до підвищення нагріву поверхні ґрунту у 1,45-1,72 рази і пришвидшило випаровування ґрунтової вологи на 80 % території.

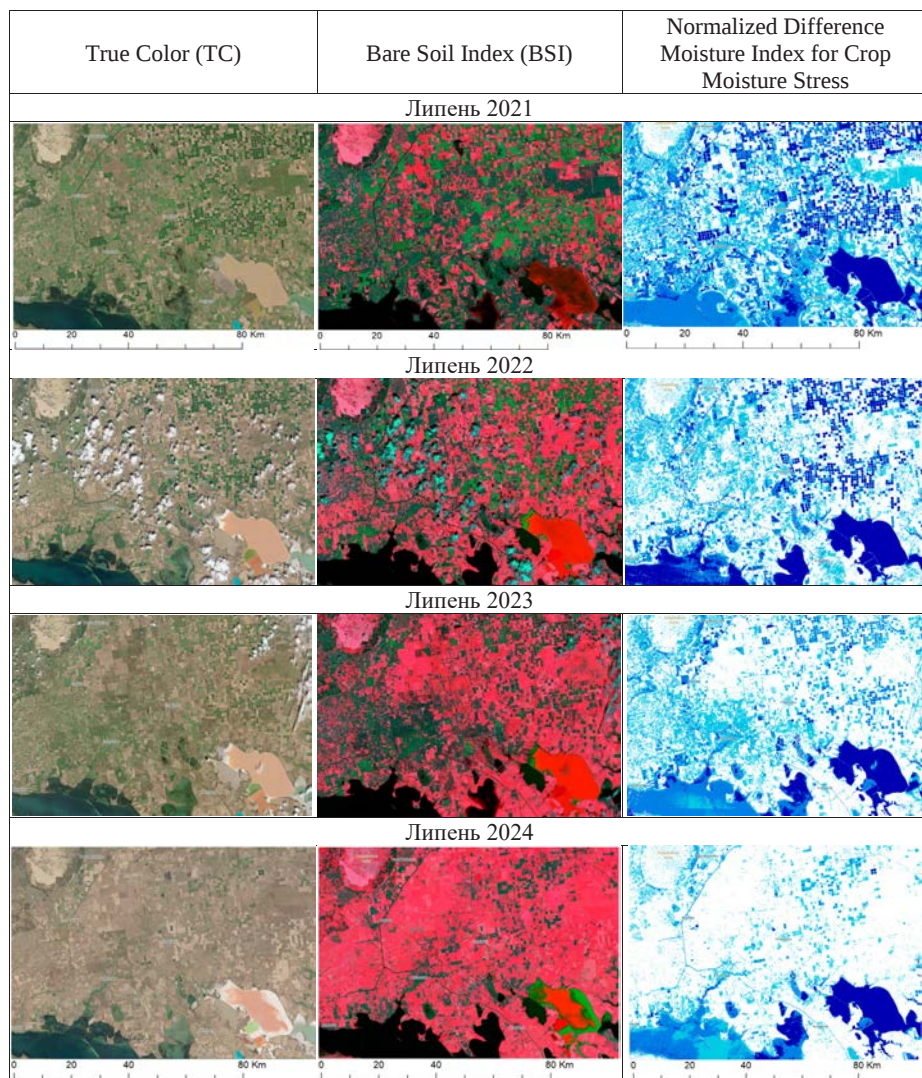


Рис. 11. Стан рослинного покриву та зволоження території у зоні зрошення на окупованому росією лівобережжі Херсонської області у липні 2021-2024 рр.

Примітка: Bare Soil Index (BSI). На знімках BSI яскраво-зелений колір вказує на добрий рівень вегетації агроценозів, що обумовлюється високим рівнем вологозабезпечення рослин, це властиво територіям зрошення. Темні відтінки зеленого кольору характеризують деревну рослинність, трав'яні степові біотопи, бур'яни, агроценози на незрошуваних землях. Червоний колір характеризує землі без рослинності.

Normalized Difference Moisture Index for Crop Moisture Stress (NDMI_{STRESS}). На знімках NDMI_{STRESS} за період 2021 до 2024 року спостерігається тенденція до зневоднення території зрошуваного землеробства Херсонської області, яка на даний момент являється окупованою. У 2024 році зволоження і вегетація агроценозів та природної рослинності фіксувалася на незначних територіях, де зволоження забезпечували ґрунтові водоносні горизонти, а також прибережні території малих річок, осушених водойм, території вздовж гідротехнічних каналів, залишки штучних лісів і садіб.

Знищення зрошення, виснаження верхніх прісноводних горизонтів і пришвиджене випаровування мінералізованих ґрунтових вод зумовили перенесення солей до верхнього шару ґрунту та підвищення їх концентрації, що привело до збільшення площ земель із вторинним засоленням та осолонцюванням. Спостерігаються осередки виходу солей на поверхню ґрунту площею від одного гектару до 400 га (рисунк 12).



Рис. 12. Засолення та осолонцювання земель на окупованому російською Лівобережжі Херсонської області станом на 23 вересня 2024 року (площа спостережень на знімку 40 тис. га)

Примітка: на знімках засолені землі визначаються нечіткими світло-сірими і білими контурами

Посуха та активні воєнні дії стали причинами пожеж у літньо-осінній період 2024 року на площі більше 200 тис га (рисунк 13). Посухи і сильні вітри швидкістю 20-30м/с призвели до втрат верхнього шару ґрунту (більше 600 т/га), епіцентри буревій охоплювали від 100 до 3000 га (рисунк 14).

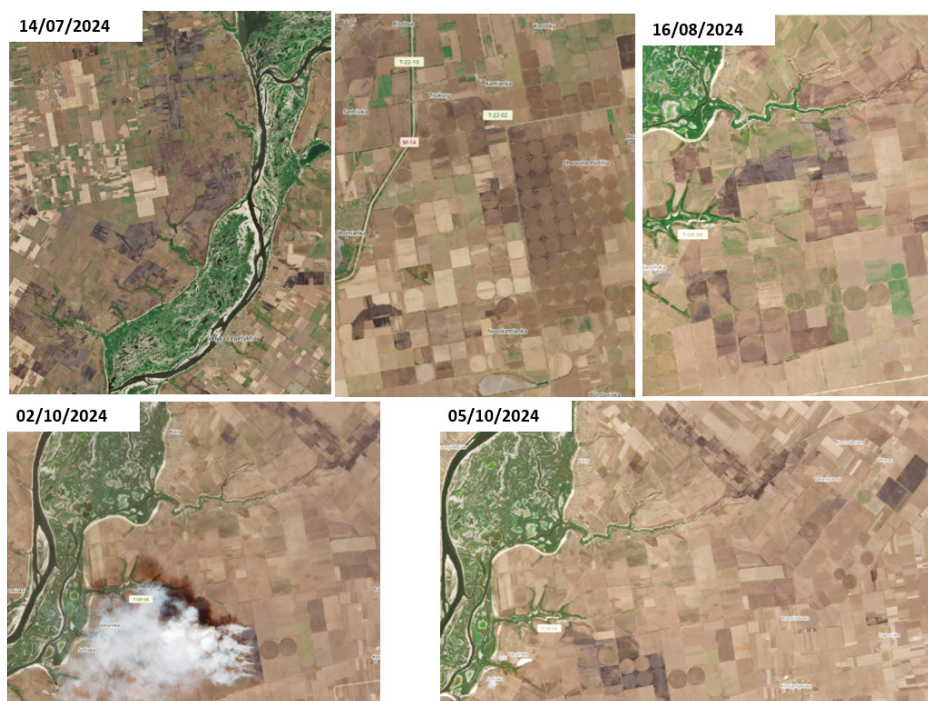


Рис. 13. Пожежі на території Херсонської області у 2024 році

Етап 4 – соціологічне дослідження «Каховське водосховище: минуле, сьогодення, майбутнє». Висновки ґрунтувалися на основі опитування респондентів місцевого населення Херсонської області за кількісними (чисельність, вікова група) та якісними (категорії населення – стаття, вид та сфера діяльності) показниками. За результатами соціального дослідження визначено, що для 79,4 % респондентів умови їх існування та господарська діяльність залежали від Каховського водосховища, 85,7 % опитуваних вважають, що процвітання Херсонської області залежало від функціонування водосховища. Встановлено, що 81,5 % респондентів вбачають за необхідне відновлення, заповнення і функціонування водосховища за новими технологіями. Зокрема, 65,8 % опитуваних вважають, що рішення повоєнного відновлення повинно ґрунтуватися на колегіальному баченні науковців, органів влади і місцевого самоврядування, міжнародних експертів та представників бізнесу. Встановлено, що 54 % респондентів віддали перевагу обізнаності наукової спільноти, достовірності і надійності інформації у наукових публікаціях. 88,0 % опитуваних дотримуються позиції, що осушення Каховського водосховища є комплексною проблемою забезпечення подальшого існування області у сфері економіки, екології, соціальної безпеки. Обговорення проблем відновлення Каховського

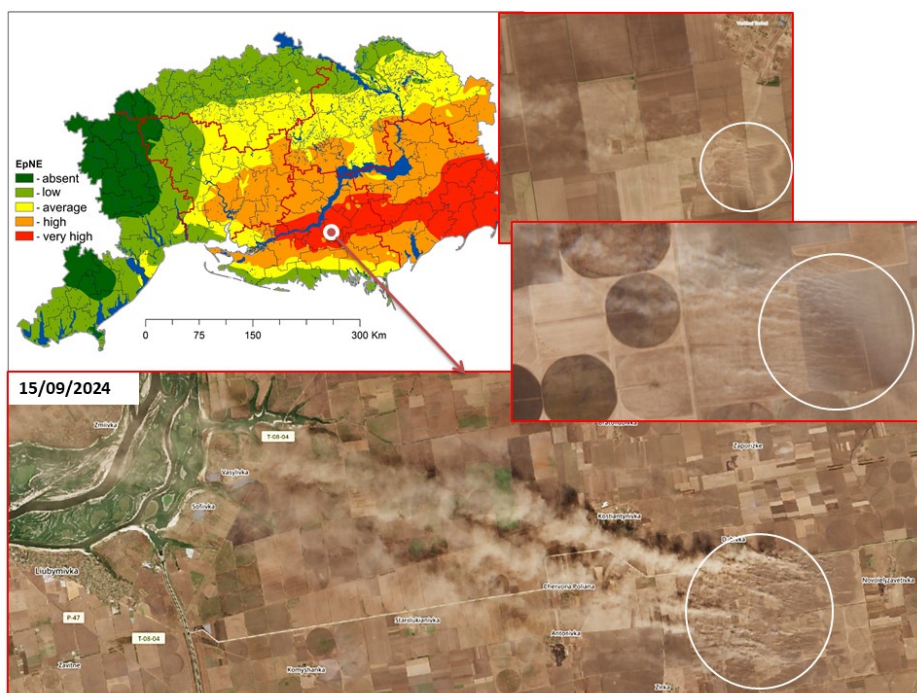


Рис. 14. Наслідки вітрової ерозії на окупованому росією лівобережжі Херсонської області у 2024 році, за даними Sentinel 2 L2A (EpNE – рівень дефляції степових ґрунтів без рослин)

водосховища є актуальним, оскільки 94,8 % респондентів на даний момент проживають на пошкоджених територіях, або планують повернення після війни. Таким чином, масштабність і шкода від знищення Каховського водосховища окупаційними військами визначається за рівнем небезпеки екологічних та соціально-економічних наслідків, а також можливості повоєнного відновлення пошкоджених територій відповідно баченню місцевого населення.

Етап 5 – обґрунтування сценаріїв функціонування території Каховського водосховища. Обґрунтовано напрями повоєнного функціонування території Каховського водосховища за трьома сценаріями (рисунок 15) [24]: сценарій 1 – відбудова дамби гідроелектростанції та заповнення водосховища відповідно умов його попереднього існування; сценарій 2 – формування природно-рослинної екосистеми; сценарій 3 – створення за сучасними технологіями природно-штучної системи водосховища з частковим наповненням водою і створенням лучно-болотного та лісового середовища у верхній частині водосховища.

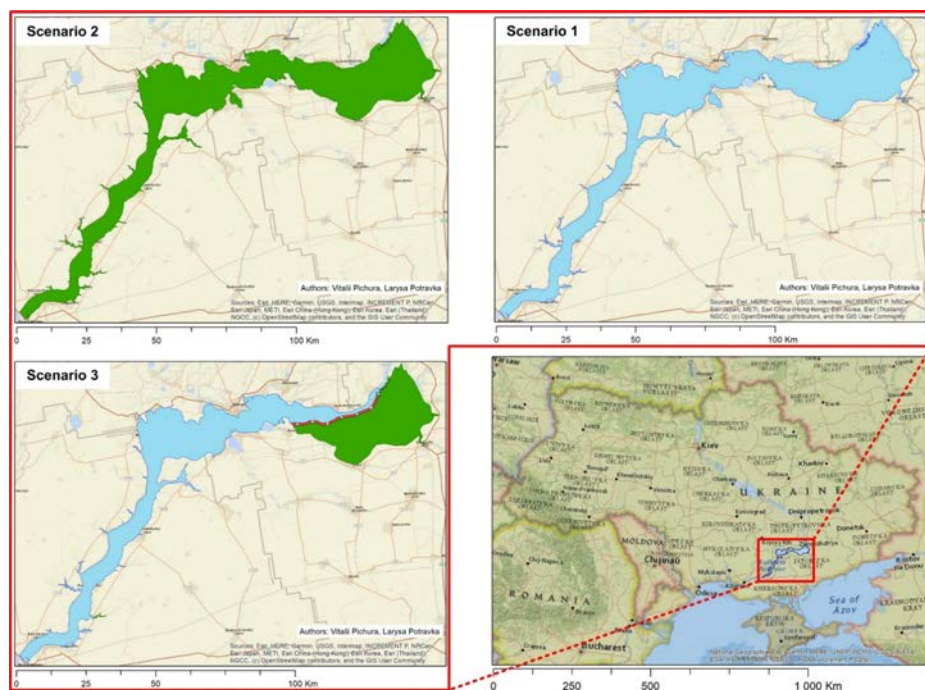


Рис. 15. Сценарії функціонування території Каховського водосховища

Для покриття питних і санітарно-гігієнічних потреб та зрошення для південних регіонах України необхідно на рік більше 500 млн м³ прісної води, зокрема для допоміжної діяльності рослинництва необхідно додатково 700 млн м³ води. Після осушення Каховського водосховища дослідниками висловлювалися різні думки щодо можливого покриття водного дефіциту Півдня України загальним об'ємом більше 1200 млн м³ прісної води на рік [24]:

– *Перше бачення* вчених ґрунтувалося на можливості покриття дефіциту води за рахунок резервів Дніпровського водосховища, яке розташоване найближче до територій водозабезпечення колишнім Каховськими водосховищем. Але за нашими гідрологічними дослідженнями визначено, що резерви Дніпровського водосховища не задовільнить ці потреби повною мірою, виникнуть нові екологічні проблеми і дефіцит води для водокористувачів регіону Дніпровського водосховища. Зокрема, споживання наднормових обсягів води з Дніпровського водосховища призведе до порушення водності, погіршення гідрологічного режиму і екологічної стійкості водних екосистем в нижній течії річки Дніпро.

– *Друге бачення* вчених ґрунтувалося на можливості забору води безпосередньо з русла річки Дніпро, яке проходить через долину осушеного

Каховського водосховища. За нашими дослідженнями це забезпечити неможливо. У маловодні роки водозабір з природного русла Дніпра не забезпечить навіть мінімального необхідного рівня водоспоживання покриття дефіциту води на Півдні України у літньо-осінній період. У роки із середньою водністю водозабезпечення річки не може покрити середній і максимальний рівень потреби місцевого населення у воді. У багатоводний період за умови максимального рівня водоспоживання води населенням, рівень забезпечення водою із річки Дніпро забезпечить лише 40-50 % потреби (рисунок 16).

– Третє бачення ґрунтувалося на можливості створення мережі свердловин на Півдні України для водозабору підземних вод. За нашими дослідженнями понаднормове використання стратегічно важливих запасів підземних вод для покриття дефіциту водоспоживання призведе до прискореного їх виснаження, заміщення прісноводних горизонтів солоними підпірними морськими водами Чорного і Азовського морів, що спричинить нову хвилю дефіциту води, стане причиною ущільнення, деградації та засолення ґрунтів.

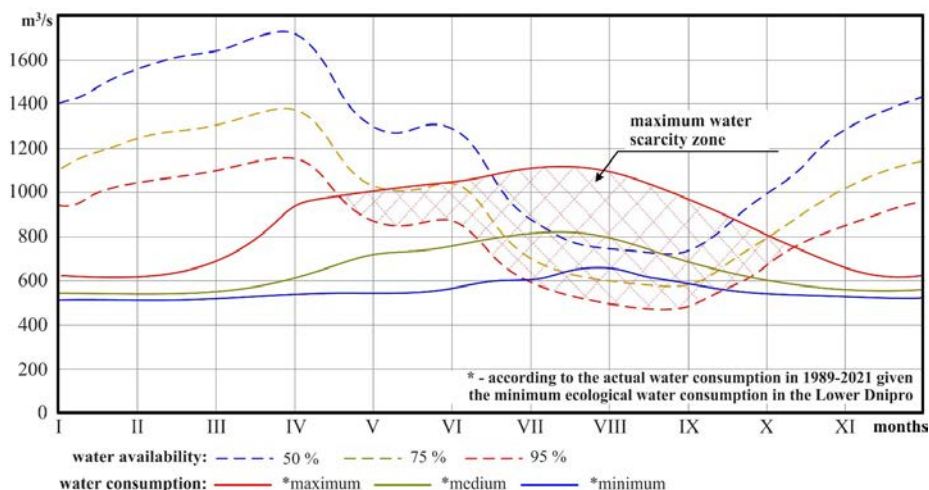


Рис. 16. Модель забезпечення південних регіонів України залежно від фактичної наявності води у руслі Дніпра за період 1981-2021 рр.

– Четверте бачення вчених ґрунтується на можливості опріснення та споживання солоних вод з Чорного та Азовського морів. За нашими дослідженнями застосування цієї технології є економічно не вигідною, енерговитратною і не спроможне задовольнити потреби у прісній воді. Зокрема, зменшення водоспоживання та застосування технологій

краплинного зрошення на каштанових солонцюватих та солончакуватих ґрунтах Півдня України, де рівень залягання мінералізованих ґрунтових вод має глибину 2-5 метрів, стане причиною збільшення осередків вторинного засолення ґрунтів та формування солончаків, що виключає ймовірність схвалення такого роду проєктів. Тому, відновлення зрошення та водопостачання може за умови відновлення Каховського водосховища.

В цьому контексті, на увагу заслуговує третій сценарій (рисунок 17) функціонування території Каховського водосховища. В свою чергу, це задовольнить потреби населення у воді, збереже різноманіття рослинних і донних біотопів природно-штучних екосистем, сприятиме досягненню цілей сталого розвитку та збалансованого природокористування на Півдні України.

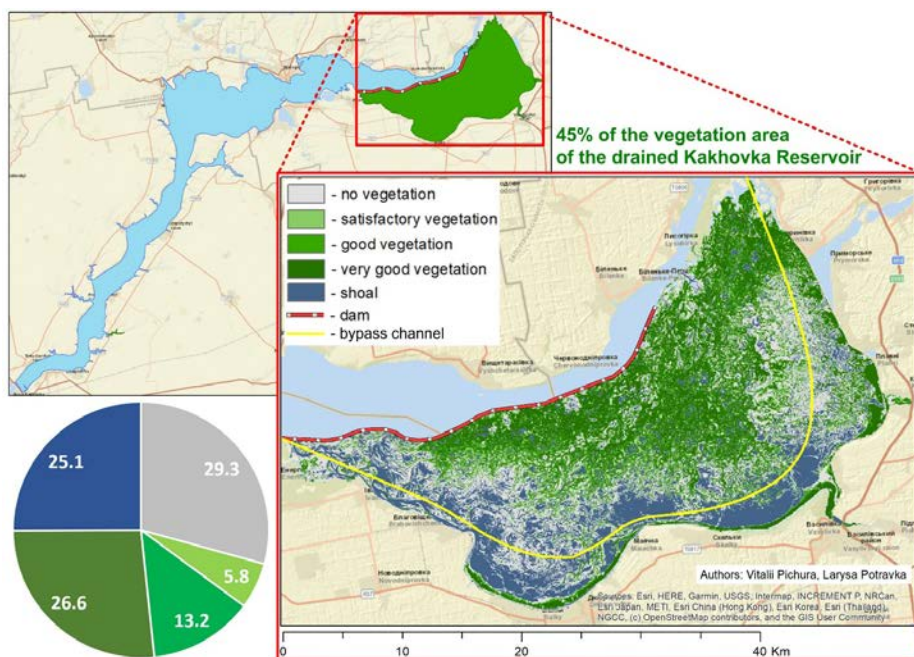


Рис. 17. Сценарій 3 – Природно-штучна система Каховського водосховища

Відновлення та раціональна експлуатація території Каховського водосховища та прилеглих територій повинні ґрунтуватися на основі адаптивно-ландшафтних протиерозійних принципів просторового планування водозбірної території річки Дніпро. Це дозволить оптимізувати структуру земельного фонду, відновити водоохоронну зону, зменшити ризики екологічної деструкції земельних і водних ресурсів, дозволить поліпшити екологічну ситуацію у зоні впливу Каховського водосховища. Тому, на сьогодні для України залишається актуальним питанням вибору оптимального сценарію повоєнного відновлення та функціону-

вання територій південного регіону з оцінюванням спроможності адаптації українців до нових умов існування.

В цьому контексті важливим є врахування громадської думки і позиції місцевого населення щодо напрямів регіональних стратегій і заходів повоєнного відновлення порушених територій, перегляд цілей та забезпечення сталого розвитку регіонів відповідно до соціально-економічних потреб та екологічного стану територіальних екосистем з урахуванням кліматичних змін [24].

Висновки. Отримані результати являються важливим інформаційним ресурсом документування війни в Україні, доказом вчинення екоциду з боку російського збройного агресора по відношенню до України та Європи, пошук шляхів відновлення пошкоджених територій та встановлення умов повернення людей, що потребує подальших наукових досліджень екологічних наслідків та актуалізує наукове обґрунтування напрямів соціально-економічного відновлення. Прогнозування та розробка сценаріїв функціонування цих територій на сьогодні можливо проводити лише шляхом оцінюванням спроможності адаптації українців до сформованих умов. У зв'язку з цим важливим є продовження досліджень, здійснення постійного моніторингу стану тимчасово-окупованих, фронтових та прифронтових територій; продовження системних досліджень щодо причин і наслідків екоциду та геноциду; розширення території дослідження, збільшення індикації показників якості і складових навколишнього середовища; інформування населення і міжнародної спільноти через розміщення результатів дослідження про наслідки війни у публічного просторі; розробка геоінформаційних проєктів із детальним обґрунтуванням сценаріїв функціонування території Каховського водосховища і наслідків для водозалежних територій на основі басейнових принципів управління на засадах сталого розвитку; розробка картографічних проєктів просторового планування для повоєнного відновлення територій пошкоджених війною.

RESEARCH INTO THE CONSEQUENCES OF THE KAKHOVKA DAM DESTRUCTION AND THE RESERVOIR'S DRAINAGE FOR UKRAINE'S POPULATION

*Pichura V. I., Potravka L. O., Biloshkurenko O. S.
Kherson State Agrarian and Economic University*

The article presents the results of a comprehensive scientific and sociological study on the consequences of the destruction of the Kakhovka dam and the draining of the reservoir for the population of the southern region of Ukraine, as well as the

justification of the directions for the post-war functioning of the Kakhovka reservoir area. The research was conducted with the support of the Canadian Institute of Ukrainian Studies (CIUS, University of Alberta) and the Documenting Ukraine, a program of the Institute for Human Sciences, IWM Vienna. The area of research in Southern Ukraine and the waters of the Black Sea amounted to approximately 11.0 million hectares. The main stages of the research included: 1 – studying the condition of the drained Kakhovka Reservoir bed; 2 – studying the condition of the Dnipro-Buh estuarine system and the Black Sea; 3 – studying the condition of the area where irrigation was carried out during the pre-war period; 4 – sociological research "Kakhovka Reservoir: past, present, future"; 5 – justification of scenarios for the functioning of the Kakhovka Reservoir area. The obtained results are an important informational resource for documenting the war in Ukraine, evidence of the ecocide committed by the Russian armed aggressor against Ukraine and Europe, the search for ways to restore damaged territories, and the establishment of conditions for the return of people, which requires further scientific research on ecological consequences and updates the scientific justification for the directions of socio-economic recovery. Forecasting and scenario development for the functioning of these territories can currently only be conducted by assessing the capacity of Ukrainians to adapt to the established conditions. In this regard, it is important to continue research, carry out constant monitoring of the situation in temporarily occupied, frontline, and near-frontline territories; and to continue systematic studies on the causes and consequences of ecocide and genocide; expansion of the research area, increase in the indication of quality indicators and components of the environment; informing the population and the international community by publishing research results on the consequences of the war in the public domain; the development of geoinformation projects with a detailed justification of the functioning scenarios of the Kakhovka Reservoir area and the consequences for water-dependent territories based on basin management principles grounded in sustainable development; the development of cartographic projects for spatial planning for the post-war recovery of areas damaged by the war.

Keywords: impact of the war, Kakhovka Reservoir, vegetation, water quality, irrigation, sociological research, functioning scenarios, sustainable development, Southern Ukraine.

Acknowledgments. The research is supported by the Canadian Institute of Ukrainian Studies (CIUS) of the University of Alberta. Grant 25OCT24.

The project was supported by Documenting Ukraine, a program of the Institute for Human Sciences, IWM Vienna.

ЛІТЕРАТУРА

1. Vyshnevskiy V., Shevchuk S., Komorin V., Oleynik Yu., Gleick P. The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water International*. 2023. Vol. 48 (5). P. 631-647. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2023.2247679>
2. 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*. 2024. Vol. 17(2). P. 147-164. DOI: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2024-0014>
3. Dovhanenko D. O., Yakovenko V. M., Brygadyrenko V. V., Boyko O. O. Characteristic of the dried-up zone formed as a result of the breach of the

- Kahovka dam. *Biosystems Diversity*. 2024. Vol. 32(2). P. 285-295. DOI: <https://doi.org/10.15421/012431>
4. Kuzemko A., Prylutskyi O., Kolomytsev G., Didukh Y., Moysiyenko I., Borsukevych L., Chusova O., Splodytel A., Khodosovtsev O. Reach the bottom: plant cover of the former Kakhovka Reservoir, Ukraine. *Research Square*. 2024. DOI: 10.21203/rs.3.rs-4137799/v1
 5. Росія використовує водосховища як зброю, коли під час військових дій навмисно знищує греблі та дамби (стаття за авторством співробітників Інституту гідробіології НАНУ у Science). Опубліковано: 17 березня 2025. URL: <https://hydrobio.kiev.ua/ua/novyny/236-2025/berezen/173-rosiia-vykorystovuie-vodoskhovyshcha-iak-zbroiu-koly-pid-chas-viiskovykh-dii-navmysno-znyshchuie-hrebli-ta-damby-stattia-za-avtorstvom-spivrobitnykiv-instytutu-hidrobiolohii-nanu-u-science>
 6. Novitskyi R., Hapich H., Maksymenko M., Kovalenko V. Loss of fisheries from destruction of the Kakhovka reservoir. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81(1). P. 315-323. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314890>
 7. 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*. 2024. № 25(7). P. 82-104. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/187961>
 8. Hrebin V., Khilchevskyi V., Stashuk V., Chunarov O., Yaroshevych O. Water fund of Ukraine: Artificial body of water – Reservoirs and ponds. *Interpres*. 2014. 164 p.
 9. Romashchenko M., Faybishenko, B., Onopriienko, D., Hapich H., Novitskyi R., Dent D., Saidak R., Usatyi S., Roubik H. Prospects for restoration of Ukraine's irrigation system. *Water International*. 2025. Vol. 50(2). P. 104-120. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2025.2472718>
 10. Grossi R. IAEA director general statement on situation in Ukraine. 2023. URL: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/update-191-iaea-director-general-statement-on-situation-in-ukraine>
 11. Dikshit A., Pradhan B., Alamri A. M. Long lead time drought forecasting using lagged climate variables and a stacked long short-term memory model. *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 755(2). 142638. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142638>
 12. Felice M. D., Soares M. B., Alessandri A., Troccoli A. Scoping the potential usefulness of seasonal climate forecasts for solar power management. *Renewable Energy*. 2019. Vol. 142. P. 215-223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.134>
 13. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y. Four Billion People Facing Severe Water Scarcity. *Science Advances*. 2016. Vol. 2. e1500323. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>

14. Tao Y., Tao Q., Qiu J., Pueppke S.G., Gao G., Ou W. Integrating water quantity- and quality-related ecosystem services into water scarcity assessment: A multi-scenario analysis in the Taihu Basin of China. *Applied Geography*. 2023. Vol. 160. 103101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.103101>
15. Wei J., Lei Y., Liu L., Yao H. Water scarcity risk through trade of the Yellow River Basin in China. *Ecological Indicators*. 2023. Vol. 154. 110893. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110893>
16. Li M., Yang X., Wang K., Di C., Xiang W., Zhang J. Exploring China's water scarcity incorporating surface water quality and multiple existing solutions. *Environmental Research*. 2024. Vol. 246. 118191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118191>
17. Shumilova O. et al. Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*. 2025. Vol. 387. P. 1181-1186. DOI: 10.1126/science.adn8655
18. Пічура В.І., Потравка Л.О. Кліматично-гідрологічні умови формування рослинного покриву на території осушеного Каховського водосховища. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2024. № 2(16). С. 118-141. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2024.2.10>
19. 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*. 2025. Vol. 26(4). P. 357-373. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/202227>
20. Pichura V., Potravka L., Dent, D. The Kakhovka Sea Before and After the Destruction of the Kakhovka Dam. *Natural Built Social Environment Health*. 2025. Vol. 1(1). P. 104-133. DOI: <https://doi.org/10.63095/NBSEH.25.290237>
21. 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*. 2024. Vol. 25(11). P. 58-82. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/192154>
22. Пічура В. І., Потравка Л. О., Багінський О. С. Вплив війни на стан акваторії Дніпровсько-Бузької естуарної системи та Чорного моря. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2024. № 1(15). С. 105-136. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2024.1.9>
23. Pichura V., Potravka L., Kutishchev P. Consequences of Sabotage of the Kakhovka Dam on the Waters of the Dnipro-Buh Estuary and the Black Sea. *Natural Built Social Environment Health*. 2025. Vol. 1(1). P. 134-160. DOI: <https://doi.org/10.63095/NBSEH.25.877655>
24. Pichura V., Potravka L., Stoiko N., Dudych H. Scenarios for the Functioning of the Kakhovka Reservoir Territory. *Journal of Landscape Ecology*. 2025. Vol. 18(3). P. 118-154. DOI: 10.2478/jlecol-2025-0023

REFERENCES

1. Vyshnevskiy V., Shevchuk S., Komorin V., Oleynik Yu., Gleick P. (2023). The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water International*, Vol. 48(5), 631-647. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2023.2247679>
2. Vyshnevskiy V. I., Shevchuk S. A. (2024). Natural Processes in the Area of the Former Kakhovske Reservoir After the Destruction of the Kakhovka HPP. *Journal of Landscape Ecology*, Vol. 17(2), 147-164. DOI: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2024-0014>
3. Dovhanenko D. O., Yakovenko V. M., Brygadyrenko V. V., Boyko O. O. (2024). Characteristic of the dried-up zone formed as a result of the breach of the Kahovka dam. *Biosystems Diversity*, Vol. 32(2), 285-295. DOI: <https://doi.org/10.15421/012431>
4. Kuzemko A., Prylutskyi O., Kolomytsev G., Didukh Y., Moysiienko I., Borsukevych L., Chusova O., Splodytel A., Khodosovtsev O. (2024). Reach the bottom: plant cover of the former Kakhovka Reservoir, Ukraine. *Research Square*. DOI: 10.21203/rs.3.rs-4137799/v1
5. *Rosiiia vykorystovuie vodoshkovyshcha yak zbroiu, koly pid chas viiskovykh dii navmysno znyshchuie hrebli ta damby (stattia za avtorstvom spivrobitnykiv Instytutu hidrobiolohii NANU u Science)* [Russia is using reservoirs as a weapon by deliberately destroying dams and barriers during military operations (an article by employees of the Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine in Science). Published: March 17, 2025]. URL: <https://hydrobio.kiev.ua/ua/novyny/236-2025/berezen/173-rosiia-vykorystovuie-vodoshkovyshcha-iak-zbroiu-koly-pid-chas-viiskovykh-dii-navmysno-znyshchuie-hrebli-ta-damby-stattia-za-avtorstvom-spivrobitnykiv-instytutu-hidrobiolohii-nanu-u-science> [in Ukrainian].
6. Novitskyi R., Hapich H., Maksymenko M., Kovalenko V. (2024). Loss of fisheries from destruction of the Kakhovka reservoir. *International Journal of Environmental Studies*, Vol. 81(1), 315-323. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314890>
7. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Bahinskyi O. (2024). Natural and climatic transformation of the Kakhovka Reservoir after the destruction of the dam. *Journal of Ecological Engineering*, no. 25(7), 82-104. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/187961>
8. Hrebin V., Khilchevskiy V., Stashuk V., Chunarov O., Yaroshevych O. (2014). Water fund of Ukraine: Artificial body of water – Reservoirs and ponds. *Interpres*, 164.
9. Romashchenko M., Faybishenko, B., Onopriienko, D., Hapich H., Novitskyi R., Dent D., Saidak R., Usatyi S., Roubik H. (2025). Prospects for restoration of Ukraine's irrigation system. *Water International*, Vol. 50(2), 104-120. DOI: <https://doi.org/10.1080/02508060.2025.2472718>

10. Grossi R. (2023). IAEA director general statement on situation in Ukraine. URL: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/update-191-iaea-director-general-statement-on-situation-in-ukraine>
11. Dikshit A., Pradhan B., Alamri A.M. (2021). Long lead time drought forecasting using lagged climate variables and a stacked long short-term memory model. *Science of the Total Environment*, Vol. 755(2), 142638. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142638>
12. Felice M. D., Soares M. B., Alessandri A., Troccoli A. (2019). Scoping the potential usefulness of seasonal climate forecasts for solar power management. *Renewable Energy*, Vol. 142, 215-223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.134>
13. Mekonnen M. M., Hoekstra A. Y. (2016). Four Billion People Facing Severe Water Scarcity. *Science Advances*, Vol. 2, e1500323. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500323>.
14. Tao Y., Tao Q., Qiu J., Pueppke S.G., Gao G., Ou W. (2023). Integrating water quantity- and quality-related ecosystem services into water scarcity assessment: A multi-scenario analysis in the Taihu Basin of China. *Applied Geography*, Vol. 160, 103101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2023.103101>
15. Wei J., Lei Y., Liu L., Yao H. (2023). Water scarcity risk through trade of the Yellow River Basin in China. *Ecological Indicators*, Vol. 154, 110893. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110893>
16. Li M, Yang X., Wang K., Di C., Xiang W., Zhang J. (2024). Exploring China's water scarcity incorporating surface water quality and multiple existing solutions. *Environmental Research*, Vol. 246, 118191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118191>
17. Shumilova O. et al. (2025). Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*, Vol. 387, 1181-1186. DOI: [10.1126/science.adn8655](https://doi.org/10.1126/science.adn8655)
18. Pichura V., Potravka L., (2024). *Klimatychno-hidrolohichni umovy formuvannia roslynnoho pokryvu na terytorii osushenoho Kakhovskoho vodoskhovyshcha* [Climatic and hydrological conditions of the formation of vegetation cover on the territory of the drained Kakhovka reservoir]. *Water Bioresources and Aquaculture*, no. 2(16), 118-141. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2024.2.10> [in Ukrainian].
19. Pichura V., Potravka L., Boiko P. (2025). Climatic and hydrological conditions for the formation of vegetation cover in the drained Kakhovka Reservoir's territory. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, Vol. 26(4), 357-373. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/202227>
20. Pichura V., Potravka L., Dent, D. (2025). The Kakhovka Sea Before and After the Destruction of the Kakhovka Dam. *Natural Built Social*

- Environment Health*, Vol. 1(1), 104-133. DOI: <https://doi.org/10.63095/NBSEH.25.290237>
21. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Hyrlya L. (2024). The impact of the russian armed aggression on the condition of the water area of the Dnipro-Buh estuary system. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, Vol. 25(11), 58-82. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/192154>
22. Pichura V., Potravka L., Bahinskyi O. (2024). *Vplyv viiny na stan akvatorii Dniprovsko-Buzkoï estuarnoi systemy ta Chornoho moria* [Impact of the war on the state of the Dnipro-Buh estuary system and the Black sea]. *Water Bioresources and Aquaculture*, no. 1(15), 105-136. DOI: <https://doi.org/10.32782/wba.2024.1.9>
23. Pichura, V., Potravka, L., Kutishchev, P. (2025). Consequences of Sabotage of the Kakhovka Dam on the Waters of the Dnipro-Buh Estuary and the Black Sea. *Natural Built Social Environment Health*, Vol. 1(1), 134-160. <https://doi.org/10.63095/NBSEH.25.877655>
24. Pichura V., Potravka L., Stoiko N., Dudych H. (2025). Scenarios for the Functioning of the Kakhovka Reservoir Territory. *Journal of Landscape Ecology*, Vol. 18(3), 118-154. DOI: 10.2478/jlecol-2025-0023

УДК 556.55:502.51(28)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.21>

ОЦІНКА ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПАРКОВОГО СТАВУ «ОЗЕРО ЛЕВАНДІВСЬКЕ»

¹ *Тучапська А. Я.* – к.с.-г.н., с.н.с.,

² *Добрянська О. П.* – PhD, с.н.с.,

³ *Микітчак Г. С.* – к.г.н., в.о. начальника,

² *Кориляк М. З.* – к.с.-г.н., с.н.с.,

¹ *Тучапський Я. В.* – к.с.-г.н., с.н.с.,

¹ *Інститут рибного господарства*

Національної академії аграрних наук України,

² *Львівська дослідна станція Інституту рибного господарства Національної академії аграрних наук,*

³ *Управління екології та природних ресурсів департаменту природних ресурсів та будівництва Львівської міської ради,*

olya_dobryanska@ukr.net, anna.tuchapska@ukr.net

У статті представлені дані щодо основних показників гідрохімічного стану та розвитку кормових організмів паркового ставу «Озеро Левандівське», що розташоване в західній околиці м. Львова та належить до рибоводної зони Лісостепу.

Водойма, протяжністю 371,0 м, штучно створена в 1950-х роках під час будівництва Львівського холодокомбінату. Загальна площа водного дзеркала ставу становить 1,9 га, середня глибина та максимальна ширина – 1,5 та 73,0 м, відповідно. Живлення водойми здійснюється атмосферними опадами, а також додатково наповнюється водою із свердловини. Став обрамлений пішохідними зонами, дитячим майданчиком, невеликим парком та має, головним чином, рекреаційне призначення, що зумовлює відповідний тип антропогенного навантаження.

Встановлено, що основні гідрохімічні показники, які є маркерами екологічного стану водойми та її придатності для рибогосподарського використання, знаходяться в межах нормативних значень галузевого стандарту. Визначено, що ставова вода, згідно класифікації Альокіна, належить до гідрокарбонатного класу групи кальцію, оскільки серед аніонів домінують гідрокарбонати, а серед катіонів – кальцій, що характерно для водних об'єктів даного регіону.

З метою оцінки забезпеченості наявної іхтіофауни Левандівського ставу в природних кормах проведено дослідження їх основних угруповань. Фітопланктон ставу налічував 23 види та внутрішньовидові таксони. Загальна чисельність організмів складала 4759,56 тис. кл./дм³ за біомаси 1,26 мг/дм³. Серед них як за кількістю (71,9 %), так і за масою (80,8 %) переважали зелені водорості. Серед організмів фітопланктону виявлено 19 індикаторних видів: β-мезосапробів – 10, β-о-мезосапробів – 4, о-а-мезосапробів – 4, о-х-мезосапробів – 1, а індекс сапробності складав 1,96. Якість води за видовим складом фітопланктону належить до III класу, ступінь чистоти – «задовільна чистота».

Загальна чисельність і біомаса зоопланктону складала відповідно 274,00 тис.екз./м³ та 9,14 г/м³, з перевагою у біомасі гіллястовусих ракоподібних –

90,37%, частка веслоногих ракоподібних – 6,89 %, а коловерток лише 2,74 %. Зообентос представлений в основному личинками *Chironomidae*, його біомаса складала 3,02 г/м², а чисельність – 116,20 екз./м².

Продукція фітопланктону становила 2268, зоопланктону – 2742, зообентосу – 181,2 кг/га. При раціональному веденні рибогосподарської діяльності потенційний вилов цінних видів риб із ставу може скласти 189,3 кг/га.

Ключові слова: гідрохімічний режим, фітопланктон, зоопланктон, зообентос, кормова база, сапробність, продуктивність.

Постановка проблеми. Продуктивний потенціал водойми безпосередньо залежить від фізико-хімічних параметрів водного середовища, яке лімітоване впливом чинників екзогенного та ендогенного походження [1]. Оцінка якості води потрібна для визначення санітарно-гігієнічного стану водойми, її продуктивних можливостей, а також є основою для розроблення ефективних меліоративних заходів, тобто для поліпшення абіотичних і біотичних умов при вирощуванні риби [2]. Загальновідомо, що фактори зовнішнього середовища також мають значний вплив на угруповання водних організмів, тому екологічна оцінка стану водойм є надійним мірилом їх біологічного стану. Антропогенний вплив на водні екосистеми може спричинити негативні наслідки, які підривають їх структурно-функціональну організацію, викликаючи погіршення якості води, заболочування, пересихання, евтрофікацію, а також збіднення видового складу гідробіонтів [3].

Відповідно, вивчення та аналіз антропогенного впливу на водойму формує теоретичне підґрунтя для оцінки її стану та раціонального використання водних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Якість води є інтегральним показником стану водних екосистем, її оцінка важлива для узагальнення інформації про екологічний стан водних об'єктів та розроблення науково обґрунтованих водоохоронних рекомендацій для ухвалення відповідних управлінських рішень у галузі використання, охорони та відтворення водних ресурсів [4, 5]. Гідрохімічний режим, в свою чергу, відіграє важливу роль у життєдіяльності гідробіонтів та безпосередньо впливає на розвиток природної кормової бази, тому параметри водного середовища є важливими маркерами забезпечення оптимальних показників продуктивності ставів. Формування його залежить від кліматичних, ґрунтовеологічних чинників, джерела водопостачання, замуленості, засобів інтенсифікації тощо [3, 6].

Хімічний стан води постійно змінюється під впливом вод джерел водопостачання, опадів, стічних вод, фільтрації підземних вод, перемішування води із різних глибин, нерівномірності прогрівання сонцем водного плеса та процесів випаровування. Доведено, що озерні води складаються на 20 % із підземних, на 60 % – із річкових вод та на 20 % – із опадів [7].

Індикаторами якості води та стану водної екосистеми загалом, є біогенні елементи та розчинені органічні сполуки, які впливають на розвиток гідробіонтів, трофічну структуру водойм і рівень їх забруднення [3].

Інтенсивна діяльність людини здійснює антропогенний тиск на стан водних ресурсів, тому проведення заходів із збереження природних якостей гідроекосистем є обов'язковою умовою їх раціонального господарського використання [8].

Відомо, що фітопланктон є однією з основних груп гідробіонтів в контексті екологічного моніторингу водних екосистем [9, 10]. При цьому, його розвиток залежить від наявності біогенних сполук у водоймі, зокрема від кількості мінерального азоту та фосфору, а також їх співвідношення [11, 12]. В свою чергу, показниками, що відображають зміну гідрохімічного режиму водойм, є видове різноманіття фітопланктону та індекси, що визначають на їх основі [13].

Оскільки, екологічний стан водойм є визначальним для формування видового складу організмів кормової бази та біомаси його основних ланок, то вивчення якості води екосистем та їх продуктивних показників за умов антропогенного навантаження є важливим для розроблення оптимальних шляхів використання водних біоресурсів [14].

Постановка завдання. Метою наукової роботи було вивчення та аналіз гідрохімічного та гідробіологічного режиму Левандівського ставу, встановлення сапробного статусу водойми та оцінка її продуктивних можливостей.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження слугувала вода та природна кормова база Левандівського ставу.

Комплексні дослідження якості водного середовища та стану кормової бази, що включали в себе відбір гідрохімічних і гідробіологічних проб, зокрема фітопланктону, зоопланктону та зообентосу, проведено влітку 2024 року.

Відбір проб води для хімічного аналізу проводили двічі та опрацьовували в атестованій лабораторії Львівської дослідної станції ІРГ за загальноприйнятими методиками [15]. Відповідність результатів проведених аналізів оцінювали згідно галузевого стандарту СОУ 05.01–37–385:2013 [16].

Для визначення продуктивності водойми за кількісним та якісним розвитком гідробіонтів використовували загальновідомі в гідробіології класифікації та формули [15, 18, 19]. Продукцію вираховували на основі біомас фітопланктону, зоопланктону та зообентосу та їх Р/В коефіцієнтів [20]. Біоіндикацію водойми проводили за індикаторними організмами фітопланктону. Сапробність оцінювали за допомогою індексу Пантле-Бука (у модифікації Сладечека) [21].

Обчислення експериментальних даних здійснювали методами математичної статистики з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Операції обрахунку розрахункових формул були автоматизовані із застосуванням функцій програмного пакету MS Excel.

Результати досліджень. Результати проведеного повного хімічного аналізу проб води Левандівського ставу ілюструє таблиця 1.

Упродовж періоду досліджень водне середовище було сприятливим для ефективного проходження біохімічних процесів у воді, а саме: водневий показник (рН) був слаболужним (рН = 8,0), що є важливим чинником в контексті підвищення продуктивності ставів через інтенсивність кругообігу речовин.

Показник перманганатної окиснюваності ставової води був незначним (таблиця 1), що вказує на чистоту водойми від легкоокиснюваних органічних сполук.

Біогенні елементи визначають рівень біопродуктивності водойми і, таким чином, обумовлюють якість води. До біогенних належать мінеральні речовини, які активно беруть участь у життєдіяльності водних організмів: це сполуки азоту (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), фосфору ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), заліза (Fe^{2+} , Fe^{3+}) та деяких мікроелементів.

Нітрити та нітрати в ставовій воді знаходились в мізерних кількостях, з максимальним значенням у вересні (0,02 мг/дм³ та 0,12 мг/дм³ відповідно).

Таблиця 1. Хімічні дослідження води ставу “Озеро Левандівське”, м. Львів, 2024 р.

Досліджувані показники	Період вегетаційного сезону, місяць			Нормативне значення [16]
	серпень	вересень	середнє	
рН середовища	8,1	7,9	8,0	7,0–8,5
Перманганатна окиснюваність, мг О/дм ³	5,4	6,1	5,8	15,0
Лужність, мг-екв./дм ³	6,7	4,3	5,5	3,0–6,0
Гідрокарбонати, HCO_3^- , мг/дм ³	408,7	262,3	335,5	300,0–400,0
Нітрити, NO_2^- , мг N/дм ³	0,008	0,02	0,014	0,10
Амонійний азот, NH_4^+ , мг N/дм ³	0,11	0,012	0,061	2,00
Нітрати, NO_3^- , мг N/дм ³	0,03	0,12	0,075	≤2,00
Фосфати, PO_4^{3-} , мг P/дм ³	0,19	0,03	0,11	0,70
Залізо загальне, Fe^{2+} , Fe^{3+} , мг Fe/дм ³	0,17	0,24	0,21	1,00
Твердість загальна, мг-екв./дм ³	5,0	5,3	5,2	3,0–7,0
Кальцій, Ca^{2+} , мг/дм ³	88,2	84,6	86,4	50,0–70,0
Магній, Mg^{2+} , мг/дм ³	7,7	13,1	10,4	30,0
Хлориди, Cl^- , мг/дм ³	76,4	69,5	73,0	50,0–70,0
Сульфати, SO_4^{2-} , мг/дм ³	108,0	102,0	105,0	50,0–70,0
Натрій + Калій, K^+ , Na^+ , мг/дм ³	152,8	76,3	114,6	50,0
Мінералізація, мг/дм ³	841,8	607,8	724,8	1000,0

Іон амонію з'являється у воді внаслідок розчинення у ній аміаку – продукту розкладу органічних азотовмісних речовин. Він є доволі нестійким та швидко окиснюється до нітритів і нітратів. Підвищений вміст амонію свідчить про анаеробні умови формування хімічного складу води та про її незадовільну якість. Як свідчать дані таблиці – ставова вода не забруднена амонійним азотом. Найвищий вміст даного іону зафіксовано в серпні – 0,11 мгN/дм³, що не перевищує нормативного значення галузевого стандарту [16]. Вміст загального заліза утримувався в межах 0,17–0,24 мг/дм³.

Кількість фосфатів у воді має сезонний характер коливань і залежить від співвідношення інтенсивності процесів фотосинтезу та біохімічного розкладу органічних речовин. Мінеральний фосфор зафіксовано в пробах води в кількостях, що не перевищують нормативних значень для рибництва із максимальним показником в серпні – 0,19 мгP/дм³.

Ставова вода є помірно твердою (5,0–5,3 мг-екв./дм³), що зумовлює, відповідно, достатній вміст кальцію, який домінує в катіонному складі води. Слід відмітити, що кальцій є основним структурним компонентом кісток і тканин і при недостатній його кількості рекомендовано додавати даний елемент у корм для риб.

Вміст хлоридів та сульфатів у воді незначно перевищує допустимі значення, проте це є особливістю хімічного складу води даного регіону, не завдаючи негативного впливу при вирощуванні риби.

Згідно класифікації О. Альокіна, вода належить до гідрокарбонатного класу групи кальцію, оскільки серед аніонів переважають гідрокарбонати, а серед катіонів – іони кальцію.

Середнє значення сольового складу води набувало значення 724,8 мг/дм³.

Наведені дані гідрохімічного режиму ставу свідчать про те, що основні показники якості води відповідають допустимим значенням для рибництва, а середовище для нормальної життєдіяльності риби є оптимальним.

В основі біопродукційного ланцюжка у водних екосистемах є формування рослинної органічної речовини за рахунок розвитку вищої водної рослинності та фітопланктону.

У фітопланктоні ставу виявлено 23 види та внутрішньовидові таксони, які відносяться до 4 відділів: *Euglenophyta* (евгленові), *Chlorophyta* (зелені), *Cyanophyta* (синьо-зелені), *Bacillariophyta* (діатомові). Домінуючу роль у кількісному (71,9 %) та якісному (80,8 %) розвитку фітопланктону відігравали зелені водорості. Субдомінантами по чисельності були синьо-зелені водорості – 25,8 %, по біомасі евгленові – 11,2 %. Водночас розвиток водоростей, які належать до діатомових, не мав важливого впливу на формування фітопланктону (рисунок 1).

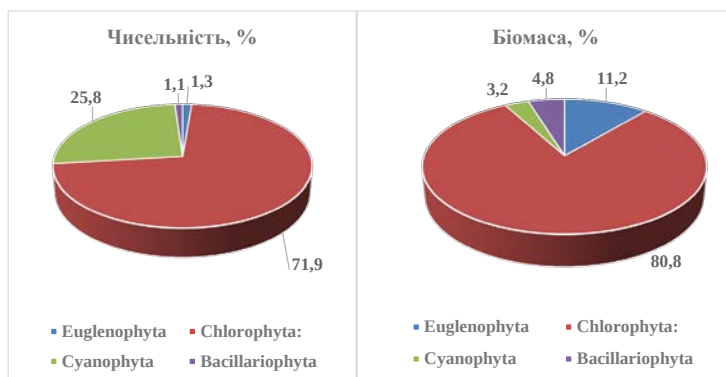


Рис. 1. Основні відділи фітопланктону ставу “Озеро Левандівське”, м. Львів, 2024 р.

Як зазначено вище, основу фітопланктону складали зелені водорості, представлені родами *Oocystis*, *Golenkinia*, *Scenedesmus*.

Однак, показники розвитку фітопланктону були відносно низькими, зокрема чисельність складала 4759,56 тис.кл./дм³ за біомаси 1,26 мг/дм³. Сезонна продукція фітопланктону знаходилася на рівні 2268,0 кг/га (таблиця 2).

Види фітопланктону чутливо реагують на зміни водного середовища та разом із вищими водними рослинами формують автотрофний блок і певною мірою визначають продуктивність екосистем. Для оцінки якості води ставу було використано присутні індикаторні організми фітопланктону.

Всього у ставовій воді виявлено 19 індикаторних видів фітопланктону різних класів води від «гранично чиста» (о-х – сапроби) до «задовільна чистота» (β – мезосапроби). Індекс сапробності по рослинних організмах коливався у межах від 0,6 до 2,3, водночас в загальному він склав 1,96 (таблиця 2).

При цьому, загальний перелік індикаторних видів на 52,6 % представлений β-мезосапробами, що відносить якість води до β-мезосапробної зони – III класу якості води, ступінь чистоти – «задовільна чистота» (таблиця 3).

Зоопланктон ставу представлений організмами, що належать до трьох основних груп: *Rotatoria*, *Cladocera*, *Copepoda*. Серед виявлених 14 таксонів зоопланктону 7 із них належали до типу круглих червів класу *Rotatoria* (50,0 % від загальної кількості зоопланктону), 4 – до класу ракоподібних підряду *Cladocera* (28,6 %) та 4 – до класу ракоподібних ряду *Copepoda* (21,4 %). Серед коловороток найбільшою чисельністю відзначились *Asplanchna priodonta* Gosse, *Brachionus falcatus*, *Br. calicyflorus*; серед гіллястовусих ракоподібних – *Bosmina longirostris*, *Moina rectirostris*; серед веслоногих раків – *Cyclops strenuous*, *Eudiaptomus vulgaris*, їх наупліальні та копеподітні стадії розвитку.

Таблиця 2. Оцінка якості води ставу “Озеро Левандівське” згідно наявності організмів індикаторів сапробності в літній період 2024 р.

Види водоростей	Зона сапробності	Індекс сапробності	Чисельність клітин, кл./дм ³
<i>Trachelomonas volvocina</i>	β	2,0	50312,5
<i>Phacus curvicauda</i>	β	2,0	10062,5
<i>Eudorina elegans</i>	β	2,2	161000,0
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	β	2,0	60375,0
<i>Schroederia setigera</i>	β-о	1,7	10062,5
<i>Oocystis borgei</i>	β-о	1,7	513187,5
<i>Pediastrum duplex</i>	о-а	1,8	593687,5
<i>Tetrastrum punctatum</i>	β	2,2	20125,0
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	β	2,3	905625,0
<i>Crucigenia quadrata</i>	β-о	1,7	10062,5
<i>Golenkinia radiata</i>	о-α	1,9	140875,0
<i>Tetraedron minimum</i>	β	2,0	10062,5
<i>Dicellula planctonica</i>	β	2,0	80500,0
<i>Treubaria setigera</i>	β -о	1,7	10062,5
<i>Gomphosphaeria lacustris</i>	β	2,0	322000,0
<i>Microcystis aeruginosa</i>	о-а	1,8	301875,0
<i>Merismopedia punctata</i>	о-а	1,9	603750,0
<i>Pinnularia viridis</i>	о-х	0,6	30187,5
<i>Navicula gracilis</i>	β	2,2	10062,5
Індекс сапробності		1,96	

Таблиця 3. Кількість видів індикаторів сапробності ставу “Озеро Левандівське”, 2024 р.

Зона сапробності	Кількість видів	%
β	10	52,6
β-о	4	21,1
о-а	4	21,1
о-х	1	5,2
Всього	19	100,0

Розвиток зоопланктону визначали гіллястовусі рачки, які переважали як за чисельністю, так і за біомасою. Їх домінування зумовлено інтенсивним розвитком дрібних ракоподібних *Bosmina longirostris* та *Moina rectirostris*. Загальна чисельність зоопланктону становила 274,00 тис.екз./м³ при біомасі 9,14 г/м³, у якій частка гіллястовусих ракоподібних складала 90,37 %, веслоногих ракоподібних – 6,89 %, а коловерток – лиш 2,74 % (таблиця 4).

Отож, розвиток кормового зоопланктону в дослідному ставі посідав оптимальні значення, що свідчить про достатню забезпеченість риб природними кормами. Також відомо, що інтенсивний розвиток організмів-фільтраторів позитивно впливає на проходження процесів очищення води у водоймі.

Таблиця 4. Показники розвитку зоопланктону ставу
“Озеро Левандівське”, 2024 р., (тис.екз./м³/г/м³)

Групи організмів	Серпень	%
<i>Rotifera</i>	$\frac{24,00}{0,25}$	$\frac{8,76}{2,74}$
<i>Cladocera</i>	$\frac{194,00}{8,26}$	$\frac{70,80}{90,37}$
<i>Copepoda</i>	$\frac{56,00}{0,63}$	$\frac{20,44}{6,89}$
Всього(N) Всього(B)	$\frac{274,00}{9,14}$	$\frac{100,00}{100,00}$

Зообентос. Зообентосні організми водойми представлені личинками комарів родини дзвінцевих (Хірономіди – *Chironomidae*) та малощетинковими червами (Олігохета – *Oligochaeta*). У пробах зообентосу відзначалось домінування однієї групи організмів – личинок комах з родини *Chironomidae*. Показники біомаси зообентосу складали 3,02 г/м² при чисельності 116,20 екз./м² (таблиця 5).

Таблиця 5. Показники розвитку зообентосу ставу
“Озеро Левандівське”, 2024 р., (екз./м²/г/м²)

Групи організмів	Серпень	%
<i>Chironomidae larvae</i>	$\frac{107,90}{3,00}$	$\frac{92,86}{99,34}$
<i>Oligochaeta</i>	$\frac{8,30}{0,02}$	$\frac{7,14}{0,66}$
Всього	$\frac{116,20}{3,02}$	$\frac{100}{100}$

Переважаання в бентосі висококалорійних личинок хірономід та олігохет свідчать про оптимальну кормову базу для вирощування бентофагів – коропа та лина. Продукція зообентосу, при цьому, складала 181,2 кг/га, а продукція зоопланктону ставу впродовж сезону складала 2742,0 кг/га (таблиця 6).

Таблиця 6. Продукційні можливості ставу “Озеро Левандівське”, 2024 р.

Кормові організми	Показники			
	Біомаса	Продукція, кг/га	Потенційний приріст їх біомаси, кг/га	Можливий промисловий вилов, кг/га
Фітопланктон, мг/дм ³	1,26	2268,0	22,68	18,14
Зоопланктон, г/м ³	9,14	2742,0	195,86	156,69
Зообентос, г/м ²	3,02	181,2	18,12	14,50
Всього		5191,2	236,66	189,33

Загалом, кормова база водойми знаходилась на досить високому продуктивному рівні, про що свідчив доволі високий розвиток зоопланктону ($9,14 \text{ г/м}^3$) та оптимальна біомаса зообентосу ($3,02 \text{ г/м}^2$), винятком лиш стали низькі значення біомаси фітопланктону ($1,26 \text{ мг/дм}^3$). При проведенні робіт із штучного відтворення іхтіофауни, завдяки правильному промислового вилову, можна отримати $189,33 \text{ кг/га}$ рибопродукції, у тому числі фітопланктофагів – $18,14$, зоопланктофагів – $156,69$ та бентофагів – $14,50 \text{ кг/га}$.

Висновки та перспективи. Уперше здійснено комплексну оцінку сучасного стану гідроекосистеми ставу “Озеро Левандівське”, з’ясовано кількісні та якісні показники популяцій гідробіонтів, що визначають їх функціонування та дозволяють забезпечити оптимальні параметри їх використання.

Згідно класифікації О. Альокіна, вода дослідної водойми належить до гідрокарбонатного класу групи кальцію, оскільки серед аніонів переважають гідрокарбонати, а серед катіонів – іони кальцію. Одержані дані гідрохімічного режиму ставу свідчать про те, що основні показники якості води відповідають допустимим значенням для рибництва, а середовище для нормальної життєдіяльності риби є оптимальним.

Узагальнюючи отримані матеріали, слід зазначити, що розвиток фітопланктону характеризувався невисокими показниками – чисельність становила $4759,56 \text{ тис.кл./дм}^3$ при біомасі $1,26 \text{ мг/дм}^3$. На основі видового складу фітопланктону було визначено індекс сапробності – $1,96$. Ставова вода відносилась до β -мезосапробної зони якості та відповідає III класу – «задовільної чистоти».

Угрупування зоопланктону мало переважно кладоцерний характер, його загальна чисельність становила $274,00 \text{ тис.екз./м}^3$ при біомасі $9,14 \text{ г/м}^3$.

Зообентос представлений *Chironomidae* та *Oligochaeta* з загальною біомасою $3,02 \text{ г/м}^2$ та чисельністю – $116,20 \text{ екз./м}^2$.

Аналіз розвитку основних складових кормової бази вказує на досить високий біопродукційний потенціал екосистеми ставу, який може ефективно використовуватись при науково обґрунтованому зарибненні цінними видами іхтіофауни та їх раціональному вилові.

Отримані дані про гідрохімічний режим та біопродукційний потенціал матимуть практичну цінність в контексті створення науково-біологічного обґрунтування з метою підвищення рибопродуктивності водойми та збільшення ефективності її рекреаційного освоєння.

ASSESSMENT OF THE HYDROECOLOGICAL STATE OF THE PARK POND "LAKE LEVANDIVSKE"

¹*Tuchapska A. Ya.* – Candidate of Agricultural Sciences,

²*Dobrianska O. P.* – PhD,

³*Mykitchak H. S.* – Candidate of Geographical Sciences,

²*Koryliak M. Z.* – Candidate of Agricultural Sciences,

¹*Tuchapskyi Ya. V.* – Candidate of Agricultural Sciences,

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*Department of Ecology and Natural Resources of the Department
of Natural Resources and Construction of the Lviv City Council,
olya_dobryanska@ukr.net, anna.tuchapska@ukr.net*

The article presents data on the main indicators of the hydrochemical state and development of food organisms of the park pond "Lake Levandivske", which is located in the western outskirts of Lviv and belongs to the fish farming zone of the Forest-Steppe.

The reservoir, 371.0 m long, was artificially created in the 1950s during the construction of the Lviv Refrigeration Plant. The total area of the pond's water surface is 1.9 hectares, the average depth and maximum width are 1.5 and 73.0 m, respectively. The reservoir is fed by precipitation, and is also additionally filled with water from a well. The pond is framed by pedestrian zones, a playground, a small park, and has mainly a recreational purpose, which determines the appropriate type of anthropogenic load.

It was established that the main hydrochemical indicators, which are markers of the ecological state of the reservoir and its suitability for fishery use, are within the regulatory values of the industry standard. It was determined that pond water, according to Alyokin's classification, belongs to the hydrocarbonate class of the calcium group, since hydrocarbonates dominate among anions, and calcium dominates among cations, which is typical for water bodies in this region.

In order to assess the availability of the existing ichthyofauna of the Levandiv Pond in natural food, a study of their main groups was conducted. The phytoplankton of the pond included 23 species and intraspecific taxa. The total number of organisms was 4759.56 thousand cells/dm³ with a biomass of 1.26 mg/dm³. Among them, green algae prevailed both in number (71.9 %) and in mass (80.8 %). Among phytoplankton organisms, 19 indicator species were found: β -mesosaprobies – 10, β -o-mesosaprobies – 4, o-a-mesosaprobies – 4, o-x-mesosaprobies – 1, and the saprobity index was 1.96. The water quality according to the species composition of phytoplankton belongs to class III, the degree of purity is "satisfactory purity".

The total abundance and biomass of zooplankton were 274.00 thousand individuals/m³ and 9.14 g/m³, respectively, with a predominance of ciliate crustaceans in the biomass – 90.37 %, the share of copepod crustaceans – 6.89 %, and rotifers only 2.74 %. Zoobenthos is represented mainly by larvae of Chironomidae, its biomass was 3.02 g/m², and the abundance was 116.20 individuals/m².

Phytoplankton production was 2268, zooplankton – 2742, zoobenthos – 181.2 kg/ha. With rational management of fisheries, the potential catch of valuable fish species from the pond can be 189.3 kg/ha.

Keywords: hydrochemical regime, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, food base, saprobity, productivity.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шерман І. М., Євтушенко М. Ю. Теоретичні основи рибництва. Київ: Фітосоціоцентр, 2011. 499 с.
2. Андрущенко А. І., Балтаджі Р. А., Вовк Н. І., Демченко І. Ф. Методи підвищення природної рибопродуктивності ставів. *Рибне господарство*. 1998. Вип. 49-50. С. 3-19.
3. Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Кондратюк В. М., Кононенко І. С. Інтенсивні технології в аквакультурі: навчальний посібник. К. : «Центр учбової літератури», 2016. 410 с.
4. Яцик А. В. Водогосподарська екологія: у 4 т. Київ: Генеза, 2004. Т 3. 350 с.
5. Simeonov Vasil. Didactical principles of environmental monitoring. *Chemistry-Didactics-Ecology-Metrology*. 2019. 24(1-2). P. 99-106.
6. Андрущенко А. І., Алимов С. І. Ставе рибництва. Харків : Оберіг, 2008. 635 с.
7. Набиванець Б. Й., Осадчий В. І., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б. Аналітична хімія поверхневих вод. Київ: Наукова думка, 2007. 456 с.
8. Robb D. H. F., Crampton V. O. On-farm feeding and feed management: perspectives from the fish feed industry. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. 2013. Vol. 583. P. 489-518.
9. Gonzalo M., De Los Reyes Fernandez M. Diatoms as indicators of water quality and ecological status: sampling, analysis and some ecological remarks. In book: *Ecological water quality – water treatment and reuse*. Ed. Dr. Voudouris. 2012. P. 183-203.
10. Щербак В. І., Семенюк Н. Є. Порівняльна оцінка ступеню урбанізації водойм за різноманіттям фітопланктону. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2005. № 3(26). С. 498-500.
11. Ejsmont-Karabin, J., L. Bownik-Dylinska, & W. Godlewska-Lipowa, Biotic structure and processes in the lake system of r. Jorka (Masurian Lakeland, Poland) VII. Phosphorus and nitrogen regeneration by zooplankton as the mechanism of the nutrient supply for bacteria and phytoplankton. *Ekol. pol.* 1983. 31. P. 719-746.
12. Napiórkowska-Krzebietke A., Pasztaleniec A., Hutorowicz A. Phytoplankton metrics response to the increasing phosphorus and nitrogen gradient in shallow lakes. *J. Elem.* 2012. 17(2). P. 289-303.
13. Щербак В. І., Майстрова Н. В., Ковальчук Л. А. Гідробіологічний моніторинг водних екосистем. Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. 2002. С. 32-40.
14. Григоренко Т. В., Постоєнко Д. М., Базаєва А. М., Добрянська О. П. Екологічні умови рибницьких ставів при вирощуванні коропа антонінсько-зозуленецького масиву. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 4. С. 65-73.

15. Арсан О.М., Давидов О.А., Дьяченко Т.М. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. Ред. Романенко В. Д.. Київ : Логос, 2006. 408 с.
16. СОУ 05.01–37–385:2006. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми. Київ : Міністерство аграрної політики України, 15 с.
17. Кражан С. А., Хижняк М. І. Природна кормова база рибогосподарських водойм. Херсон : Олді-Плюс, 2014. 330 с.
18. Монченко В. І. Щелепнороті циклоподібні, циклопи (*Cyclopidae*). Фауна України. 1974. 27, Вип. 3. 452 с.
19. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П., Яцик А. В., Чернявська А. П. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Ред.: В. Я. Шевчук. К. : Символ-Т, 1998. 28 с.
20. Товстик В. Ф. Рибництво: навчальний посібник. Харків “Еспада”, 2004. 272 с.
21. Sládeček, V. System of Water Analysis from the Biological Point of View. *Archiv fur Hydrobiologie-Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, 1973, 7, 1-218.

REFERENCES

1. Sherman, I. M., Yevtushenko, M. Yu. (2011). *Teoretychni osnovy rybnytstva*. [Theoretical foundations of fish farming]. Kyiv: Fitosotsiotsentr. [in Ukrainian].
2. Andriushchenko, A.I., Baltadzhi, R.A., Vovk, N.I. & Demchenko, I.F. (1998). *Metody pidvyshchennia pryrodnoi ryboproduktyvnosti staviv* [Methods for increasing natural fish productivity in reservoirs]. *Rybne hospodarstvo*. [Fisheries]. Iss. 49-50, 3-19 [in Ukrainian].
3. Kononenko, R. V., Shevchenko, P. H., Kondratiuk V. M., & Kononenko I. S. (2016). *Intensyvni tekhnolohii v akvakulturi*. [Intensive technologies in aquaculture]. Kyiv : TSUL. [in Ukrainian].
4. Yatsyk, A. V. (2004). *Vodohospodarska ekolohiia: u 4t.* [Water management ecology: in 4 volumes]. Kyiv: Geneza. [in Ukrainian].
5. Simeonov, Vasil. (2019). Didactical principles of environmental monitoring. *Chemistry-Didactics-Ecology-Metrology*, 24(1-2):99-106.
6. Andriushchenko, A. I., Alymov, S. I. (2008). *Stavove rybnytstvo*. [Pond fish farming]. Kharkiv: Oberih. [in Ukrainian].
7. Nabyvanets, B.Y., Osadchyi, V.I., Osadcha, N.M. & Nabyvanets, Yu. B. (2007). *Analychna khimiia poverkhnevyykh vod*. [Analytical chemistry of surface waters]. Kyiv: Naukova dumka. [in Ukrainian].
8. Robb, D. H. F., Crampton, V. O. (2013). On-farm feeding and feed management: perspectives from the fish feed industry. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, Vol. 583:489-518.
9. Gonzalo, M., De Los Reyes Fernandez, M. (2012). Diatoms as indicators of water quality and ecological status: sampling, analysis and some ecological remarks. In book: *Ecological water quality – water treatment and reuse*. Ed. Dr. Voudouris. 183-204.

10. Shcherbak, V. I., Semeniuk, N. Ye. (2005). *Porivnialna otsinka stupeniu urbanizatsii vodoim za riznomanittiam fitoplanktonu* [Comparative analysis of the degree of urbanization of water by the diversity of phytoplankton]. *Nauk. zap. Ternop. nats. ped. un-tu. Ser. Biol.*, Vol. 3(26), 498-500. [in Ukrainian].
11. Ejsmont-Karabin, J., L. Bownik-Dylinska, & W. Godlewska Lipowa. (1983). Biotic structure and processes in the lake system of r. Jorka (Masurian Lakeland, Poland) VII. Phosphorus and nitrogen regeneration by zooplankton as the mechanism of the nutrient supply for bacteria and phytoplankton. *Ekol. pol.*, Vol. 31:719-746.
12. Napiórkowska-Krzebietke, A., Pasztaleniec, A., Hutorowicz, A. (2012). Phytoplankton metrics response to the increasing phosphorus and nitrogen gradient in shallow lakes. *J. Elem.*, 17(2):289-303.
13. Shcherbak, V.I., Maistrova, N.V., Kovalchuk, L.A. (2002). *Hidrobiolohichnyi monitorynh vodnykh ekosystem* [Hydrobiological monitoring of aquatic ecosystems]. *Metodychni osnovy hidrobiolohichnykh doslidzhen vodnykh ekosystem* [Methodological foundations of hydrobiological studies of aquatic ecosystems], 32-40. [in Ukrainian].
14. Hryhorenko, T. V., Postoienko, D. M., Bazaieva, A. M., & Dobrianska, O. P. (2019). *Ekolohichni umovy rybnytskykh staviv pry vyroshchuvanni koropa antoninsko-zozulenetskoho masyvu* [Ecological conditions of fish ponds during the cultivation of carp in the Antoninsko-Zozulenetsky massif]. *Ahroekolohichnyi zhurnal* [Achroecological journal], no. 4, 65-73. [in Ukrainian].
15. Arsan, O. M., Davydov, O. Ya., Diachenko, T. M., & all. (2006). *Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnevykh vod.* [Methods of hydroecological research of surface waters]. Kyiv: Lohos. [in Ukrainian].
16. SOU 05.01–37–385:2006 *Voda rybohospodars'kykh pidpryyemstv. Zahal'ni vymohy ta normy* [Water of fishery enterprises. General requirements and standards]. Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. Kyiv. [in Ukrainian].
17. Krazhan, S. A., Khyzhniak, M. I. (2014). *Pryrodna kormova baza rybohospodarskykh vodoim* [Natural forage base of the fishing ponds]. Kherson: Oldi Plus. [in Ukrainian].
18. Monchenko, V. I. (1974). *Shhelepnoroti cyklopodibni, cyklopy (Cyclopidae)* [Cyclops (Cyclopidae)]. *Fauna of Ukraine*, Vol. 3(27), 1-452. [in Ukrainian].
19. Romanenko, V. D., Zhukynskyi, V. M., Oksiiuk, O. P., Yatsyk, A. V., & Cherniavska A. P.; red.: Shevchuk V. Ya. (1998). *Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevykh vod za vidpovidnymi katehoriiamy* [Methodology of ecological assessment of surface water quality for species-specific categories]. K. : Symvol-T. [in Ukrainian].
20. Tovstyk, V. F. (2004). *Rybnytstvo: Navchalnyi posibnyk* [Fish farming: textbook]. Kharkiv: Espada. [in Ukrainian].
21. Sládeček, V. (1973). System of Water Analysis from the Biologica Point of View. *Archiv fur Hydrobiologie-Beiheft Ergebnisse der Limnologie*, Vol. 7, no. 1:1-218.

МЕТОДИ І МЕТОДИКИ

УДК 502.50/568.03

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.22>

МОНІТОРИНГ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ДНІСТЕР

*Алмашова В. С. – к.с.-г.н., доцент,
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
vikadiana1981@gmail.com*

У даній статті висвітлено дослідження оцінки екологічного стану річки Дністер. Проаналізовано значення гідрохімічних показників якості води на постах спостереження по течії річки Дністер, починаючи з верхів'я річки і закінчуючи долиною Дністра. Встановлено перевищення гранично допустимих концентрацій за вмістом нітрит-іонів, сульфат-іонів, хлорид-іонів, амоній-іонів та показником біохімічного споживання кисню у контрольних створах річки на окремих постах спостереження. Басейн річки Дністер належить до регіонів з високим ступенем господарського освоєння природних ресурсів та інтенсивною і довготривалою їх експлуатацією, тому на сьогодні особливо актуальним є різнобічне вивчення проблем якості водних ресурсів.

За даними середньорічних концентрацій забруднювальних речовин у контрольних створах водних об'єктів регіону за звітний рік розраховано індекс забрудненості води та встановлено клас якості води у створах сіл Розвадів Львівської області та Маяки Одеської області. Оцінювання за індексом забрудненості води дає фнезалежно від наявності різних забруднювальних речовин, виявити тенденцію змін в якості води в часі. Проведено порівняльну характеристику якості води за розрахованим індексом забрудненості води у контрольних створах річки Дністер на вказаних постах спостереження. Встановлено, що для верхів'я річки Дністер (с. Розвадів Львівської області) характерні значно вищі значення індексу забрудненості води порівняно з долиною Дністра (с. Маяки 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, але для території самого верхів'я річки Дністер (с. Розвадів Львівської області) характерні значно вищі значення індексу забрудненості води порівняно з долиною Дністра (с. Маяки Одеської області). Систематичний екологічний моніторинг даної водойми є необхідною умовою для контролю якості води і забезпечення оперативного реагування.

Ключові слова: річка Дністер, пости спостереження, індекс забрудненості.

Актуальність проблеми. З метою забезпечення збору, обробки, збереження й аналізу інформації про стан вод, прогнозування його змін і роз-

робки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття управлінських рішень у галузі використання й охорони вод і відновлення водних ресурсів здійснюється державний моніторинг вод [7]. Тому актуальним, на нашу думку, сьогодні залишається оніторинг яксного та кількісного стану річок України. Завданням державного обліку вод є встановлення відомостей про кількість і якість вод, а також даних про водокористування, на основі яких здійснюється розподіл води між водокористувачами і розробляються заходи щодо раціонального використання й охорони вод і відновлення водних ресурсів. Державний облік поверхневих вод здійснюється Державним комітетом України по гідрометеорології шляхом проведення постійних гідрометричних, гідрохімічних спостережень за кількісними та якісними характеристиками поверхневих вод відповідно до встановленої програми [10].

Державний облік підземних вод здійснюється Державним комітетом України по геології і використанню надр шляхом спостережень за кількісними і якісними характеристиками підземних вод відповідно до встановленої програми. В області використання й охорони вод і відновлення водних ресурсів установлюються такі нормативи:

1. Нормативи екологічної безпеки водокористування;
2. Екологічний норматив якості води водних об'єктів;
3. Нормативи гранично припустимого скиду забруднювальних речовин;
4. Галузеві технологічні нормативи утворення речовин, що скидаються у водні об'єкти;
5. Технологічні нормативи використання води.

Дана стаття присвячена екологічному моніторингу стану річки Дністер. У роботі ряду авторів міститься табличний матеріал за деякими пунктами спостереження на річках басейну Дністра, який стосується даних про характерні рівні та витрати води до 2000 р. включно. В. І. Вишневський у праці «Річки та водойми України. Стан і використання» досліджує стокові характеристики Дністра. У роботі розглядаються середньобагаторічний стік, його просторово-часова динаміка, особливості внутрішньорічного розподілу стоку за даними водпоста Заліщики, максимальний та мінімальний стік річки [1].

Вивченням багаторічних коливань характеристик сезонного стоку та максимальних витрат води дощових паводків в басейні Дністра займався М. М. Сусідко. Ним виявлено відповідність у водності р. Дністер та його карпатських приток. Прояв циклічності з чітко вираженим семирічним компонентом спостерігається в коливаннях характеристик максимальних витрат теплового періоду [9]. Семирічна циклічність у стоці холодного періоду відсутня. Структура багаторічних коливань річного стоку склалась в результаті інтерференції циклів холодного і теплового періодів [5].

Характеристикою та прогнозом весняного стоку річок басейну Дністра займався А. В. Щербак. Автор також досліджував особливості коливання та норму річного стоку Дністра.

Н. І. Кононенко досліджував гідрогеологічні та геоморфологічні умови формування річного стоку річок басейну Дністра. Із всього комплексу фізико-географічних факторів, що визначають різні умови формування річного стоку автором виділено в гірській частині – рельєф, у рівнинній – геологію та гідрогеологію, яким поряд з кліматичними факторами належить головна роль у формуванні річного стоку річок басейну Дністра.

Особливості формування стоку із закарстованих водозаборів приток Дністра – виявлено вплив закарстованості та тріщинуватості залягаючих на вододілах та вкритих річковими долинами порід як на стік поверхневих вод у рівнинній частині водозабору Дністра, так і на режим цього стоку [3].

Розглядаючи особливості формування хімічного складу поверхневих вод України в 2020 р., відзначають зміни сольового складу (значне збільшення вмісту гідрокарбонатних іонів при практично стабільній мінералізації); зниження середньорічних концентрацій мінеральних форм азоту приблизно в 1,5 рази; постійне зростання окиснюваності у водах Дністра [4]. На основі моніторингу екологічного оцінювання якості водого середовища території дослідження за визначеними значеннями індексу забрудненості води, можна вважати, що вода річки Дністер ще не досягла критичної межі забруднення і має потенціал досамоочищення, про що буде описано далі в нашій статті.

Постановка завдання. Екологічний моніторинг водних ресурсів річки Дністер, вивчити та проаналізувати якісний та кількісний склад водойми досліджуваної, виявити джерела можливого негативного антропогенного впливу на стан р. Дністер та надати висновки та рекомендації по темі статті.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження сучасного стану поверхневих вод басейну р. Дністер було виконано на основі методу порівняння фактичних значень показників стану, в тому числі вмісту у воді забруднювальних речовин, з нормативними значеннями гранично допустимих концентрацій за умови застосування офіційних вимог до природних вод комунально-побутового водокористування. Для виконання цього завдання використовуємо матеріали вимогів СанПін 4630-88, які ми систематизували в таблиці 1. 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 в часі. імічними показниками, обов'язковими є: склад розчиненого кисню, водневий показник, біохімічне споживання кисню та ін.

Таблиця 1. Вимоги СанПін 4630-88 щодо комунально-побутового водокористування

Комунально-побутове водокористування	Показники складу та властивостей								
	БСК ₅	Завислі речовини	Розчинений кисень	Сульфат-іон	Хлорид-іон	Азот амонійний	Азот нітратний	Азот нітритний	Фосфат-іон
СанПін 4630-88	6,0	Φ ⁺ +0,75	>4,0	500	350	2,0	45,0	3,3	3,5
									30

Поряд з дослідженням кількісних характеристик водних ресурсів, особлива увага приділяється вивченню якісного складу поверхневих вод. Методику оцінювання якості води за комплексним показником – індексом забрудненості води (ІЗВ) – рекомендовано для використання підрозділам Держкомгідромету. Це одна із найпростіших методик комплексного оцінювання якості води. Вихідними даними для виконання роботи слугували матеріали лабораторного аналізу води контрольних створів, проведених спеціалістами Департаменту екології та природних ресурсів. При визначенні хронічної водної токсичності на досліджувані організми протягом усього їхнього життєвого циклу впливають тією чи іншою речовиною з перемінною концентрацією, щоб установити рівень концентрацій, що швидко не впливає на живий організм. Стійкість речовини у водному середовищі безпосередньо характеризує небезпеку, що може представляти для нього дана речовина. Для визначення кількісної характеристики стійкості використовується період напіврозпаду речовини у водному середовищі. Біоаккумуляція описує наслідки поглинання якої-небудь речовини з навколишнього середовища контрольним організмом. Подібно стійкості, біоаккумуляція може створювати погрозу тільки в сукупності з іншими параметрами, такими як токсичність. Всі ці методи використовуються для визначення якісних та кількісних показників рводойм.

Оцінка якості поверхневих вод є надзвичайно важливим питанням, що висвітлюють у працях як зарубіжних вчених, так і вітчизняних. Вирішення цього питання дасть змогу уникнути поширення токсичних хімікатів і патогенних мікроорганізмів, погіршення якості питної води, зниження біопродуктивності поверхневих вод та їх здатності до самоочищення [1]. За аналізом забруднення води водних об'єктів по кратності перевищень нормативів окремою ЗР також відокремлюються чотири якісно відмінні ступеня рівня забруднення: низький; середній; високий; дуже високий (таблиця 2).

Таблиця 2. Класифікація води водотоків за рівнем забрудненості

Кратність перевищення ГДК	Характеристика рівня забруднення
0 – 2	низький
2 – 10	середній
10 – 50	високий
50 – 100	дуже високий

В залежності від фактичних значень показників якості природних вод встановлюють клас та стан якості води згідно до екологічної класифікації А. В. Яцика, яка представлена в таблиці 3. При класифікації якості води з позиції її екологічного стану за компонентами хімічного стану А. В. Яцик виділяє шість класів води (від дуже чистої до дуже брудної). Для оцінки екологічної безпеки виробництва встановлюються галузеві технологічні нормативи утворення речовин, що скидаються у водні об'єкти, тобто нормативи ГДК речовин у стічних водах, що утворюються в процесі виробництва. Для порівняння якості води в різних ділянках річки Дністер та визначення її динаміки застосовують класифікаційну систему якості води. До першого класу належать води, які зазнали мінімального антропогенного впливу.

Таблиця 3. Стан якості води, критерії хімічного ($K_{\text{хім}}$), бактеріального ($K_{\text{бакт}}$) забруднення та комплексна оцінка якості ($K_{\text{компл}}$) поверхневих вод

Клас якості	Стан якості води	Показник якості поверхневих вод		
		$K_{\text{бакт}}$	$K_{\text{хім}}$	$K_{\text{компл}}$
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

Їх гідрохімічні та гідробіологічні показники близькі до природних значень для даного регіону. Води другого класу характеризуються певними відхиленнями від природних значень, але ці зміни не порушують екологічної рівноваги. Води третього класу перебувають під істотним антропогенним впливом, що наближається до межі стійкості екосистем. Води четвертого – сьомого класів характеризуються порушеними екологічними параметрами та оцінюються як екологічний регрес. Пункти моніторингу гідрометслужби України за водним режимом річок басейну Дністра наведені в таблиці 4.

Води Дністра використовуються для технічного водопостачання промислових підприємств, таких як Івано-Франківський концерн «Барва», ЗАТ «Лукор» та Бурштинська ТЕС. Найбільш складні екологічні проблеми

спостерігаються в Галицькому (Бурштинська ТЕС), Калуському (ЗАТ «Лукор»), Надвірнянському (нафтопереробний завод ВАТ «Нафтохімік Прикарпаття») районах та Тисменицькому районі (ВАТ «Барва», промислові вузли обласного центру).

Стічні води та поверхневий стік з цих територій надходять до вододію, забруднюючи її завислими речовинами, органічними сполуками.

Таблиця 4. Офіційні пункти моніторингу гідрометслужби України за водним режимом річок басейну Дністра

№	Річка – пост	№	Річка – пост
	Верхня частина р. Дністер	33	Свіж – смт Букачівці
1	Дністер – с. Стрілки	34	Лімниця – с. Осмолода
2	Дністер – м. Самбір	35	Лімниця – с. Перевозець
3	Дністер – смт Роздол (Березина)	36	Чечва – с. Спас
4	Дністер – смт Журавне	37	Луква – с. Боднарів
5	Дністер – м. Галич	38	Гнила Липа – смт Більшівці
6	Дністер – с. Нижнів	40	Бистриця-Надвірнянська – с. Чернів
7	Дністер – с. Заліщики	41	Ворона – м. Тисмениця
8	Дністер – Дністровська ГЕС	42	Бистриця-Солотвинська – с. Гута
9	Дністер – м. Могилів-Подільський	43	Бистриця-Сол. – м. Івано-Франківськ
	Нижня частина р. Дністер		Притоки середньої частини Дністра
10	Дністер – с. Червоні Маяки	44	Золота Липа – м. Бережани
	Притоки верхньої частини Дністра	45	Золота Липа – с. Задарів
11	Стрв'яж – с. Хирів	46	Коропець – с. Підгайці
12	Стрв'яж – с. Луки	47	Коропець – смт Коропець
13	Верещиця – с. Комарне	48	Стрипа – х. Каплинці
14	Бистриця – с. Озимина	49	Стрипа – м. Бучач
15	Тисмениця – с. Дрогобич	50	Серет – смт Велика Березовиця
16	Щирець – смт Щирець	51	Серет – м. Чортків
17	Стрий – с. Матків	52	Нічлава – с. Стрілківці
18	Стрий – с. Завадівка	53	Збруч – м. Волочиськ
19	Стрий – с. Ясениця	54	Збруч – с. Завалля
20	Стрий – смт Верхнє Синьовидне	55	Жванчик – с. Кугайці
21	Стрий – м. Стрий	56	Жванчик – с. Ластівці
22	Завадка – с. Риків	57	Смотрич – с. Купин
23	Яблунька – м. Турка	58	Смотрич – с. Цибулівка
24	Рибник – с. Майдан	59	Мукша – с. Мала Слобідка
25	Опір – м. Сколе	60	Студениця – с. Голозубинці
26	Славська – смт Славське	61	Ушиця – с. Зіньків
27	Головчанка – с. Тухля	62	Ушиця – с. Тимків
28	Орава – х. Святослав	63	Калюс – смт Нова Ушиця
29	Свіча – х. Мислівка	64	Лядова – с. Жеребилівка
30	Свіча – с. Зарічне	65	Мурафа – с. Кудіївці
31	Лужанка – с. Гошів	66	Мурафа – с. Миронівка
32	Сукіль – с. Тисів	67	Марківка – с. Підлісівка

Це призводить до підвищення кольоровості, зниження прозорості, збільшення біохімічного споживання кисню (БСК), зменшення кількості розчиненого кисню, підвищення концентрації азотовмісних речовин та хлоридів. Якість води залежить від природних факторів та рівня антропогенного навантаження на басейн.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. 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, який припадає на 1982-1983 рр. 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 %).

Скидання у водні об'єкти речовин, для яких не встановлені нормативи екологічної безпеки водокористування і нормативи ГДС, забороняється.

Скид таких речовин у виняткових випадках може бути дозволений МОЗ, Міністерством охорони навколишнього природного середовища і Міністерством рибного господарства України за умови, що протягом установленого ними періоду ці нормативи будуть розроблені і затверджені.

Скидання стічних вод у водні об'єкти допускається тільки за умови наявності нормативів ГДК і встановлених нормативів ГДС забруднювальних речовин [2]. Щодо антропогенного впливу на гідрологічний режим річки, то слід відзначити вже зазначену працю В. І. Вишневського. Автор досліджує водогосподарське використання річки Дністер, зокрема для потреб гідроенергетики. Значну увагу присвячено впливу Дністровського гідровузла на екосистему та стан нижньої частини Дністра, а саме на термічний режим річки. Відзначено істотне пониження температури води порівняно з природними умовами. Важливим питанням є проведення екологічних попусків на річці, які, на думку автора, доцільно здійснювати щорічно. Л. Б. Коваленко досліджено та виявлено, що господарська діяльність у верхів'ях Дністра (руслівні кар'єри, обвалування русла, інтенсивна оранка і т.д.) має значний вплив на стік наносів біля м. Заліщики, а нижче Дубосарського водосховища відбувається різке зниження максимальних витрат стоку наносів. Основний вплив напівзагат, струєнаправляючих дамб на розподіл витрат води відчутно у меженний період.

У роботі «Основні тенденції формування хімічного складу поверхневих вод України у 1995-1999 рр.» В. І. Осадчий проводить аналіз хімічного складу води за басейновим принципом розглядаючи і територію басейну Дністра. Він вказує на характер зміни вмісту головних іонів (а саме збільшення середньорічних концентрацій гідрокарбонатних та сульфат-іонів,

хлоридів та іонів натрію; збільшення водневого показника за досліджуванний період; високий вміст у воді сполук мінерального азоту, важких металів (зокрема заліза та марганцю); звертає увагу на зниження вмісту органічних речовин техногенного характеру (нафтопродуктів, СПАР).

Результати досліджень та їх обговорення. Оцінка якості Дністра, як основного джерела питного водопостачання, має велике наукове та практичне значення. Притоки Дністра, за деяким виключенням, досліджено значно гірше ніж основна річка, багато з них ще не досліджено досконало. Основною метою їх вивчення стало регулювання Дністра, яке стосувалося і низки його карпатських приток. Їх дослідження було проведено одночасно із дослідженнями Дністра.

Для оцінки сучасного стану поверхневих вод басейну р. Дністер використовуємо дані спостережень державного моніторингу поверхневих вод за 2022 рік, які надаються КП «Біляївський водоканал», яке використовує в подальшому воду даної річки для господарського водоспоживання.

Для приклада, було надано дані останніх спостережень у містах та селах, які прилягають до басейну Дністра та проведено екологічну оцінку якості даної річки. Отримані дані відображають зміну вмісту хімічних речовин та перевищення норм ГДК течією річки, починаючи з самого початку м. Самбір Львівської обл., завершуючи в с. Кучургани, що в Одеської області на семи постах спостереження у жовтні 2022 року. Отже, нами було проаналізовано дані постів спостереження вздовж річки Дністер:

Пост спостереження № 1. Повна назва поста спостереження: р. Дністер, 1278 км, м. Самбір, верхів'я р. Дністер, під мостом по дорозі м.Дрогобич. Обстеження здійснювали лабораторією моніторингу вод та ґрунтів БУВР Західного Бугу та Сяну.

Пост спостереження № 2. Повна назва поста спостереження: р. Тисмениця, 21 км, м. Дрогобич, вплив стоків Дрогобицького промислового вузла, під мостом по дорозі Львів–Дрогобич; район річкового басейну Дністер; моніторинг здійснено лабораторією моніторингу вод та ґрунтів БУВР Західного Бугу та Сяну.

Пост спостереження № 3. Повна назва поста спостереження: р. Сівка, 2 км, с. Сівка-Войнилівська, гирло, вплив стоків Калуського промислового вузла, 40 м нижче мосту по дорозі Галич–Залуква–Войнилів; район річкового басейну: Дністер; моніторинг здійснено лабораторією моніторингу вод та ґрунтів Дністровського БУВР.

Дані з поста спостереження м. Самбір вказують на перевищення вмісту нітрит-іонів у 4,5 раза. Інші показники знаходяться в межах норми. Дані з поста спостереження м. Дрогобич вказують на те, що за двома показниками – БСК та амоній-іони, є перевищення в 1,73 і 5,2 раза відповідно. Надзвичайне перевищення спостерігається за показником нітритіонів – у 16,75 раза. Пере-

вищення вмісту нітрит-іонів у поверхневих водоймах спричиняють отруєння тварин, особливо молодняку. Підвищений вміст нітритів вказує на посилення процесів розкладання органічних речовин в умовах повільного окислювання нітрит-іонів до нітрат-іонів, що свідчить про забруднення водного об'єкта, тобто є важливим санітарним показником. Підвищення концентрації нітритів і іонів амонію у поверхневих водах вказує на нещодавнє забруднення, тоді як збільшення вмісту нітратів – на забруднення в минулому.

Дані з поста спостереження с. Сівка-Войнилівська вказують на незначне перевищення нормативу показників БСК, сульфат-іонів, хлорид-іонів та амоній-іонів. А ось кількість завислих (суспендованих) речовин перевищує норму у 4,5 рази. Завислі речовини потрапляють у воду внаслідок процесів ерозії ґрунтів і гірських порід, скаламучення донних відкладень, розкладання гідробіонтів, хімічних реакцій, а також надходження з побутовими і виробничими стічними водами. Завислі речовини впливають на глибину проникнення.

Пост спостереження № 4. Повна назва поста спостереження: р. Дністер, 826 км, м. Хотин, лівий берег, 600 м вище мосту по дорозі Чернівці – Кам'янець-Подільський; район річкового басейну: Дністер; моніторинг здійснено басейновою лабораторією моніторингу вод та ґрунтів БУВР Пруту та Сірету. Пост спостереження № 5. Повна назва поста спостереження: р. Дністер, 631 км, м. Могилів-Подільський, Вінницька область, міст, митний перехід з Молдовою; район річкового басейну: Дністер; моніторинг здійснено лабораторією моніторингу вод та ґрунтів БУВР Пруту та Сірету.

Пост спостереження № 6. Повна назва поста спостереження: р. Білоч, 15 км, с. Шершенці, кордон з Молдовою; район річкового басейну: Дністер; моніторинг здійснено лабораторією моніторингу вод та ґрунтів БУВР річок Причорномор'я та нижнього Дунаю.

Пост спостереження № 7. Повна назва поста спостереження: с. Кучургани, Кучурганське водосховище, на східному березі водосховища, 2 км нижче мосту через річку; район річкового басейну: Дністер; моніторинг здійснено лабораторією моніторингу вод і ґрунтів БУВР річок Причорномор'я та нижнього Дунаю.

Контрольний створ, розміщений в с. Маяки Одеської області, характеризується у 2022 р. зниженням індексу забрудненості води порівняно з 2021 р. (клас якості води змінюється з III – помірно забруднена на II – чиста вода) та незначним зростанням індексу забрудненості води в 2022 р. порівняно з 2019 р. (клас якості води змінюється з II – чиста вода на III – помірно забруднена). За визначеними значеннями індексу забрудненості води, можна вважати, що вода річки Дністер ще не досягла критичної межі забруднення і має потенціал досамоочищення (таблиця 5).

Таблиця 5. Характеристика контрольних пунктів спостереження за станом поверхневих вод басейну р. Дністер в 2022 р.

№ з/п	Post_ID в єдиному державному вебпорталі відкритих даних	Назва створу, місце спостереження за якістю води
1	27232	р. Дністер, 20 км, смт. Біляївка, питний в/з м.Одеса
2	27233	р. Дністер, 16 км, с. Маяки, ГНС Нижньо-Дністровської ЗС
3	27255	р. Серет, 180 км, м. Тернопіль, Тернопільське вдсх., питний в/з
4	27256	р. Серет, 211 км, с. Горішньо-Івачів, Горішньо-Івачівське вдсх, питний в/з м.Тернопіль
5	27262	р. Білоч, 15 км, с. Шершенці, кордон з Молдовою
6	27264	р. Ягорлик, 20,2 км, с. Артирівка, кордон з Молдовою
7	27265	р. Турунчук, 47 км, с. Троїцьке, кордон з Республікою Молдова
8	27267	р. Кучурган, 1 км, с. Граданиці, Кучурганське вдсх., 1 км по дамбі від села
9	27268	р. Кучурган, 20 км, с. Кучургани, Кучурганське вдсх., на східному березі вдсх, 2 км нижче мосту через річку

Пунктами, які надавали нам дані своїх спостережень, були саме поблизу м. Біляївка та с. Маяки Одеської області наведено на рисунку 1 (пункти спостереження з станом поверхневих вод 1 та 2). Це територія зони річки Турунчук або Новий Дністер, яка тече в Молдові та в Україні і є рукав Дністра. Ширина 30 м при звичайній глибині – до 6 м, а в западинах – до 9 м. Рукав Турунчука утворився в 1780-1785 році. Відгалужується від судноплавного русла Дністра поблизу придністровського села Чобручі на 146-му кілометрі від гирла.

Далі протікає поблизу сіл Глинне, Незавертайлівка, і знову впадає в Дністер на 20-му кілометрі від гирла в районі міста Біляївка. Завдяки піщаної гріві, яка була налита водою, Турунчук відокремився від озера Біле і впадає безпосередньо в Дністер. Турунчук забирає близько 60 % води Дністра, якою частково користується для ведення господарської діяльності і місцеве населення. Кінцевою точкою пункту моніторингу водойми р.Дністер є Кучурганське водосховище біля с. Кучурган. Річка протікає через смт. Захарівку та Велику Михайлівку, а також чимало сіл. Велика частина берегів стрімча та глиниста, вони покриті вербовими лісами, заростями верболозу і бур'янистим різнотрав'ям.

Основною причиною забруднення органічними речовинами є недостатній ступінь очищення стічних вод або взагалі відсутність очистки. Органічне забруднення може привести до значних змін кисневого балансу

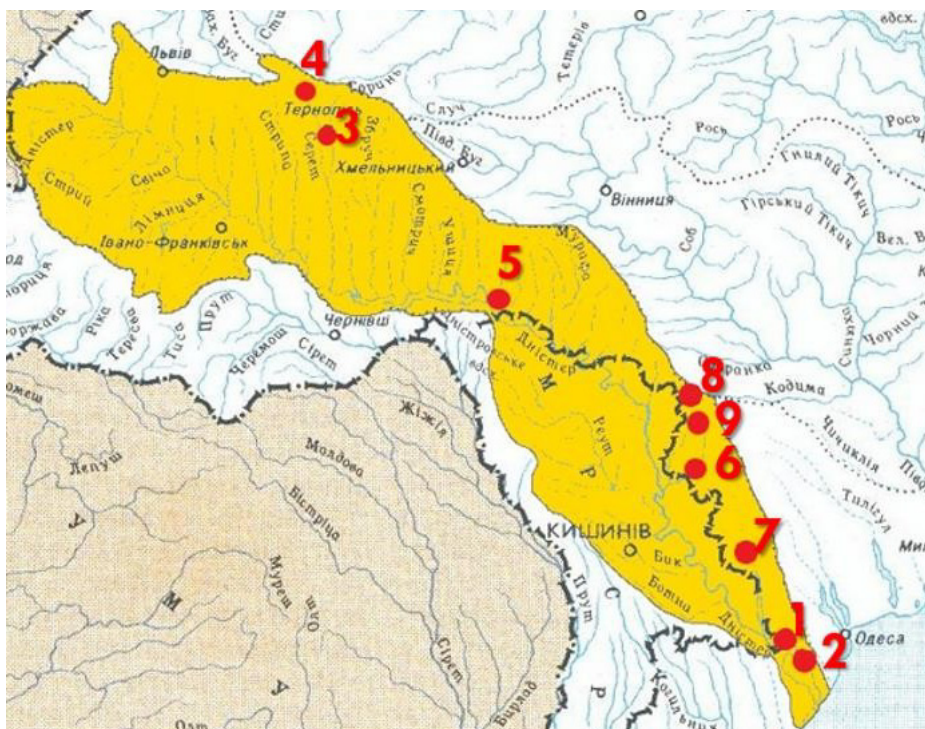


Рис. 1. Карта-схема розташування контрольних пунктів спостереження за станом поверхневих вод басейну р. Дністер в 2022 р.

поверхневих вод і, як наслідок, до зміни видового складу гідробіонтів або навіть їх загибелі. Надходження органічних речовин зі стічними водами, як правило, оцінюють за непрямыми показниками БСК і ХСК. Велика частина міських агломерацій в РБР Дністра підключена до комунальних очисних споруд. небезпека забруднення вод органічними речовинами пов'язана із зменшенням вмісту розчиненого у воді кисню до рівня, небезпечного для гідробіонтів. У цьому розділі обговорюється навантаження від групи органічних речовин, які не виявляють токсичної дії і піддаються бактеріальній деструкції. Ця група переважно утворюється продуктами життєдіяльності живих організмів. Забруднення органічними речовинами за рахунок дифузних джерел визначається переважно домогосподарствами сільського населення, які не підключені до каналізаційних мереж. Водовідведення таких індивідуальних господарств здійснюється шляхом накопичення в відстійниках, з яких стічні води фільтруються в найближчі горизонти підземних вод.

Оцінку навантажень від сільського населення проводили розрахунковим шляхом за коефіцієнтами, уточненими для пострадянських країн.

В українській частині басейну Дністра за рік в середньому формується 18,5 тис. т органічних речовин за показником ХСК і 10,9 тис. т за показником БСК₃.

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.

У 2022 році забруднення органічними речовинами від комунальних точкових джерел склало 1,1 тис. т за БСК і 3,4 тис. т за ХСК. Домінуючу частину забруднення органічними речовинами генерують великі міста з населенням понад 100 тис. чол. (Кам'янець-Подільський, Львів, Івано-Франківськ, Тернопіль). Зі стічними водами з цих міст надходить до 60 % органічних речовин по БСК і 70 % – по ХСК. У верхній частині басейну в основному зосереджені підприємства хімічної, нафтохімічної промисловості, в тому числі переробка, зберігання і транспортування нафти, целюлозно-паперова і меблева промисловість. Харчова промисловість (м'ясо-молочна, виноробна, цукрова) головним чином сконцентрована в середній і нижній частині РБР Дністра.

Скорочення промислового виробництва, що спостерігається з початку 1990-х років, призвело до зменшення органічного забруднення МПВ РБР Дністра, але промислові підприємства як і раніше часто відводять стічні води без очищення або використовують тільки первинну механічну очистку.

За даними 2022 року, органічні речовини надходили в складі стічних вод 73 підприємств. Нафтохімічна і целюлозно-паперова галузі є найбільшими забруднювачами, поряд із значним внеском підприємств харчової промисловості. Забруднення органічними речовинами від промислових точкових джерел становили 0,08 тис. т за БСК і 605 тис. т за ХСК.

Сільськогосподарські підприємства здійснюють тільки механічну очистку стічних вод і не забезпечують достатній ступінь видалення органічних речовин. Забруднення органічними речовинами від сільськогосподарських точкових джерел – незначне і в 2017 році склало 0,001 тис. т за ХСК. Це пояснюється переважним відведенням нормативно-чистих вод підприємствами рибного господарства, що становлять 98 % загального обсягу стічних вод підприємств сільського господарства.

Забруднення біогенними речовинами, зокрема азотом (N) і фосфором (P), стимулює евтрофікацію поверхневих вод. У 2023 році в поверхневій воді Дністра всіма суб'єктами господарювання було відведено:

- азоту амонійного 0,231 тис. т;
- азоту нітратного – 2,742 тис. т;
- азоту нітритного – 0,024 тис. т;
- ортофосфатів – 0,290 тис. т.

При цьому основними джерелами надходження є неочищені стічні води комунального господарства та промисловості. Широке використання фосфоровмісних пральних порошків і миючих засобів при недостатній очистці стічних вод посилює забруднення біогенними речовинами. В Україні встановлені обмеження вмісту фосфатів в миючих засобах, що відповідають регламенту Європейського Парламенту. Ефективність видалення фосфору із стічних вод більшості очисних споруд в Україні не перевищує 20 %, проте в зв'язку із застарілим обладнанням ефективність його «вилучення» очисними спорудами часто не досягає проєктних значень.

Небезпека забруднення вод органічними речовинами пов'язана із зменшенням вмісту розчиненого у воді кисню до рівня, небезпечного для гідробіонтів. У цьому розділі обговорюється навантаження від групи органічних речовин, які не виявляють токсичної дії і піддаються бактеріальній деструкції. Ця група переважно утворюється продуктами життєдіяльності живих організмів. Забруднення органічними речовинами за рахунок дифузних джерел визначається переважно домогосподарствами сільського населення, які не підключені до каналізаційних мереж. Водовідведення таких індивідуальних господарств здійснюється шляхом накопичення в відстійниках, з яких стічні води фільтруються в найближчі горизонти підземних вод. Оцінку навантажень від сільського населення проводили розрахунковим шляхом за коефіцієнтами, уточненими для пострадянських країн. В українській частині басейну Дністра за рік в середньому формується 18,5 тис. т органічних речовин за показником ХСК і 10,9 тис. т за показником БСКЗ.

Забруднення біогенними речовинами від точкових джерел викликано переважно скидами недостатньо очищених або неочищених стічних вод міст.

У межах басейну Дністра зі стічними водами комунальних підприємств у 2017 році надійшло:

- 0,222 тис. т азоту амонійного;
- 2,252 тис. т нітратних сполук азоту;
- 0,021 тис. т азоту в нітритній формі;
- 0,235 тис. т фосфору ортофосфатів.

Найбільшим забруднювачем РБР Дністра є нафтохімічна промисловість. Аналіз надходження біогенних речовин в складі стічних вод промислових підприємств показав, що в 2017 році було відведено:

- 0,006 тис. т азоту амонійного;
- 0,475 тис. т в формі нітратних сполук;
- 0,003 тис. т азоту нітритного;
- 0,037 тис. т фосфору ортофосфатів.

На підставі результатів скринінгу було сформовано перелік з 18 басейнових специфічних показників (10 синтетичних речовин та 8 важких металів) для включення до програми діагностичного моніторингу басейну Дністра.

Контроль за вмістом забруднюючих речовин у скидах стічних вод в даний час здійснюється для тих параметрів, які передбачені проєктами гранично допустимих скидів (ГДС) водокористувачів та вимогами статистичної звітності (переважно забруднення органічними і біогенними речовинами). Важкі метали та інші пріоритетні речовини, такі як поліароматичні вуглеводні, пестициди, не визначаються. З небезпечних речовин, виявлених в стічних водах точкових джерел забруднень РБР Дністра, в 2022 році зафіксовано тільки присутність нікелю в кількості 0,018 тонни. Інформація про інші небезпечні речовини, що забруднюють Дністер, відсутня. Забруднення речовинами, частина з яких можуть бути специфічними для РБР Дністра, в 2023 році становили: 0,143 т алюмінію; 0,136 т міді; 0,052 т хрому; 0,443 т цинку; 0,085 т марганцю; 14,15 т заліза; 0,869 т формальдегіду; 0,003 т фенолу; 8,667 т СПАР; 3,359 т нафтопродуктів; 0,037 т жирів, масел; 0,632 т таніну; 3,152 т натрію; 24,13 т магнію; 2,133 т калію; 174,7 т кальцію. Відносна частка різних забруднювачів р. Дністер наведена на рисунку 2.

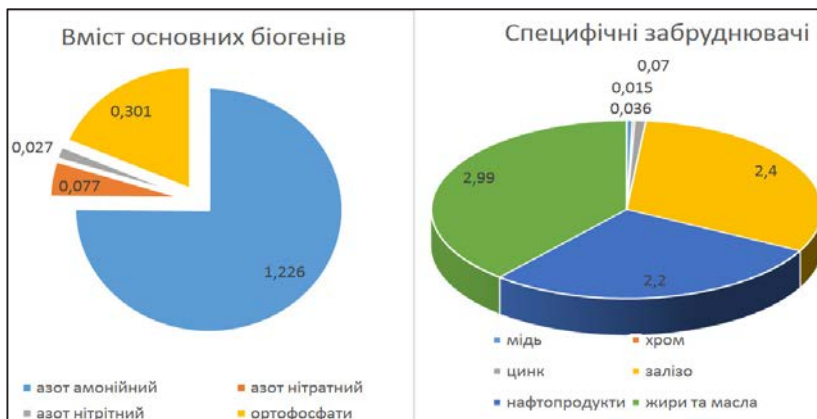


Рис. 2. Відносна частка різних забруднювачів р. Дністер

Отримані результати досліджень корелюють з наявними результатами досліджень, наведеними в працях [11]. Вода долини Дністра характеризується як «добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабо забрудненої прийнятної якості та «добра», чиста вода прийнятної якості. Також спостерігаються епізодичне перевищення гранично допустимих концентрацій біогенних елементів та підтверджується те,

що клас якості води напряму залежить від антропогенного навантаження на водні ресурси. Усунення недоліків сучасної системи моніторингу поверхневих вод за допомогою безперервного автоматизованого контролю якісних характеристик вод тільки частково вирішить наявну проблему. На нашу думку, необхідною умовою забезпечення належної якості поверхневих вод є суворе законодавчо встановлена відповідальність за забруднення поверхневих вод виробничими стоками, а також господарсько-побутовими стоками від приватного сектору та сільсько-господарського виробництва.

Висновки. 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 широкомасштабних екологічних і господарських заходів з використання вод. За визначеними значеннями індексу забрудненості води, можна вважати, що вода річки Дністер ще не досягла критичної межі забруднення і має потенціал досамоочищення. Водокористувачі повинні цей потенціал тільки підтримувати і покращувати. Для цього потрібно упереджувати можливість змиву з виробничих територій та формувати біологічний бар'єр для захисту водних об'єктів, для затримання та знешкодження надлишків біогенних елементів і токсичних сполук.

Проаналізовано значення гідрохімічних показників по течії річки, починаючи з м. Самбір Львівської обл., завершуючи с. Кучургани Одеської обл. та встановлено перевищення за вмістом нітрит-іонів, сульфат-іонів, хлорид-іонів, амоній-іонів та показником біохімічного споживання кисню на окремих постах спостереження. За даними середньорічних концентрацій забруднювальних речовин у контрольних створах водних об'єктів регіону за звітний рік розраховано індекс забрудненості води та встановлено клас якості води у створах с. Розвадів Львівської обл. та с. Маяки Одеської обл. Проведено порівняльну характеристику якості води за розрахованим ІЗВ вказаних водних об'єктів у 2020, 2021 та 2022 роках. Для верхів'я річки Дністер (с. Розвадів Львівської області) характерні значно вищі значення індексу забрудненості води порівняно з долиною Дністра (с. Маяки Одеської області). За визначеними значеннями індексу забрудненості води, можна вважати, що вода річки Дністер ще не досягла критичної межі забруднення і має потенціал до самоочищення.

MONITORING OF THE ECOLOGICAL ASSESSMENT OF WATER QUALITY OF THE DNIESTER RIVER

*Almashova V. S. – Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor,
Kherson State Agrarian and Economic University,
vikadiana1981@gmail.com*

This article highlights a study of the assessment of the ecological state of the Dniester River. The values of hydrochemical indicators of water quality at observation posts along the Dniester River, starting from the upper reaches of the river and ending with the Dniester Valley, are analyzed. Exceedance of maximum permissible concentrations of nitrite ions, sulfate ions, chloride ions, ammonium ions, and biochemical oxygen demand was detected in control sections of the river at individual monitoring stations. The Dniester River basin belongs to the regions with a high degree of economic development of natural resources and their intensive and long-term exploitation, therefore, a comprehensive study of water resource quality problems is particularly relevant today.

Based on the average annual concentrations of pollutants in the control sections of water bodies in the region for the reporting year, the water pollution index was calculated and the water quality class was established in the sections of the villages of Rozvadiv, Lviv region, and Mayaki, Odesa region. A comparative characteristic of water quality was carried out based on the calculated water pollution index in the control sections of the Dniester River at the indicated observation posts. It was established that the upper reaches of the Dniester River (the village of Rozvadiv, Lviv region) are characterized by significantly higher values of the water pollution index compared to the Dniester Valley (the village of Mayaki, Odesa 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 pollution threshold and has the potential for self-purification, but the territory of the very upper reaches of the Dniester River (the village of Rozvadiv, Lviv region) is characterized by significantly higher values of the water pollution index compared to the Dniester valley (the village of Mayaki, Odesa region). Systematic ecological monitoring of this reservoir is a necessary condition for controlling water quality and ensuring prompt response.

Keywords: Dniester River; observation posts; pollution index.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васенко О. Г. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія. Харків: НУГЗУ, 2015. 419 с.
2. Голиков А. П., Козакова Н. А., Пересадько 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.

3. Клименко М. О., Бедункова О. О. Біоіндикація стану гідроєкосистем за морфологічними та цитогенетичними характеристиками гомеостазу риби. Рівне: НУВГП, 2017. 302 с.
4. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р., Кравчинський Р. Л., Чунарьов О. В. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник. Київ: ВПЦ Київський університет. 2015. 172 с.
5. Томільцева А. І., Яцик А. В., Мокін В. Б. Екологічні основи управління водними ресурсами. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
6. Auerbach D. A., et al. Beyond concrete: accounting for ecosystem services from free-flowing rivers. *Ecosystem Services*. 2014. Vol. 10. PP. 1-5.
7. 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
8. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіук О. П., Яцик А. В. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Київ : Символ. 1998. 28 с.
9. 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.
10. Магась Н. І., Трохименко А. Г. Оцінка сучасного антропогенного навантаження на басейн річки Південний Буг. *Екологічна безпека*. 2013. Випуск 2. С. 48-52.
11. Биткова Т. В., Ричак Н. Л., Гричаний О. М. Використання дощової води на урбанізаційних територіях та управління якістю зливових стоків: еколого-економічний аспект. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія Економічна*. 2018. Випуск 94. С. 15-28. URL: <https://doi.org/10.26565/2311-2379-2018-94-02>

REFERENCES

1. Vasenko O. H. (2015). *Integralni ta kompleksni otsinky stanu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha* [Integral and complex assessments of the state of the environment]. Kharkiv: NUHZU. [in Ukrainian].
2. 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. Seriya: Mizhnarodni vidnosyny. Ekonomika. Krainoznavstvo. Turyzm. Bulletin of Kharkiv National University V.N.*

- Karazina. Series: *International Relations. Economy. Local lore. Tourism*, Iss. 7, 26-34. [in Ukrainian].
3. 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. [in Ukrainian].
 4. Khilchevskiy V. K., Zabokrytska M. R., Kravchynskiy R. L., Chunarov O. V. (2015). *Osnovni zasady upravlinnia yakistiu vodnykh resursiv ta yikhnia okhrona* [Basic principles of water quality management and their protection]. Kyiv: VPTs Kyivskiy universytet. [in Ukrainian].
 5. Tomiltseva A. I., Yatsyk A. V., Mokin V. B. ta in. (2017). *Ekolohichni osnovy upravlinnia vodnymi resursamy* [Ecological bases of water resources management]. Kyiv: Instytut ekolohichnoho upravlinnia ta zbalansovanoho pryrodokorystuvannya. [in Ukrainian].
 6. Auerbach D. A., et al. (2014). Beyond concrete: accounting for ecosystem services from free-flowing rivers. *Ecosystem Services*, Vol. 10:1-5.
 7. 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. 126:30-43. URL: doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.03.026.
 8. Romanenko V. D., Zhukynskiy V. M., Oksiiuk O. P., Yatsyk A. V. (1998). *Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevykh vod za vidpovidnymi katehoriiami* [Methods of ecological assessment of surface water quality by relevant categories]. Kyiv : Symvol. [in Ukrainian].
 9. 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, no. 2:1-19.
 10. Magas N. I., Trokhimenko A. G. (2013). *Ocinka suchasnogo antropogennogo navantazhennja na basejn richky Pivdennyj Bug* [Estimation of modern anthropogenic load on the Southern Bug River basin]. *Ecological safety*, Issue 2, 48-52. [in Ukrainian].
 11. Bytkova T. V., Rychak N. L., Hrychanyi O. M. (2018). *Vykorystannia doshchovoi vody na urbanizatsiinykh terytoriiakh ta upravlinnia yakistiu zlyvovykh stokiv: ekoloho-ekonomichni aspekt* [Rainwater use in urban areas and stormwater quality management: environmental and economic aspects]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho univertsytetu imeni V.N. Karazina. Serii Ekonomichna. Bulletin of Kharkiv National University named after VN Karazina. Economic series*, Issue 94, 15-28. URL: //doi.org/10.26565/2311-2379-2018-94-02/ [in Ukrainian].

УДК 574.5/6

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.23>

МОНІТОРИНГ ДОСЛІДЖЕНЬ РАДІОАКТИВНОСТІ В РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОНАХ М. ДНІПРО НА ПРИКЛАДІ ДІЛЯНОК ОЗЕРА ЛОМІВСЬКЕ ТА ОЗЕРА КУРЯЧЕ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

*Булейко А. А. – к.б.н., доцент,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
Alla.A.Buleyko@gmail.com*

У статті представлено результати моніторингу досліджень бета-, гамма-випромінювання рекреаційних зон м. Дніпро на прикладі ділянок Озера Ломівське та Озера Куряче в сучасних умовах. На сьогоднішній час дане питання є актуальним через не задовільну радіоекологічну ситуацію в області, особливо в час, коли ідуть бойові дії в Україні. Наша задача постійно моніторити радіоактивність, для створення безпечних рекреаційних зон.

Було проведено розгляд і аналіз літературних джерел про вплив на здоров'я людей радіоактивних відходів, спричинених аварією на Чорнобильській АЕС та повномасштабним російським вторгненням, здійснено вимірювання ступеня γ -випромінювання та β -випромінювання в 2024 році за допомогою дозиметра РКСБ-104. Виміряно рівень гамма- та бета-випромінювання на рекреаційних ділянках Озера Ломівське та Озера Куряче, побудовані графіки та діаграми відмінностей на даних пробних площах.

Здійснено порівняльну характеристику для визначення ступеня γ -випромінювання та β -випромінювання на рекреаційних ділянках Озера Ломівське та Озера Куряче.

Встановлено, що найвищі показники спостерігаються на пробних площах, які найближче розташовуються до автомобільної магістралі – Донецьке шосе. Слід припустити, що внаслідок згорання нафтопродуктів у їх залишках містяться важкі метали. Через близькість Ломівського плеса до великих промислових підприємств, що розташовуються на правому березі міста на його територію з пиловими масами потрапляють відходи важкої промисловості.

Рекомендовано рекомендується вживати заходи з обмеження доступу до зон з підвищеним радіаційним фоном з метою запобігання можливих негативних наслідків для відвідувачів та місцевого населення.

На основі вищезазначених проведених досліджень рекомендовано проводити регулярний моніторинг рівня гамма- та бета-випромінювання на природних та штучних водоймах, що розташовуються в межах населених пунктів, особливо на ділянках, які активно використовуються місцевими мешканцями для рекреації.

Ключові слова: моніторинг, рекреаційні зони, радіаційний фон, радіаційне забруднення, екосистеми.

Постановка проблеми. Завдяки техногенному розвитку людства ми спостерігаємо активний розвиток міст, які захоплюють нові території,

внаслідок чого природні водойми стають міськими та починають активно використовуватися жителями мегаполісу [3, с. 58].

У межах міста Дніпро розташовується значна кількість озер. Міські водойми активно використовуються місцевими мешканцями, на їх берегах ми можемо зустріти рибалок-любителів та відпочивальників. Міські водойми постійно піддаються впливу різноманітних забруднень та постійному впливу людської діяльності. Оскільки водойми знаходяться в межах мегаполісу який насичений підприємствами важкої промисловості то до них в значній кількості з пилом та стічними водами потрапляють важкі метали, які потрапляють до водойми та накопичуються в мулистих покладах або потрапляють до трофічних ланцюгів та накопичуються в живих організмах, як наслідок чинять негативний вплив на всіх етапах життя організму оскільки вони не виводяться.

Вони є зручними для проведення досліджень оскільки знаходяться в межах населених пунктів та не потребують значних транспортних витрат. Тому моніторинг досліджень бета-, гамма-випромінювання рекреаційних зон м. Дніпро на прикладі ділянок Озера Ломівське та Озера Куряче в сучасних умовах надзвичайно актуален.

Аналіз останніх публікацій. Радіоактивні речовини мають природне походження та їх можна зустріти в навколишньому середовищі, вони є присутніми в ґрунтах, камінні, воді, а також в повітрі та рослинності. Наявність даних сполук в природному середовищі формує природний радіаційний фон, що чинить постійний вплив на живі організми. Середнім показником природної дози випромінювання для людини в світі прийнято вважати 2,4 мЗв на рік. Дана доза вчетверо перевищує середній світовий рівень штучного випромінювання, який згідно даних 2008 року складав близько 0,6 мЗв на рік [9, с. 9].

Внаслідок аварії на Чорнобильській атомній електростанції 26 квітня 1986 року в навколишнє середовище потрапила значна кількість ізотопів важких металів. Внаслідок вибуху утворилася хмара, насичена радіоактивними сполуками, яка протягом 2 тижнів знаходилася в атмосферних шарах Європи, а на земну поверхню осідали ізотопи металів: цезію-134 (період розпаду 2 роки), цезій-137 (період напіврозпаду 30 років) та стронцію-90 з періодом напіврозпаду 29 років [13, с.150].

Як результат, важкі метали потрапили до трофічних ланцюгів та накопичуються в живих організмах. Внаслідок акумулювання відбувається вплив на всі системи органів. Через розпад в організмі відбувається вплив на генетичний матеріал, як наслідок спостерігаємо виникнення мутацій та появу генетичних захворювань [4, с. 49].

Осілий радіоактивний пил поступово покривався шаром ґрунту, а у водоймах зникав під товщею мулистих покладів. Внаслідок початку актив-

ної фази російсько-Української війни ми можемо спостерігати порушення ґрунтових мас внаслідок вибухів та інженерних робіт, що спричиняє потрапляння в пилові маси ізотопів важких металів. Яскравим прикладом є перебування військ російської федерації в зоні відчуження, а саме на території «рудого лісу» та проведення інженерних робіт, як наслідок, відбулося вивільнення та потрапляння радіонуклідів до атмосфери та водойм [7, с. 20].

Постановка завдання. Визначення радіоактивності на водоймах, таких, як озеро Ломівське та Куряче, є важливим етапом у вивченні та оцінці екологічного стану цих природних водойм. Радіоактивність є ключовим показником, що відображає рівень інтенсивності випромінювання та може вказувати на ступінь забруднення води важкими металами. Представлено дослідження радіаційного фону на озерах Ломівське та Куряче з метою отримання даних щодо рівня радіоактивності, що є вирішальним для оцінки впливу на довкілля та безпеку людей, які користуються цими водоймами.

Аналіз та порівняння вимірювань радіоактивності на цих озерах дозволить отримати важливі висновки про стан їхнього радіаційного забруднення та можливі наслідки для природного середовища та людського здоров'я.

Матеріали та методи. Місцем проведення досліджень слугувала берегова зона Ломівського та Курячого озер. Обидві водойми розташовуються на лівому березі міста Дніпро. До їх берегів щільно приступає міська забудова. Дані водойми є зручними для проведення досліджень, оскільки не потребують значних транспортних витрат.

При виборі ділянок враховувалась їх популярність серед місцевих мешканців, вимірювання проводили на ділянках, де спостерігалася найбільша кількість відпочивальників.

Вимірювання радіоактивності проводили з допомогою дозиметру, визначали рівень β та γ частинок. Вимірювання проводили шляхом використання дозиметру РКБ-104.

Результати досліджень. Ломівське озеро знаходиться на лівобережній ділянці міста Дніпро в межах Амур-Нижньодніпровського району в межах житлових масивів Кам'янського та Ломівського (колишній житловий масив Фрунзенський). Ломівське озеро має сполучення з Дніпровським водосховищем – завдяки Кам'янсько-Ломівському каналу [5, с.123].

На момент проведення досліджень площа водного дзеркала Ломівського озера становить 12 гектарів, а довжина 917 м, середня ширина водойми становить 130 м, довжина найширшої ділянки становить 180 метри.

Глибина найглибшої ділянки становить 5,0 метри, а довжина штучно створеного дренажно-паводкового каналу становить (Кам'янсько-Ломівський, Лівобережний канал) – 1600 метри.

На ділянках, де проводилися дослідження, береги Ломівського озера вкриті очеретом озерним, а на окремих мілководних ділянках ми спостері-

гаємо рогіз широколистий та сусак зонтичний, а на окремих ділянках серед очерету озерного спостерігається наявність рогозу вузьколистого [8, с. 47].

Донна фауна водойми представлена переважно личинками комах – мотиль, личинки бабок та ін. На дні водойми ми спостерігаємо наявність залишків двостулкових моллюсків, після аналізу оболонок встановлено наявність перлівниці звичайної. Типовими представниками безхребетних є медична п'явка, яка відноситься до кільчастих червів та належить до Червоної книги України.

Видовий склад системи Протовцівських озер, до яких відноситься і Ломівське озеро, вперше описаний Й. І Коротким у 1949 році та нараховує 29 видів іхтіофауни. У прибережній зоні водойми найбільш чисельними є вівсянка, карась (золотий), плоскирка, лящ, плітка, верховодка, йорж та окунь. Окрім вищевказаних представників на території заказника дослідниками фіксується наявність обмеженої популяції міноги української, вугра та сома європейського.

З наявних представників іхтіофауни 3 види мають охоронний статус та занесені до Червоної книги України, в тому числі зафіксовано берша *Sander volgensis* у січні-лютому 2022 року. До Червоного списку Дніпропетровської області належать 2 види.

Нараховується 11 видів промислово цінних та малоцінних видів риб, що є об'єктами промислу, серед яких найбільше значення має щука, плітка і карась сріблястий.

Озеро Куряче є ще одною внутрішньою водоймою м. Дніпро, дане озеро належить до системи Протоцівських озер, які знаходяться в межах першої надзаплавної тераси річки Дніпро та улоговин між ними, де і розташовуються проточні озера та заболочені протоки між ними. Озеро розташовується безпосередньо в межах житлового масиву, а поруч знаходяться будинки мешканців міста. Куряче озеро є популярним серед місцевих мешканців та активно використовується рибалками-любителями та відпочивальниками.

Водойма має довжину 1,9 кілометрів, а ширина коливається в межах 0,15-0,13 кілометри, площа водойми становить 25 га. В наш час середні глибини водойми коливаються в межах 0,6-0,8 метри, а максимально зафіксована глибина 2 метри.

Видовий склад рослинності дещо збіднений, оскільки водойма знаходиться в межах міста Дніпро, проте на береговій лінії ми можемо зустріти очерет озерний, рогіз широколистий та сусак зонтичний, на заплавній ділянці можемо зустріти осокові трави. Занурена водна рослинність представлена рдесником блискучим та гребінчастим, а також куширем зануреним та уруття колосистою. На мілководді можна зустріти нитчатку та жабурницю пухирчасту [2, с. 205].

Вивчаючи біоту водойми встановлено наявність земноводних – жаби озерної. На узбережжі в значній кількості зустрічаються жаби різних віко-

вих категорій. А плазуни відмінно від земноводних мають більше видове різноманіття до них ми можемо віднести болотяну черепаху, водяного та чорного вужа.

Видовий склад іхтіофауни є збіднений, нами було зафіксовано 10 видів, найбільш чисельною є родина коропові. В ході проведення дослідження водойми було встановлено, що типовими представниками є плітка, карась сріблястий, краснопірка, верховодка, чебачок амурський. Після опитування рибалок-любителів було встановлено, що у водойму самовільно заселяли коропа та білого амура – представники родини коропові, що є біомеліораторами. Родина окуневих представлена річковим окунем, за свідченнями рибалок-любителів у Курячому озері фіксується сонячний окунь, який належить до родини центрархові. Щукою звичайною представлена родина щукові. Збіднений видовий склад ми можемо пояснити незначними розмірами водойми та відсутністю значних глибин [10, с. 19].

На Ломівському та Курячому озері проводили вимірювання рівня бета та гама випромінювання.

Порівнюючи рівні бета випромінювання на обох озерах (рисунок 1), ми можемо бачити, що на 3 ділянках Ломівського озера показники випромінювання є вищими ніж на озері Куряче, а саме на 2, 3 та 4 ділянках [1, с. 78].

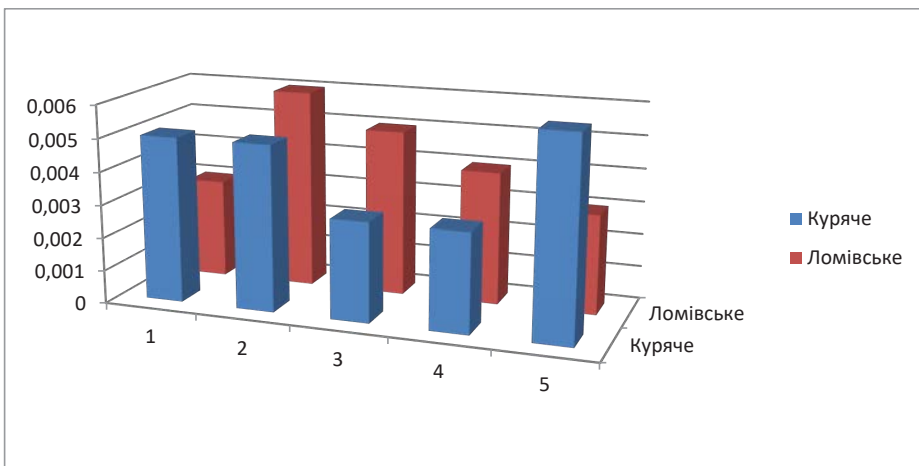


Рис. 1. Порівняльна діаграма β -випромінювання озера Куряче та Ломівського плеса

Ми можемо припустити, що вищий рівень β -випромінювання може бути пов'язаний з близькістю до важливої транспортної артерії міста – Донецького шосе, а також до підприємств важкої промисловості. Згідно журналу польових досліджень на ділянках, що знаходяться у безпосередній близькості до автомобільної магістралі є 2 та 3 пробні ділянки. Варто

припустити, що важкі метали потрапляють із залишками згорання нафто-продуктів або з пилом від металургійних комбінатів.

Слід відзначити, що на озері Куряче ми можемо спостерігати схожу тенденцію, з віддаленням від Донецького шосе відбувається поступове зниження рівня випромінювання.

Як відомо гамма-випромінювання має найбільшу енергію та, як результат, чинить більш згубну дію на організм та навколишнє середовище. Саме воно спричиняє найбільшу кількість мутацій і пошкоджень генетичного матеріалу та здатне проникати у всі тканини організму. Після проведення вимірювань було виконано аналіз отриманих результатів.

Проаналізувавши результати вимірювань на Ломівському плесі (рисунок 2), нами було встановлено, що на Ломівському озері спостерігаються вищі показники гамма-випромінювання на 2, 3 та 5 ділянках, дані ділянки найближче розташовуються до транспортної магістралі. Максимальний показник ми спостерігаємо на 3 ділянці, він становить – 0,007 мкЗв/г, що є найвищим показником у порівнянні з усіма ділянками. Найменший показник спостерігається також на Ломівському озері та становить 0,002 мкЗв/г, він спостерігається на пробній ділянці № 1, яка розташована неподалік від лісу та є найбільш віддаленою від автомагістралі. А на Курячому озері найменший показник становить 0,003 мкЗв/г, він спостерігається на 2 та 3 пробних площах, які є віддаленими від автомагістралі.

На Курячому озері максимальний показник спостерігається на 4 ділянці і становить 0,005 мкЗв/г. На 3-х з 5-ти пробних ділянок рівень гамма-випромінювання є вищим у порівнянні з Курячим озером. Знову ж таки це можна пов'язати з наявністю поруч металургійних комбінатів та автомагістралей.

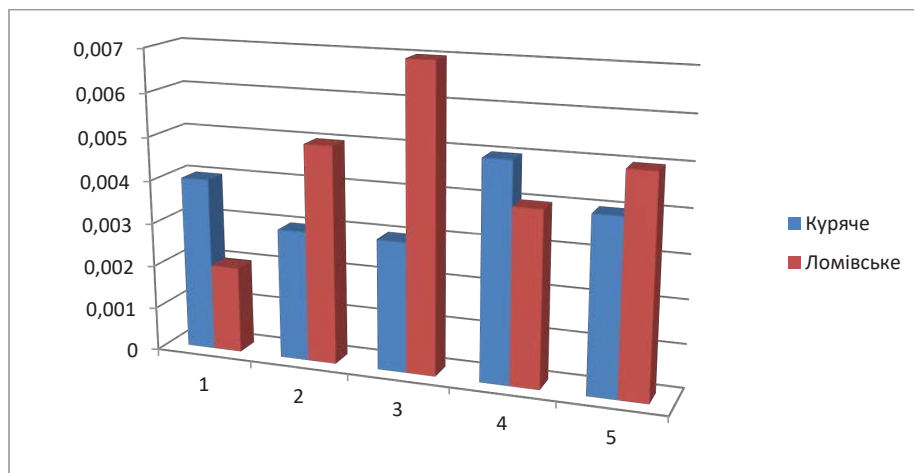


Рис. 2. Порівняльна діаграма γ -випромінювання озера Куряче та Ломівського плеса

Як і у випадку з бета випромінюванням, найбільші рівні радіаційного забруднення гамма-випромінювання спостерігаються на пробних ділянках, що наближені до автомагістралі, тобто друга та третя ділянка.

Якщо розрахувати середній показник на обох водоймах, він є однаковий – 0,004 мкЗв/г. Але варто звертати увагу на ділянки, де він є вищим – наскільки інтенсивно вони використовуються людьми. На Ломівському плесі в літній період спостерігається значна активність відпочивальників, а на Курячому озері ми можемо зустріти у більшості випадків лише рибалок-любителів.

При розрахунку середнього показника гамма-випромінювання, він є вищим на Ломівському плесі і становить 0,004 мкЗв/г, а на озері Куряче – 0,003 мкЗв/г. Як бачимо, на Ломівському плесі показники є більшими гамма-випромінювання, перевищення становить лише на 0,001 мкЗв/г. Окрім близькості Ломівського плеса до підприємств важкої промисловості, на рівень радіаційного забруднення може безпосередньо впливати сполучення з р. Дніпро.

Як бачимо, необхідно проводити дослідження рівня радіаційного забруднення, адже обидві водойми є популярними серед мешканців міста. Тому, для запобігання отруєнням важкими металами необхідно проводити моніторинг на постійній основі та за необхідності забороняти доступ до водойми.

Висновки з дослідження та перспективи подальшого розвитку в цьому напрямі. Радіаційне забруднення на Ломівському та Курячому озерах може становити потенційну загрозу для здоров'я людей і екосистем. Необхідно здійснювати подальші дослідження та проводити моніторинг радіаційного стану цих водойм для отримання більш достовірних результатів.

У результаті проведеної роботи нами було отримано наступні результати: надано фізико-географічну характеристику міських водойм – озера Куряче та Ломівського плеса. Використовуючи літературні джерела та проводячи власні дослідження, було визначено вплив радіаційного забруднення територій на здоров'я людини та на екосистеми. Підвищений рівень радіаційного випромінювання чинить негативний вплив на всіх рівнях організації живого та може спричиняти пошкодження ДНК.

При потраплянні до трофічного ланцюга спостерігається підвищення концентрації важких металів з кожним наступним трофічним рівнем. Постійний контакт з підвищеним рівнем радіації може мати негативний вплив на здоров'я людини, спричиняючи ризики для її фізичного стану та здоров'я, зокрема радіаційні захворювання та онкологічні захворювання; проведено вимірювання бета та гама випромінювання на озері Куряче та Ломівському плесі. На основі вимірювань проведено порівняння рівня радіаційного забруднення обох водойм встановлено, що рівень бета випромінювання на обох водоймах становить 0,004 мкЗв/г, а рівень гамма-випромінювання є вищим на Ломівському плесі та становить 0,004 мкЗв/г у порівнянні з 0,003 мкЗв/г. Найвищий – 0,007 мкЗв/г, та найнижчий – 0,002 мкЗв/г показник гамма-випромінювання зафіксовано на Ломівському плесі. А найбільший показник бета-випромінювання навпаки зафіксовано

на озері Куряче та Ломівське плесо, він становить 0,006 мкЗв/г. На обох водоймах було зафіксовано рівень бета-випромінювання 0,003 мкЗв/г, що є найменшим.

Найвищі показники спостерігаються на пробних площах, які найближче розташовуються до автомобільної магістралі – Донецьке шосе. Слід припустити, що внаслідок згорання нафтопродуктів у їх залишках містяться важкі метали.

Через близькість Ломівського плеса до великих промислових підприємств, що розташовуються на правому березі міста, на його територію з пиловими масами потрапляють відходи важкої промисловості. Рекомендується вживати заходи з обмеження доступу до зон з підвищеним радіаційним фоном з метою запобігання можливих негативних наслідків для відвідувачів та місцевого населення.

На основі проведених досліджень бажано рекомендувати проводити регулярний моніторинг рівня гама- та бета-випромінювання на природних та штучних водоймах, що розташовуються в межах населених пунктів, особливо на ділянках, які активно використовуються місцевими мешканцями для рекреації. У разі виявлення перевищення показників бета- та гама-випромінювання проводити заходи з обмеження доступу для мешканців міста.

MONITORING OF RADIOACTIVITY SURVEYS IN RECREATIONAL AREAS OF THE CITY OF DNIPRO ON THE EXAMPLE OF LOMIVSKE LAKE AND KURYACHNE LAKE SITES IN TODAY'S CONDITIONS

*Buleyko A. A. – PhD (Biology), Associate Professor,
Dnipro State Agrarian and Economic University,
Alla.A.Buleyko@gmail.com*

The article presents the results of monitoring studies of beta and gamma radiation in recreational areas of the city. Dnipro on the example of Lomivske Lake and Kuryachoe Lake sites in modern conditions. Today, this issue is relevant because of the unsatisfactory radioecological situation in the region, especially at a time when military operations are taking place in Ukraine. Our task is to constantly monitor radioactivity to create safe recreational areas.

A review and analysis of literature sources on the impact on human health of radioactive waste caused by the Chornobyl accident and the full-scale Russian invasion was conducted, and the degree of γ -radiation and β -radiation in 2024 was measured using a dosimeter ПКБ-104. The level of gamma and beta radiation was measured at the recreational areas of Lake Lomivske and Lake Kuryachne, and graphs and diagrams of differences in these test areas were constructed.

A comparative characterization was carried out to determine the degree of γ -radiation and β -radiation in the recreational areas of Lake Lomivske and Lake Kuryachoe.

It was found that the highest indicators are observed in the test areas closest to the highway – Donetsk highway. It should be assumed that as a result of the combustion of petroleum products, their residues contain heavy metals. Due to the proximity of the Lomivskyi Pleso to large industrial enterprises located on the right bank of the city, heavy industrial waste enters its territory with dust masses.

It is recommended to take measures to restrict access to areas with increased radiation background in order to prevent possible negative consequences for visitors and the local population.

Based on the above-mentioned studies, it is recommended to regularly monitor the level of gamma and beta radiation in natural and artificial bodies of water located within settlements, especially in areas actively used by local residents for recreation.

Keywords: monitoring, recreational areas, radiation background, radiation pollution, ecosystems.

ЛІТЕРАТУРА

1. Булейко А. А. Моніторинг досліджень радіоактивності в рекреаційних зонах м. Дніпро на прикладі ділянок озера Ломівське та озера Куряче в умовах просування інноваційних рішень. The 1st International Scientific and Practical Internet Conference "Towards a Holistic Understanding: Interdisciplinary Approaches to Tackle Global Challenges and Promotion of Innovative Solutions" is devoted to an attempt to bring together representatives of Dnipro, 2024. 78 p.
2. Гроховська Ю. Р., Ходосовцев О.Є., Пилипенко Ю. В., Кононцев С. В. Гідроботаніка: навчальний посібник. Стереотипне видання. Херсон: ОЛДІ ПЛЮС, 2017. 376 с.
3. Дворецький А. І., Новіцький Р. О., Байдак Л. А., Сапронова В. О., Булейко А. А., Рожков В. В. Моніторинг радіаційно забруднених водойм: навч. посіб. Дніпро: Ліра, 2020. 122 с.
4. Ebeling, M., Steinestel, K., Grunert, M., Schramm, A., Wilde, F., Pietzka, S., & Sakkas, A. Chernobyl's Aftermath: Multiple Manifestations of Basalioma in a Patient after Radioactive Contamination in 1986. *Radiation*, 2023, 3(4), 203-210. URL: <https://doi.org/10.3390/radiation3040016>
5. Паламарчук М. М., Закорчевна Н. Б. Водний фонд України: Довідковий посібник. За ред. В. М. Хорєва, К. А. Алієва. Київ: Ніка-Центр, 2001. 392 с.
6. Mousseau, T. A. & Møller, A. P. Landscape portrait: A look at the impacts of radioactive contaminants on Chernobyl's wildlife. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 2011, 67(2):38-46. URL: <https://doi.org/10.1177/0096340211399747>
7. Лановенко О. Г., Остапішина О. О. Словник-довідник з екології: навч.-метод. посібник. Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2013. 226 с.
8. Zimmer, K. Scientists can't agree about Chernobyl's impact on wildlife. *Knowable Magazine*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1146/knowable-020422-1>
9. Chernobyl's Deadly Legacy. *JAMA*, 2005, 294(15):1890. URL: <https://doi.org/10.1001/jama.294.15.1890-a>

10. Yablokov, A. V. Chernobyl's Radioactive Impact on Fauna. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2009, 1181(1):255-280. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04833.x>

REFERENCES

1. Buleiko, A. A. (2024). *Monitorynh doslidzhen radioaktyvnosti v rekreatsiynykh zonakh m. Dnipro na prykladi dilianok ozera Lomivske ta ozera Kuriache v umovakh prosuvannia innovatsiynykh rishen* [Monitoring of radioactivity studies in recreational areas of the city of Dnipro using the example of the areas of Lake Lomivske and Lake Kuryache in the context of promoting innovative solutions]. The 1st International Scientific and Practical Internet Conference "Towards a Holistic Understanding: Interdisciplinary Approaches to Tackle Global Challenges and Promotion of Innovative Solutions" is devoted to an attempt to bring together representativ Dnipro. [in Ukrainian].
2. Hrokhovska Yu. R., Khodosovtsev O. Ie., Pylypenko Yu. V., Konontsev S. V. (2017). *Hidrobotanika. Navchalnyi posibnyk* [Hydrobotany. Textbook]. Stereotypical edition. Kherson: OLDI PLIuS. [in Ukrainian].
3. Dvoretzkyi A. I. , Novitskyi R. O., Baidak L. A., Sapronova V. O., Buleiko A. A., Rozhkov V. V. (2020). *Monitorynh radiatsiino zabrudnenykh vodoim* [Monitoring of radioactively contaminated water bodies]. Textbook. Dnipro: Lira. [in Ukrainian].
4. Ebeling, M., Steinestel, K., Grunert, M., Schramm, A., Wilde, F., Pietzka, S., & Sakkas, A. (2023). Chernobyl's Aftermath: Multiple Manifestations of Basalioma in a Patient after Radioactive Contamination in 1986. *Radiation*, 3(4):203-210. URL: <https://doi.org/10.3390/radiation3040016>
5. Palamarchuk M. M., Zakorchevna N. B. (2001). *Vodnyi fond Ukrainy* [Water Fund of Ukraine]. *Dovidkovyi posibnyk* [Reference Guide]. Edit. V. M. Khorieva, K. A. Aliieva. Kyiv: Nika-Tsentr. [in Ukrainian].
6. Mousseau, T. A. & Møller, A. P. (2011). Landscape portrait: A look at the impacts of radioactive contaminants on Chernobyl's wildlife. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 67(2):38-46. URL: <https://doi.org/10.1177/0096340211399747>
7. Lanovenko O. H. , Ostapishyna O. O. (2013). *Slovnyk-dovidnyk z ekolohii* [Dictionary-reference on ecology]. Navch.-metod. posib. Kherson. [in Ukrainian].
8. Zimmer, K. (2022). Scientists can't agree about Chernobyl's impact on wildlife. Knowable Magazine. URL: <https://doi.org/10.1146/knownable-020422-1>
9. Chernobyl's Deadly Legacy. (2005). *JAMA*, 294(15):1890. URL: <https://doi.org/10.1001/jama.294.15.1890-a>
10. Yablokov, A. V. (2009). Chernobyl's Radioactive Impact on Fauna. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1181(1):255-280. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04833.x>

UDC 338.48:639.2(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.24>

FISHING TOURISM AS A COMPONENT OF REGIONAL DEVELOPMENT: GLOBAL EXPERIENCE AND UKRAINIAN REALITIES

Burgaz M. I. – PhD in Biology, Associate Professor,

Bashtannyk P. V. – master,

Lichna A. I. – Senior Lecturer,

I.I. Mechnikov Odesa National University,

marynaburhaz@gmail.com, bashtannykpolina@gmail.com,

lichnaya.nastya.95@gmail.com

The paper presents a comprehensive study of fishing tourism as a promising area of regional development, taking into account global experience and the specific conditions of Ukraine. It is established that fishing tourism, as a component of recreational and nature-based tourism, not only contributes to the growth of the local economy but also performs an important socio-ecological function: it provides both seasonal and permanent employment in rural areas, stimulates the development of small businesses (particularly in the food service, accommodation, and transportation sectors), promotes environmental education, and supports the conservation of aquatic biological resources through the introduction of controlled forms of fishing.

The paper outlines key directions in the development of fishing tourism in the European Union, North America, and Asia, where this form of tourism is an integrated part of sustainable territorial development strategies, embedded in national policies, and supported at the investment, institutional, and infrastructure levels. It is revealed that the success of such models depends on clear rules of access to water resources, balanced ecological pressure, and effective intersectoral coordination among tourism, environmental protection, and fisheries sectors.

Against this background, a critical analysis of the current state of fishing tourism in Ukraine is conducted. A number of systemic barriers are identified: regulatory uncertainty, lack of comprehensive spatial planning of water bodies with tourism potential, weak development of supporting infrastructure, limited marketing support, and poor coordination between state authorities, local governments, and the private sector.

At the same time, the paper emphasizes Ukraine's considerable potential for establishing a competitive fishing tourism industry, owing to its extensive hydrographic network, rich ichthyofauna, and the ethno-cultural diversity of its regions. A range of practical recommendations is proposed for the institutionalization of this sector, including the creation of a favorable investment climate, the development of regional programs based on natural resource potential, the implementation of public-private partnership mechanisms, and the introduction of adaptive management oriented toward sustainable territorial development.

Keywords: fishing tourism, regional development, recreational fishing, sustainable tourism, Ukraine, international experience.

Problem statement. In the context of ongoing transformations driven by decentralization processes, rural development, and the need to diversify the economic base of local communities, the implementation of alternative forms of tourism—particularly fishing tourism – is becoming increasingly relevant. This type of activity combines recreational, economic, and environmental functions, proving effective for sustainable territorial development in many countries. Meanwhile, in Ukraine—despite favorable natural and geographic conditions, an extensive network of water bodies, and widespread amateur fishing practices—fishing tourism remains underdeveloped, poorly institutionalized, and only partially integrated into national and regional tourism policies. The imbalance between existing potential and the actual state of the sector necessitates a systematic scientific analysis to identify restraining factors and adapt global experience to Ukrainian realities.

Analysis of recent research and publications. The issue of fishing tourism is widely covered within broader scientific approaches to sustainable tourism, ecotourism, and natural resource management. In particular, works by [1-3] explore the economic aspects of fishing tourism, its role in fostering social cohesion, and preserving local traditions. In Ukrainian academic discourse, fishing tourism is mainly addressed fragmentarily—within studies on tourism [6-7], regional development [4], or rational use of natural resources. The lack of a comprehensive interdisciplinary approach that incorporates foreign experience determines the scientific novelty of this study.

Objective. The purpose of this research is to substantiate the potential of fishing tourism as a tool for regional development in Ukraine based on the analysis of leading international practices and to determine the possibilities of their adaptation to the national context. To achieve this goal, the following objectives have been set: to analyze effective models of fishing tourism functioning in foreign countries; to characterize the current state and main challenges of fishing tourism development in Ukraine; to identify factors that facilitate or hinder the development of this sector; to propose practical pathways for integrating fishing tourism into regional socio-economic development strategies.

Research results. The leading countries in fishing tourism development demonstrate effective multi-level institutional support, encompassing national, regional, and municipal levels. Key tools for implementing relevant policies include national strategies, local initiatives, public-private partnership mechanisms, and dedicated financial programs.

In the United States, the National Strategy for Sustainable Fisheries includes grant support for tourism projects, environmental monitoring, and funding for fishing-related infrastructure. Canada offers special licensing conditions for recreational fishing tourists and tax incentives for small businesses operating in the fishing tourism sector. In Norway, municipalities actively support small enterprises by subsidizing the construction of piers, campgrounds, and guesthouses. In Japan, communities

organize festivals, training courses on traditional fishing techniques, and promote the local lifestyle as part of intangible cultural heritage. Australia has implemented partnership models in which local governments cooperate with tourism companies to finance the promotion of fishing routes, environmental education programs, and marine reserve conservation efforts (Table 1).

Table 1. Fishing Tourism in Leading Countries

Country	Main Types of Fishing	Institutional Support Mechanisms	Economic Effects	Features / Unique Practices
USA	Marine, freshwater, sport fishing	NOAA programs, government grants, licensing	\$50+ billion annually; 500,000 jobs	Extensive tour operator network; developed guide system
Canada	Freshwater, ice fishing	Simplified licensing, small business support	23,000 seasonal jobs; regional stimulation	Lake fishing with comfortable lodges
Norway	Oceanic, fjord fishing	Municipal subsidies, regional promotion, eco-monitoring	Tourism as a major income in fjord villages	Popularity of cod fishing; all-inclusive fishing tour packages
Japan	Coastal, cultural fishing	Local initiatives, educational programs, regional festivals	Coastal economy diversification	Integration of fishing with traditional Japanese cultural practices
Australia	Oceanic, reef fishing	Public-private partnerships, ecotourism strategies	Growth in marine tourism market	Marlin and tuna fishing; reef protection and sustainable tourism

Fishing tourism demonstrates a significant multiplier effect on regional development, particularly in the following areas:

- Employment generation. In several countries, up to 30–70 % of those employed in the tourism sector in certain regions are engaged in fishing tourism. For instance, in Canada, the recreational fishing sector generates over 23,000 seasonal jobs (guides, instructors, lodge staff, fishing gear vendors, etc.).
- Infrastructure development. Active fishing locations stimulate the development of transport infrastructure, campsites, gear rental stations, dining facilities, and lodging. This in turn supports adjacent industries such as transport, construction, and trade.
- Territorial branding and tourist appeal. Well-developed fishing tourism routes often become “tourism anchors” for depressed or lesser-known areas.
- Fiscal revenue. Through licensing systems, tourist fees, and value-added tax collection, local budgets receive additional resources, which can be reinvested in social and environmental infrastructure.

Thus, international experience demonstrates that—with effective management, ecological balance, and active involvement of local communities—fishing tourism can become a key driver of sustainable regional development.

In Ukraine, fishing tourism is still in its formative stage, despite having considerable natural-resource potential. According to the [5], the share of specialized fishing tourism in the overall structure of tourism services does not currently exceed 2–3 %. However, interest in fishing as a form of active recreation has grown in recent years.

The most promising regional centers for fishing tourism in Ukraine include:

- Odesa region (Danube Delta, estuaries, Black Sea coast);
- Kherson and Mykolaiv regions (Lower Dnipro, Black Sea waters);
- Poltava and Sumy regions (Vorskla, Psel, and Sula Rivers);
- Chernivtsi and Ivano-Frankivsk regions (mountain rivers suitable for trout fishing);
- Kyiv and Cherkasy regions (Kyiv Reservoir, middle Dnipro);
- Zakarpattia region (mountain lakes, artificial ponds).

According to expert estimates, more than 1 million people in Ukraine annually engage in fishing-related travel. However, the vast majority of such trips are not classified as tourism services, as they occur outside organized tours and without the involvement of tour operators. The fishing tourism sector is currently characterized by a low level of formalization and insufficient infrastructure support (Table 2).

Analysis of the presented data shows a gradual increase in key indicators of fishing tourism in Ukraine during 2020–2022. Specifically, the number of fishing tourists grew by 33 % – from 15,000 in 2020 to 20,000 in 2022, reflecting steady growth in demand for this type of leisure activity. At the same time, the number of tour operators specializing in fishing trips increased from 25 to 35, indicating rising entrepreneurial activity in this sector.

Table 2. Dynamics of Key Indicators of Fishing Tourism in Ukraine, 2020-2022

Indicator	2020	2021	2022	Notes
Number of fishing tourists	15,000	18,000	20,000	Increasing demand for fishing tourism
Number of tour operators	25	30	35	Growing number of companies organizing fishing trips
Average income per tourist (UAH)	1,200	1,300	1,400	Increased spending on services and equipment
Total revenue (million UAH)	18	23.4	28	Positive revenue dynamics

The average income per tourist also demonstrates positive dynamics: from UAH 1,200 in 2020 to UAH 1,400 in 2022. This growth can be attributed to increased prices for tourism services and fishing equipment, as well as

the expansion of available services. Overall sector revenue increased from UAH 18 million to UAH 28 million – over 55 % growth – confirming gradual economic activation of the industry.

These data indicate positive development dynamics of fishing tourism in Ukraine, despite the lack of systemic state support and challenges related to the security situation. This creates prerequisites for further institutional development and expansion of offers in regions with high natural and recreational potential.

The current fishing tourism industry in Ukraine includes three main segments:

1. Amateur fishing. The vast majority of fishing tourists are recreational amateurs who travel for leisure. Ukraine hosts a significant number of fishing bases, private water bodies, and facilities offering paid fishing services.

2. Fishing tournaments and festivals. Annual events are held in various regions of Ukraine, bringing together fishing enthusiasts, generating tourist flows, and stimulating infrastructure development at the local level.

3. Commercial fishing. Some water bodies, mostly privately owned, specialize in paid fishing services with well-developed leisure infrastructure (cabins, gear rentals, meals, etc.).

Despite its considerable potential, the industry faces a number of objective challenges (Table 3). The main constraints include:

– Underdeveloped infrastructure, including limited access to water bodies, lack of specialized fishing bases, poor service quality, and no equipment rental services.

– Environmental issues, such as water pollution, uncontrolled fish harvesting, poaching, and declining biodiversity in aquatic ecosystems.

– Low visibility and promotion, both domestically and internationally. Fishing tourism is not yet positioned as a distinct competitive niche in the national tourism strategy.

Table 3. Key Problems and Challenges of Fishing Tourism in Ukraine

Problem	Description	Potential Solutions
Underdeveloped infrastructure	Lack of specialized fishing locations, bases, and services	Investment in infrastructure; creation of conditions for private investment
Environmental issues	Water pollution, declining fish populations	Fishing limits, creation of protected areas, environmental education
Legal compliance of fishing	Poaching, lack of control, unregulated fishing	Enhanced enforcement, promotion of legal regulations
Lack of qualified personnel	Lack of experienced guides and instructors	Development of professional training programs

The prospective development of the sector requires comprehensive measures. First and foremost, this includes infrastructure modernization – building new fishing bases, creating official fishing routes, and ensuring access to water bodies. Public awareness initiatives should include responsible fishing education and programs to preserve aquatic biodiversity. Finally, institutional and marketing support – such as promoting Ukrainian fishing tourism internationally and participating in industry exhibitions – could attract foreign visitors.

Some regions are already demonstrating successful examples of industry development. For instance, Odesa Oblast is actively developing infrastructure around the Dniester estuary through festivals and themed tours (Table 4, 5). The Danube Delta is positioned as a location for ecotourism combining fishing and nature observation.

Table 4. Regions with the Highest Demand for Fishing Tourism

Region	Number of Tourists	Popular Fishing Locations	Main Fish Species
Kyiv Oblast	5,000	Kyiv Reservoir, Dnipro River	Catfish, zander, bream
Odesa Oblast	3,500	Dniester Estuary, Dniester River	Common carp, zander, perch
Zaporizhzhia Oblast	4,000	Kakhovka Reservoir, Sea of Azov	Zander, crucian carp, flounder
Kherson Oblast	2,500	Lower Dnipro, Black Sea	Flounder, pike, crucian carp

Table 5. Most Popular Fish Species and Their Fishing Season

Fish Species	Season (Months)	Regions	Notes
Zander	May – September	Kyiv, Odesa, Zaporizhzhia	One of the most widespread game fish
Pike	April – October	Kherson, Odesa	Popular among tournament participants
Crucian carp	March – November	Kyiv, Kherson, Zaporizhzhia	Recreationally attractive species
Common carp	June – August	Odesa, Zaporizhzhia	Trophy fishing target

Prior to the full-scale war, Kherson and Zaporizhzhia oblasts were distinguished by their significant potential for fishing tourism development, thanks to an extensive network of water bodies – the lower Dnipro, Kakhovka Reservoir, the lakes of the Azov region, estuaries, floodplain ecosystems, and access to the Sea of Azov. Numerous amateur fishing bases operated in the region, guided excursion tours were organized, and fishing competitions were regularly held. The most active centers of this activity included the Beryslav, Hola Prystan, Henichesk, and Kamianka-Dniprovska districts. Fishing tourism contributed to seasonal employment, the growth of small businesses, and was harmoniously integrated into agro-tourism and eco-tourism practices.

As a result of the temporary occupation of parts of Kherson and Zaporizhzhia oblasts and the conduct of active hostilities, the tourism infrastructure – particularly related to fishing tourism – has suffered significant destruction or has been completely halted. Recreational facilities, fishing camps, and guided tourist routes have ceased operations. In addition to the security factor, the environmental situation further deteriorated following the destruction of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant in June 2023, which led to massive shallowing of water bodies, degradation of aquatic ecosystems, and significant loss of fish resources in the lower Dnipro.

Despite the extensive losses, both regions retain long-term potential for the recovery and strategic rethinking of fishing tourism. In Zaporizhzhia Oblast, particularly in areas not affected by hostilities, there is potential for the gradual restoration of local initiatives based on the natural assets of the Azov Sea coast, the Malyi Utlitskyi and Molochnyi estuaries. In contrast, in Kherson Oblast, prospects for recovery will largely depend on the pace of humanitarian demining, environmental rehabilitation of the area, and the restoration of hydrological balance.

Overall, fishing tourism in Ukraine represents a promising area for the development of the tourism sector, capable of attracting both domestic and foreign visitors. However, its continued expansion requires the resolution of several key challenges – improving infrastructure, maintaining the ecological balance of aquatic ecosystems, implementing an effective natural resource management model, and encouraging private and community initiatives in this field.

Ukraine possesses significant natural and resource potential in the area of fishing tourism, yet realizing this potential requires comprehensive reform of management practices, harmonization with international standards, and institutional consolidation. Key conditions for the sustainable development of the sector include effective cooperation between government agencies, local communities, and businesses, development of environmental management systems, and the implementation of modern marketing strategies.

Ukraine has several competitive advantages that create favorable conditions for the development of fishing tourism (Table 6).

These include the natural diversity of aquatic environments – from rivers and lakes to estuaries and the marine coast – which offers a wide range of recreational fishing opportunities. Many rural and coastal areas are characterized by relatively low population density, which promotes eco-tourism. Domestic demand also remains stable: over one million citizens engage in amateur fishing annually. Furthermore, the affordability of services compared to European alternatives, along with the growing number of local initiatives, particularly in eco-fishing, enhances the attractiveness of the sector.

At the same time, fishing tourism in Ukraine faces several significant constraints. First and foremost, the lack of a unified national policy in the field of

Table 6. Comparative Characteristics of the Potential for Fishing Tourism Development in Ukrainian Regions

Region	Natural Conditions	Existing Infrastructure	Tourism Potential	Threats / Limitations	Development Prospects
Odesa Oblast	Estuaries, Black Sea, Dniester River	Moderate	High	Coastal urbanization, pressure on resources	High, if properly regulated
Kherson Oblast	Dnipro River, Dzharylhach Bay, floodplains	Severely damaged	Previously high	War consequences, destruction of Kakhovka HPP	Moderate (in the long term)
Zaporizhzhia Oblast	Sea of Azov, estuaries, Molochna River	Partial	Moderate	Security instability, infrastructure destruction	Moderate, with restoration
Poltava Oblast	Vorskla River, Dnipro River, reservoirs	Limited	Moderate	Lack of promotion, weak tourism activity	High for domestic tourism
Volyn Oblast	Shatsk Lakes, Stokhid River	Moderate	High	Seasonality, logistics	High with eco-infrastructure development
Lviv Oblast	Western Bug River, Carpathian mountain rivers	High	High	Competition from ski tourism	Promising in a niche segment
Chernivtsi Oblast	Prut River, mountain streams	Low	Moderate	Lack of promotion	Moderate with cluster formation
Kyiv Oblast	Dnipro River, Kyiv Reservoir	Well-developed	High	High pressure from urban tourism	High with proper zoning of water bodies

Notes: the infrastructure assessment includes availability of accommodations, piers, rental services, road logistics, and tourist navigation; tourism potential is based on a comprehensive analysis of natural, social, and logistical factors; development prospects are evaluated considering martial law, environmental risks, and interest from both domestic and foreign tourists.

fishing tourism complicates coordination among stakeholders and hinders strategic planning. Poor infrastructure, particularly in terms of roads and services, reduces the quality of the tourist experience. Statistical data on the sector's economic impact at the regional level is practically nonexistent. There is also a low level of environmental awareness among tourists and communities, which leads to violations of environmental rules – including illegal fishing and water pollution.

To address these challenges, adapting proven international practices is advisable. For instance, the introduction of municipal co-financing mechanisms for the development of fishing infrastructure, as practiced in Norway, appears promising. Establishing open registries of tourist locations and interactive maps of water bodies, similar to those in the USA and Canada, can enhance transparency and consumer trust.

Special attention should be paid to training certified fishing guides who meet safety and environmental management standards. Japan's experience demonstrates the effectiveness of a cluster approach in revitalizing rural communities with a focus on fishing as a tool for socio-economic development. Digital solutions also hold promise – such as online platforms for booking, equipment rental, and remote client support, as seen in Australia.

Moreover, integrating fishing tourism into national strategies for tourism development, the green economy, and social adaptation (particularly of war veterans) can generate a multiplier effect. It is essential that these processes occur within a transparent legal framework and involve active participation from the government, local authorities, and the private sector.

To ensure the sustainable development of fishing tourism in Ukraine, it is essential to establish a coherent national policy that encompasses all levels of governance – from legislative to executive. A crucial step in this direction should be the development and adoption of a State Target Program for the Development of Fishing Tourism, which must include clearly defined strategic goals, key performance indicators (KPIs), implementation stages, and identified sources of funding.

To coordinate cross-sectoral interaction, it is advisable to establish an interagency working group involving representatives of the Ministry of Infrastructure, the [5] (SATD), the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources, the State Agency for Land Reclamation and Fisheries, as well as the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. One of the group's priority tasks should be to legally define the term "fishing tourism" and integrate it into the current Law of Ukraine "On Tourism" as a distinct form of specialized tourism.

Furthermore, a system for licensing fishing guide activities and certifying tourist bases in accordance with safety and environmental protection standards needs to be implemented. Legislative initiatives should also allow for the development of recreational infrastructure within protected areas, provided that principles of minimal ecological impact are observed. Economic incentives for the sector may include grant programs, preferential loans, and tax benefits (e.g., temporary VAT exemption during the project launch phase), which would attract investment and support small and medium-sized enterprises.

In the context of decentralization, local governments play a key role in implementing fishing tourism development policies. A priority task is the inclusion of fishing tourism in territorial community development strategies. Communities should initiate land allocation for tourism infrastructure development (piers, campgrounds, recreation zones), stimulate entrepreneurship (especially family businesses), and support local workforce training.

Particular attention should be given to public involvement in water resource management – through public hearings, discussions of fishing regulations, and promotion of environmental awareness. Active participation of communities in international technical assistance programs (e.g., EU4Business, Green Recovery) is also recommended.

Another important area is the formation of a modern marketing policy and service infrastructure. It is proposed to create a national brand "Fishing Ukraine" in the format of a unified digital portal with an interactive map of water bodies, information on services, fishing rules, contacts of guides and recreational facilities. Additionally, it would be worthwhile to initiate annual fishing festivals in various regions, engage travel bloggers, industry influencers, and appoint well-known personalities as ambassadors of the sector. The distribution of print and digital guides in both Ukrainian and English would contribute to the international promotion of Ukraine as a fishing destination.

Among priority infrastructure measures are: the reconstruction of access roads to promising locations; the creation of standard fishing camp modules (campgrounds, boat stations, sanitary units, waste sorting stations); and the construction of training and methodological centers for guides and rescue personnel. It is also advisable to implement eco-oriented solutions such as ecological trails, information boards, viewing platforms, and signs with QR codes containing up-to-date fishing rules, restrictions, and emergency contacts.

In conclusion, fishing tourism has the potential to become a significant driver of regional development in Ukraine, provided there is a comprehensive approach that combines regulatory frameworks, institutional decentralization, entrepreneurial initiative, and modern marketing tools. The synergy of these elements can ensure a new quality of recreation, employment, and sustainable natural resource use.

To summarize, Table 7 presents a TOWS matrix demonstrating that the strategic alignment of internal resources and external opportunities can effectively compensate for the current limitations of fishing tourism in Ukraine.

Even under conditions of limited resources and wartime instability, the implementation of these strategies offers real potential for the country to develop a competitive and sustainable model for this tourism segment.

Table 7. TOWS Matrix: Strategic Integration of SWOT Analysis Elements for Fishing Tourism in Ukraine

	Opportunities	Threats
Strengths (S)	– Diversity of water bodies – Biodiversity – Fishing traditions – Geographical accessibility – Service affordability	SO Strategies • Utilization of natural resources to create fishing clusters with ecological and gastronomic focus. • Expansion of partnerships with communities, private lodges, and farmers. • Service certification and guide training based on existing resources.
Weaknesses (W)	– Lack of strategy – Weak infrastructure – Low service quality – Lack of marketing – Insufficient data and certification	WO Strategies • Use of international projects (USAID, GIZ) for infrastructure development. • Development of digital platforms for service delivery and location promotion. • Launch of pilot regional initiatives to promote fishing as a tourism product.

Conclusions. The conducted research has shown that fishing tourism is a promising tool for the socio-economic development of coastal, lake, and river areas, capable of combining ecological sustainability, preservation of traditional livelihoods, and income generation for local populations. International experience – particularly from Scandinavian countries, North America, and Japan – confirms the high effectiveness of integrating fishing tourism into regional strategies, provided there is state support, developed infrastructure, and a favorable natural environment.

The analysis of Ukrainian conditions reveals a number of objective barriers that hinder the dynamic development of this sector, including: fragmented legal frameworks, infrastructural deficiencies, low levels of promotion, and weak integration of fishing locations into existing tourist routes. At the same time, Ukraine's significant water and biological resource potential (e.g., the Danube, Dniester, Dnipro rivers, and Shatsk lakes) creates favorable conditions for the formation of a competitive tourism product tailored to fishing enthusiasts.

Future research directions should focus on:

- Developing models of public-private partnerships in the field of fishing tourism;
- Economic assessment of profitability and multiplier effects for territorial communities;
- Studying the social dimension of local community involvement in shaping tourism offerings;
- Evaluating the environmental impact of fishing tourism on aquatic ecosystems;
- Exploring digital tools for promoting tourist destinations and the potential of event-based formats (festivals, competitions, tournaments) in popularizing fishing as a component of the national tourism product.

РИБАЛЬСЬКИЙ ТУРИЗМ ЯК СКЛАДОВА РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ: СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА УКРАЇНСЬКІ РЕАЛІЇ

*Бургаз М. І. – к.б.н., доцент,
Баштанник П. В. – студентка,
Лічна А. І. – старший викладач,*

*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
marynaburhaz@gmail.com, bashtannykpolina@gmail.com,
lichnaya.nastya.95@gmail.com*

У роботі здійснено комплексне дослідження рибальського туризму, як перспективного напрямку регіонального розвитку, з урахуванням світового досвіду та українських реалій.

Визначено, що рибальський туризм, будучи складовою рекреаційного й природоорієнтованого туризму, не лише сприяє зростанню локальної економіки, а й виконує важливу соціоекологічну функцію: забезпечує сезонну та постійну зайнятість населення у сільській місцевості, стимулює розвиток малого підприємництва (зокрема у сфері харчування, розміщення, транспорту), сприяє екологічній просвіті та збереженню водних біоресурсів через впровадження контрольованих форм рибальства.

Окреслено ключові напрями розвитку рибальського туризму в країнах Європейського Союзу, Північної Америки та Азії, де ця форма туризму є інтегрованою частиною стратегій сталого розвитку територій, закріплена в національних політиках, підтримується інвестиційно, інституційно та інфраструктурно. Виявлено, що важливою передумовою успіху таких моделей є наявність чітких правил доступу до водних ресурсів, збалансованого навантаження на екосистеми, а також міжсекторної координації між туризмом, природоохоронною діяльністю та рибним господарством. На цьому тлі проведено критичний аналіз поточного стану рибальського туризму в Україні.

Встановлено наявність низки системних бар'єрів: нормативно-правову невизначеність, відсутність комплексного просторового планування водних об'єктів з туристичним потенціалом, слабкий розвиток супутньої інфраструктури, обмежену маркетингову підтримку, відсутність належної взаємодії між органами державної влади, місцевого самоврядування та бізнесом.

Водночас підкреслено, що Україна має вагомі передумови для становлення конкурентоспроможного рибальського туризму завдяки розгалуженій гідрографічній мережі, багатству іхтіофауни та етнокультурному різноманіттю регіонів. Запропоновано низку практичних рекомендацій щодо інституціоналізації цього напрямку: формування сприятливого інвестиційного середовища, розроблення регіональних програм на основі природно-ресурсного потенціалу, запровадження механізмів публічно-приватного партнерства та впровадження адаптивного управління, орієнтованого на сталий розвиток територій.

Ключові слова: рибальський туризм, регіональний розвиток, рекреаційне рибальство, сталий туризм, Україна, міжнародний досвід.

ЛІТЕРАТУРА

1. Арлінггауз Р. Соціоекологічна оцінка рекреаційного рибальства. *Наука про рибальство*. 2015. № 22(4). С. 531-543.
2. Ditton R. B. Human dimensions of fisheries. *Recreational Fishing and the Social Science*. Maryland: American Fisheries Society, 2008. 246 p.
3. FAO. Recreational Fisheries: Their value, importance and global contribution to sustainable development. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022. 72 p.
4. Бідзіля В. М. Рибальство в Україні: проблеми та перспективи. Ужгород: Ліра, 2018. 224 с.
5. Державне агентство розвитку туризму України. Стратегія розвитку туризму до 2030 року. URL: <https://www.tourism.gov.ua/>
6. Ковальова Г. В. Розвиток спеціалізованих видів туризму в Україні: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2020. 312 с.
7. Кравців В. С., Малий І. Й. Рекреаційно-туристичний потенціал України: монографія. Львів: ІРД НАН України, 2017. 280 с.
8. Міненко С. В. Сучасні підходи до розвитку водного туризму в умовах децентралізації. *Географія та туризм*. 2021. № 56. С. 101-107.
9. Міненко С. В., Гончарова Ю. О. Екотуризм як інструмент сталого використання природних ресурсів. *Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Географія*. 2020. № 75. С. 25-30.
10. Плахотнюк О. В. Стратегічне управління розвитком туризму на регіональному рівні. Харків: ХНЕУ, 2019. 198 с.
11. Струк Т. В. Маркетингові стратегії просування туристичних продуктів: теорія і практика. Івано-Франківськ: Місто НВ, 2021. 244 с.
12. Українське товариство охорони природи. Водні ресурси України: оцінка стану та напрями охорони. Київ: Екоінформ, 2018. 192 с.
13. Черваньов Д. М., Мусієнко І. І. Інституційні засади розвитку туризму в умовах децентралізації. *Економіка і прогнозування*. 2022. № 1. С. 97-105.

REFERENCES

1. Arlinhhauz R. (2015). *Sotsioekolohichna otsinka rekreatsiinoho rybalstva* [Socioecological assessment of recreational fisheries]. *Nauka pro rybalstvo* [Fisheries science]. no. 22(4), 531-543. [in Ukrainian].
2. Ditton R. B. (2008). Human dimensions of fisheries. *Recreational Fishing and the Social Science*. Maryland: American Fisheries Society.
3. FAO (2022). Recreational Fisheries: Their value, importance and global contribution to sustainable development. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

4. Bidzilia V. M. (2018). *Rybalstvo v Ukraini: problemy ta perspektyvy* [Fishing in Ukraine: problems and prospects.]. Uzhhorod: Lira. [in Ukrainian].
5. *Derzhavne ahentstvo rozvytku turyzmu Ukrainy. Stratehiia rozvytku turyzmu do 2030 roku* [State Agency for Tourism Development of Ukraine. Tourism Development Strategy until 2030]. URL: <https://www.tourism.gov.ua/> [in Ukrainian].
6. Kovalova H. V. (2020). *Rozvytok spetsializovanykh vydiv turyzmu v Ukraini: navch. posibnyk* [Development of specialized types of tourism in Ukraine: a textbook]. Kyiv: Center for Educational Literature. [in Ukrainian].
7. Kravtsiv V. S., Malyi I. Y. (2017). *Rekreatsiino-turystychnyi potentsial Ukrainy: monohrafiia* [Recreational and tourist potential of Ukraine: monograph]. Lviv: IRD NAN Ukrainy. [in Ukrainian].
8. Minenko S. V. (2021). *Suchasni pidkhody do rozvytku vodnoho turyzmu v umovakh detsentralizatsii* [Modern approaches to the development of water tourism in the context of decentralization]. *Heohrafiia ta turyzm* [Geography and tourism]. no. 56, 101-107. [in Ukrainian].
9. Minenko S. V., Honcharova Yu. O. (2020). *Ekoturyzm yak instrument staloho vykorystannia pryrodnykh resursiv* [Ecotourism as a tool for sustainable use of natural resources]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. T. Shevchenka. Heohrafiia* [Bulletin of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geography]. no. 75, 25-30. [in Ukrainian].
10. Plakhotniuk O. V. (2019). *Stratehichne upravlinnia rozvytkom turyzmu na rehionalnomu rivni* [Strategic management of tourism development at the regional level]. Kharkiv: KhNEU. [in Ukrainian].
11. Struk T. V. (2021). *Marketynhovi stratehii prosuvannia turystychnykh produktiv: teoriia i praktyka* [Marketing strategies for promoting tourist products: theory and practice]. Ivano-Frankivsk: Misto NV. [in Ukrainian].
12. *Ukrainske tovarystvo okhorony pryrody. Vodni resursy Ukrainy: otsinka stanu ta napriamy okhorony* (2018). [Ukrainian Society for Nature Conservation. Water Resources of Ukraine: Assessment of the State and Directions of Protection]. Kyiv: Ekoinform. [in Ukrainian].
13. Chervanov D. M., Musiienko I. I. (2022). *Instytutsiini zasady rozvytku turyzmu v umovakh detsentralizatsii* [Institutional foundations of tourism development in conditions of decentralization]. *Ekonomika i prohnouzuvannia* [Economics and forecasting]. no. 1, 97-105. [in Ukrainian].

UDC 331.5:639.2(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2025.1.25>

MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE LABOUR MARKET IN THE FISHERIES SECTOR IN UKRAINE

*Matviienko T. I. – Senior Lecturer,
Odesa I.I. Mechnikov National University,
tatyana.matvienko@gmail.com*

The article presents a comprehensive study of modern trends in the development of the labour market in Ukraine's fisheries sector under complex socio-economic conditions, demographic decline, and armed conflict in the east of the country. The key features of the functioning of the fisheries industry, which remains an important component of the agricultural sector by ensuring food security, preserving biodiversity, and supporting employment in coastal regions, are outlined. The authors have analysed the main problems hindering the development of the labour market in this sector, highlighting acute staff shortages, workforce ageing, the seasonal nature of employment, low wage levels, an imperfect vocational training system, and limited access to investment resources.

Particular attention is paid to the impact of military actions on the functioning of the sector, manifested in the relocation of fishery enterprises, a reduction in fishing volumes, the deterioration of working conditions, and rising unemployment in frontline and temporarily occupied regions. The article also highlights changes in the employment structure, the transformation of the labour market under crisis conditions, and the necessity of adapting the workforce to new realities.

Based on the conducted analysis, promising directions for the modernisation of the fisheries labour market are identified, including the active development of aquaculture as a more sustainable and environmentally safe form of management, the implementation of modern automated technologies and digital solutions, the formation of new professional competencies for industry workers, the activation of dual education, the deepening of cooperation between businesses and educational institutions, and the popularisation of career guidance programmes among young people.

The article separately substantiates the expediency of integrating European standards into the fisheries sector, strengthening environmental control over the harvesting of aquatic bioresources, and developing effective social protection programmes for industry workers under martial law conditions. A set of measures is proposed aimed at stabilising the staffing situation, preserving labour potential, and ensuring the sustainable development of the labour market in Ukraine's fisheries sector amid economic turbulence and uncertainty.

Keywords: labour market, fisheries of Ukraine, fish farming, employment, aquaculture, staff shortages, automation, vocational training, dual education, environmental standards, labour migration, social protection, sustainable development.

Problem statement. Fisheries in Ukraine represent an important component of the agro-industrial complex, with significant socio-economic potential,

particularly in terms of employment in coastal regions, the development of small businesses, and the provision of food security. However, in recent years, the labour market in this sector has faced numerous challenges: a decline in the number of employed people, an ageing workforce, the outflow of young people, insufficient vocational training, and the seasonal nature of employment. In this regard, there is a need for an in-depth analysis of current labour market development trends in the fisheries sector and the formulation of effective modernisation strategies.

Analysis of recent research and publications. Issues related to the development of the labour market in the agro-industrial sector, including fisheries, have been studied in the works of such Ukrainian scholars as O. I. Amosha, S. V. Kulchytsky, and T. M. Chervanyov, who examined problems of structural employment restructuring, labour potential modernisation, and professional mobility. In particular, in the context of fisheries, attention was paid to issues of regional employment (in the South and Azov Sea regions), the development of small aquaculture enterprises, and the adaptation of the sector to European standards. However, systemic studies comprehensively analysing the current challenges and prospects of the labour market specifically in Ukraine's fisheries sector remain limited.

Objective. The aim of the study is to identify current trends in the development of the labour market in Ukraine's fisheries sector, analyse the key problems hindering the effective functioning of labour resources in the industry, and develop practical recommendations for improving state employment policy in this sector. The main tasks of the study include determining the current state of the labour market in Ukraine's fisheries, identifying the main factors influencing labour demand and supply in the sector, and analysing the role of education, seasonality, regional imbalances, and labour migration.

Research results. A distinctive feature of the current labour market is its dependence on demographic changes, migration processes, technological progress, and globalisation challenges. Labour resources are a key factor determining the efficiency and productivity of the fisheries industry. The quantity and quality of personnel influence not only fish catch and processing volumes but also the introduction of new technologies, the modernization of equipment, and compliance with safety and environmental standards. Qualified workers with the necessary knowledge and skills play a key role in ensuring the competitiveness of fishery enterprises in both domestic and international markets.

The war has significantly affected Ukraine's labour market, causing staff shortages, high unemployment rates, and changes in employment structure. The labour market is undergoing recovery, but it remains uneven across regions and economic sectors. The employment of internally displaced persons (IDPs) and young people is a particularly pressing issue.

The impact of the war and demographic changes has brought about substantial transformations in the functioning of Ukraine's economic system as a whole and the labour market in particular. Ukraine's labour market, which has notably changed in both structure and geography during the period of full-scale war, is gradually recovering under conditions of turbulence and uncertainty, responding to new challenges and demands. At the same time, employment issues are deepening due to ongoing hostilities, structural and territorial shifts in labour demand, large-scale population displacement, and mobilisation.

The modern fisheries sector of Ukraine faces a number of systemic problems that negatively affect the labor market and the prospects for the industry's development. One of the key issues is the outdated material and technical infrastructure. Many enterprises operate with obsolete equipment, which significantly reduces labor productivity, energy efficiency, and overall competitiveness. Chronic underfunding of fleet renewal, processing equipment, and infrastructure hinders enterprise development and, consequently, limits the creation of new jobs.

Another major problem is the low level of wages in the fishing and aquaculture sectors. The income levels of workers in this industry are significantly lower than the national economic average, contributing to the outflow of qualified personnel to more profitable sectors or abroad.

The seasonal nature of employment also poses a significant obstacle to stable labor activity. Since the majority of catches occur during specific times of the year, workers are often forced to seek temporary employment in other sectors or remain without stable income during the off-season.

Additionally, the sector suffers from widespread poaching and the operation of a shadow economy. A large share of caught fish is not officially registered, which reduces the demand for legally employed workers and undermines the foundations of the formal labor market.

Despite high natural potential, aquaculture in Ukraine remains underdeveloped, which limits opportunities for creating long-term and sustainable jobs, particularly in rural areas where unemployment rates have traditionally been high.

Another significant issue is the insufficient development of the educational system and human resource potential. Existing training programs often do not meet current market requirements: there is a lack of specialists in modern aquaculture technologies, biosecurity, marketing, and fish product logistics.

In addition to socio-economic factors, environmental problems – such as water pollution, river overregulation, and changing climatic conditions – lead to a decline in fish populations, directly reducing the demand for labor resources in the fishing industry.

It is also worth noting the low investment attractiveness of the sector, which is driven by high risks, low profitability, and the absence of stable gov-

ernment support. This restrains the creation of new enterprises and limits the expansion of existing production facilities.

A separate and extremely painful factor remains the impact of the war and the occupation of part of the country's territory, particularly in the South of Ukraine and the waters of the Black and Azov Seas. Military actions have led to the destruction of fisheries infrastructure, loss of access to key fishing zones, and, as a result, massive job cuts.

According to estimates by the National Bank of Ukraine (NBU), the labor force in the 15-70 age group decreased by more than a quarter by early 2024 compared to 2021. Nearly half of this reduction was due to external migrants who are not working remotely. According to the NBU, about 40 % of the labor force reduction in 2023 compared to 2021 occurred due to demographic losses, occupation, and the transition of many people to economically inactive status.

There has emerged a mismatch between labor market demand and supply. Since early 2024, alongside economic recovery, the supply of job vacancies has also been rising, but the activity of job seekers has not kept pace with the changing demand for labor. For example, in the first half of 2024, according to Work.ua, the number of vacancies increased by almost 19,000, reaching over 110,000 in June 2024. However, the number of CVs updated or created during the same month stood at 304,000 – nearly 47,000 fewer than in January 2024 – indicating low job-seeking activity.

A labor market study by the European Business Association indicates that in 2023, 74 % of employers reported a noticeable staff shortage. The intensification of this issue is largely driven by the large-scale migration of Ukrainians abroad, mobilization into the Armed Forces, and the deepening of sectoral, professional, and interregional imbalances in the labor market.

The recovery of the labor market in terms of job vacancies varies regionally, primarily depending on proximity to areas of active hostilities.

The problem of low youth employment also remains relevant: as of June 2024, 35 % of job seekers were under the age of 25, and 24 % were between 25 and 34. Ensuring an adequate level of youth employment is one of the priority objectives of national development.

One of the features of the modern labor market is the highest competition among job seekers for remote work positions. In June 2024, over 14 % of candidates were searching specifically for online jobs, while such positions accounted for less than 7 % of all vacancies.

In conditions of rapid changes in modern labor markets, flexible forms of employment are becoming increasingly popular. In line with pan-European trends and considering the negative impact of the war on working conditions, it is necessary to expand the use of modern employment formats to improve employment levels and preserve the country's labor force.

Since the start of the full-scale war in Ukraine, the labor force in the 15–70 age group has significantly decreased. The main reasons for this have been the mass external migration of citizens (Table 1), who are unable to work remotely, as well as demographic losses caused by hostilities, the occupation of territories, and the reclassification of many individuals as economically inactive. The largest share of the labor force decline is attributable to migration, which directly affects the availability of labor resources.

Table 1. Reasons for the reduction of the labor force in Ukraine (2021–2024)

Reason	Share in total reduction
External migration (without remote work)	More than 50 %
Demographic losses and occupation	About 40 p.p.
Transition to economically inactive status	Part of the balance (estimated at ~10 %)

Despite the gradual economic recovery, the labor market in Ukraine is showing a growing imbalance (Table 2). The supply of vacancies has increased since the beginning of 2024, but the number of active job seekers (updated or created resumes) is decreasing. This indicates that a significant portion of the population remains inactive in their job search, likely due to demotivation, lack of suitable offers, or external factors (migration, mobilization, childcare, etc.).

Table 2. Imbalance between supply and demand in the labor market (2024)

Indicator	January 2024	June 2024	Change
Number of vacancies	~91 ths.	>110 ths.	+19 ths.
Number of updated/new resumes	~351 ths.	304 ths.	–47 ths.

According to research by the European Business Association, 74 % of employers experienced a shortage of staff in 2023 (Table 3). The main reasons are mass emigration, mobilization of men into the Armed Forces, and a deepening professional and regional disparity. The situation is particularly difficult in technical specialties, logistics, healthcare, and education. This exacerbates the need for systemic reforms in personnel training and support for labor mobility.

Table 3. Staff shortage according to employers (2023)

Indicator	Value
Employers experiencing staff shortages	74 %
Main reasons	Migration, mobilization, occupational and regional disparities

Young people make up a significant share of active job seekers: nearly 60 % fall within the age groups up to 34 years (Table 4). This figure may indicate

limited employment opportunities for young specialists, as well as low entry-level salaries and a lack of prospects for career advancement. It highlights the need for special programs to support youth employment, including internships, adaptation grants, and first-job initiatives.

Table 4. Age structure of job seekers (June 2024)

Age group	Share among job seekers
Up to 25 years old	35 %
25–34 years old	24 %

In the structure of the modern labor market, there is a sharp gap between supply and demand for remote employment (Table 5). More than 14 % of candidates are actively looking for online work, while only less than 7 % of employers offer such jobs. This imbalance reflects the changing expectations of employees who seek more flexibility and safer working conditions, but employers have not yet had time to adapt their HR strategies to the new realities.

Table 5. Demand for remote work (June 2024)

Category	Share
Candidates looking for online jobs	>14 %
Jobs with the possibility of remote work	<7 %

The war has affected the sector, with the number of employees decreasing by 25 % compared to 2021, in part due to the relocation of enterprises, the destruction of infrastructure, and the outflow of personnel (Table 6). The shortage of young professionals is particularly acute, as the average age of workers in the industry is over 45.

At the beginning of 2024, more than 4.5 thousand people were employed in the Ukrainian fishing industry. The majority of them work in fishing, while the rest work in aquaculture and fish processing. The labor market in the industry is highly regionally dependent, concentrated in the coastal areas of the south and west of the country.

Table 6. Employment in the fishing industry of Ukraine (thousand people)

Year	Total number	Employed in fishing	In aquaculture	In processing
2021	6,0	3,9	1,2	0,9
2023	4,5	2,7	1,1	0,7

The current labor market of the industry requires updating the qualification composition of employees, attracting young people, developing retraining programs and introducing flexible forms of employment.

With the situation stabilizing, the number of people employed in the fisheries sector is expected to grow by 10–12 % by 2026, primarily in the aquaculture segment, which has significant potential for expansion (Figure 1).

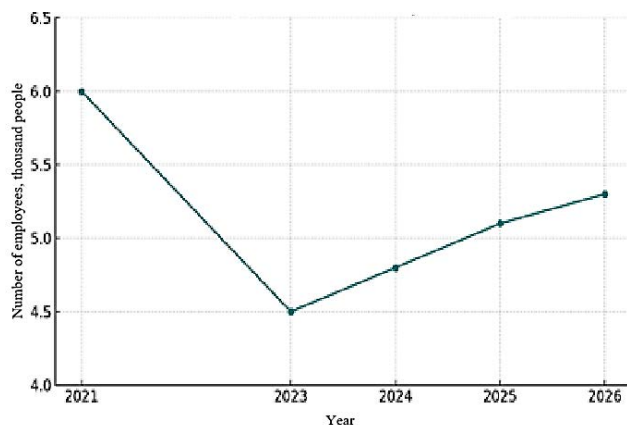


Fig. 1. Employment dynamics in the Ukrainian fishery and forecast for 2026 (thousand people)

To preserve human resource potential and support the development of the sector, it is recommended to:

- strengthen career guidance initiatives among young people;
- introduce short-term educational programs for staff retraining;
- stimulate the employment of internally displaced persons (IDPs) in coastal regions;
- implement digital platforms for job search in the fisheries sector;
- support enterprises through tax incentives for creating new jobs.

The comprehensive application of these measures will help overcome staff shortages and ensure the stable development of Ukraine's fisheries sector.

Fisheries represent an important branch of the agricultural economy, where labor resources ensure sustainable development and the environmental safety of fish harvesting. Qualified personnel are the key to increasing production efficiency and quality.

Labor productivity in the fisheries sector depends on the level of mechanization in fishing, the condition of transport vehicles, and the technical equipment of enterprises. High productivity is achieved through the introduction of modern technologies and scientific advancements.

The organization of wages is an important factor in motivating employees and ensuring the sustainable development of the industry. Under current conditions, a wage system is practiced that combines fixed salaries, bonuses, and performance-based incentives for high labor achievements.

Therefore, effective labor resource management, increased labor productivity, and the implementation of a fair wage system are essential conditions for the successful development of the fisheries sector.

According to data, the average wage in Ukraine's fisheries sector has shown gradual growth over recent years. In particular, in 2023, a steady increase in salaries was observed, indicating positive trends in the industry. However, in the first quarter of 2024, a slight decrease in average wages was recorded, which may be attributed to seasonal fluctuations or other economic factors (Table 7).

These data indicate the need for continued monitoring and analysis of the situation in the fisheries sector to ensure the stable development of the industry and improve the well-being of its workers.

Table 7. Analysis of Average Wages in Ukraine's Fisheries Sector in Recent Years

Period	Average monthly salary, UAH	Notes
2021	9 596	Data for agriculture, forestry and fisheries
2023 (I quarter)	12 326	Average for agriculture, forestry and fishing
2023 (II quarter)	14 792	Up 14.9% year-on-year
2023 (III quarter)	15 690	Stable growth in wages
2023 (IV quarter)	15 569	Slight decrease compared to the third quarter
2024 (I quarter)	15 004	Data for agriculture, forestry and fishing

Modern technologies are fundamentally transforming the structure of the labor market in Ukraine's fisheries sector. The automation of cultivation, processing, and logistics processes significantly increases production efficiency while reducing the demand for low-skilled labor. For example, automated fish feeding systems introduced at "Aquaferma" farms have led to a 15 % reduction in the number of workers, as much of the routine work is now performed by machines.

The implementation of automated systems in fish harvesting, sorting, processing, and packaging reduces the need for unskilled manual labor. More enterprises are investing in modern equipment that replaces workers on conveyor lines and in primary fish processing. Instead of a large workforce, there is growing demand for operators of automated lines, mechanical engineers, IT specialists to maintain smart equipment, and biotechnologists in the aquaculture sector.

As wild fish catches decrease, the demand for workers at fish farms is increasing – including ichthyologists, fish cultivation technologists, and specialists in aquatic environment monitoring.

New areas are also developing for catch and production monitoring using Big Data, drones, and satellite technologies. This is creating new job opportunities for data analysts, geographic information systems (GIS) specialists, and cybersecurity experts (Figure 2).

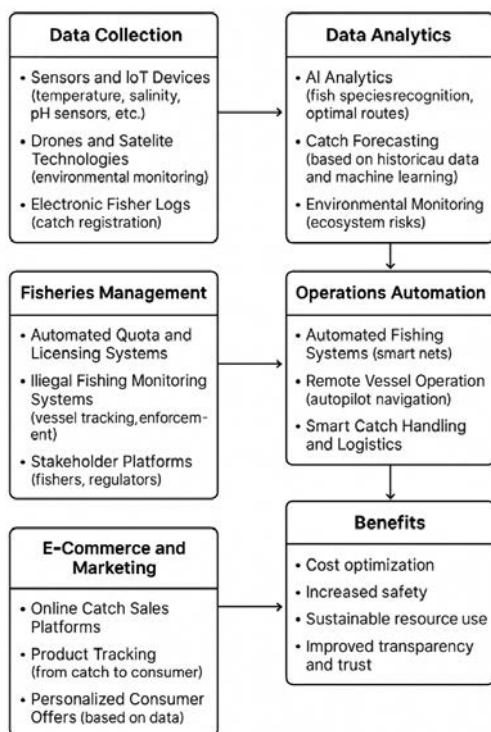


Fig. 2. Block diagram: Digitalization and Automation of Processes in Fisheries

Even traditional fishermen now need to possess basic skills in using electronic navigation systems, fish finders, and mobile applications for reporting, among other tools.

The openness of markets through online platforms increases the demand for foreign trade managers, logisticians, and marketers with knowledge of international standards and certification of fish products.

The fishery sector is adapting to environmental responsibility requirements, leading to a demand for specialists in environmental auditing, MSC/ASC certification, and sustainable development experts.

Modern technologies are replacing simple physical labor while simultaneously stimulating the development of new professions in Ukraine's fishery industry, focused on IT, automation, analytics, ecology, and international trade.

An important area is intensive fish farming and aquaculture development, which require modern knowledge in biotechnology, software, and technical maintenance. There is growing demand for highly qualified operators, engineers, technologists, and programmers skilled in working with new equipment and management systems.

These technological changes are shaping a new quality of the labor force and require skills upgrading, creating opportunities for professional growth and enriching the labor market with new specializations. At the same time, there is the challenge of socially adapting workers during the transformation of traditional jobs.

Climate change and water pollution are becoming significant factors affecting fishing and aquaculture development in Ukraine. The reduction of fish stocks due to global warming and declining water quality increases the need for environmentally oriented technologies and control systems.

The rise in environmental certification standards promotes sustainable management of fish resources, which requires qualified ecologists, inspectors,

and environmental quality control managers. In 2023, the number of environmental inspections increased by 20 %, reflecting attention to preserving natural resources and minimizing the negative impact of production.

These environmental challenges are creating new job openings and specializations that combine knowledge in ecology, sustainable development technologies, and effective fish harvesting and breeding methods, ensuring balanced industry development and preservation of aquatic ecosystems.

Government regulation remains a crucial factor for labor market stability and development in the fisheries sector. Fish catch quotas and licensing contribute to the balanced use of resources and prevent overfishing.

The government is implementing special support programs to stimulate aquaculture development and modernize the fisheries sector, providing funding for the introduction of innovative technologies and workforce training. In 2023, the budget for such programs amounted to UAH 50 million.

European integration processes play an important role in setting new standards for product quality, food safety, and labor legislation, influencing employment profiles, working conditions, and qualification requirements for workers in the sector.

Aquaculture is in a phase of active growth in Ukraine, especially regarding species such as trout, sturgeon, and catfish. A 12 % increase in aquaculture fish production in 2023 indicates the emergence of new and promising directions for industry development (Fig. 3).

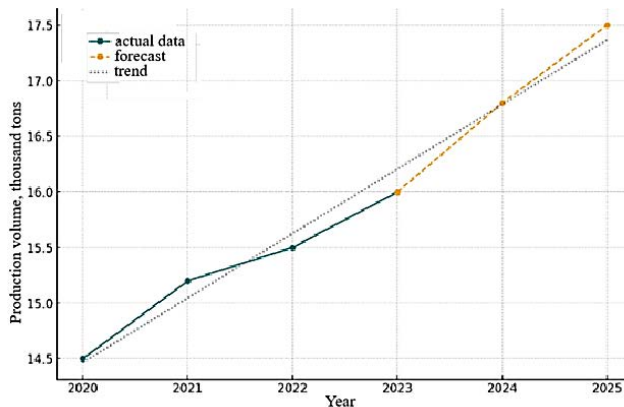


Fig. 3. Aquaculture Fish Production in Ukraine (2020–2025)

With the growth in production, there is a rising demand for specialists of various profiles: fish farmers, aquaculture technologists, veterinarians, and ecologists. This creates new jobs that require professional training and technical knowledge combined with practical experience.

An important segment is the development of organic fish farming, which raises requirements for product quality and environmentally friendly production. This opens the market for qualified personnel capable of implementing organic production standards and related technologies, contributing to the eco-friendly development of the industry and strengthening its competitiveness.

One of the current challenges facing the industry is the outflow of qualified workers abroad, mainly to Poland and other EU countries in search of better working conditions and earnings. According to research, 18 % of workers in the fishery sector undertook seasonal work abroad in 2023.

At the same time, there is an influx of foreign labor for seasonal jobs, helping to alleviate the acute shortage of workers during peak workload periods. However, integrating and adapting such migrants poses additional challenges related to language barriers, socio-cultural adaptation, and the protection of labor rights.

These migration processes shape a complex labor market that requires harmonization between internal needs and the external labor market, as well as active state policies aimed at retaining local human capital and increasing the competitiveness of workers in Ukraine's fishery sector.

To ensure the sustainable development of the labor market in the fishery industry, modernization of educational programs is essential. It is important to implement the latest learning technologies that prepare specialists to work with modern equipment and innovative practices.

Dual education and close cooperation between educational institutions and fisheries enterprises enhance students' practical training and improve their competitiveness in the job market. Currently, there are 15 colleges and 5 universities in Ukraine specializing in training personnel for this sector.

Special attention is being given to upskilling and reskilling workers, allowing them to adequately respond to technological changes and market demands, thereby improving the overall professional level and adaptability of the labor force.

Working conditions are a key component in the development of the labor market in the fisheries sector. Ensuring safe and healthy working environments at fishery enterprises remains a priority for reducing injuries and improving worker's health.

Social protection for workers includes not only medical care but also guarantees of social stability, which positively impacts motivation and productivity. The participation of women in the sector is gradually increasing, reflecting a trend toward gender equality in a traditionally male-dominated field.

Over the past five years, there has been a decline in the injury rate on fishing vessels thanks to the introduction of new safety standards, training, and oversight. However, continued efforts in this area remain relevant for the stable development of the sector.

According to expert estimates, by 2028, the demand for new personnel in the fishery industry will increase by 20 %.

Ukraine's fishery sector is facing an acute staffing crisis that threatens the stability and development of the industry. The core issue lies in the aging of the workforce and the lack of interest among young people in this profession. This results in a shortage of qualified specialists, directly impacting production performance, economic efficiency, and the country's food security.

The average age of fishermen has increased by almost 15 years over the past twenty years, reflecting the outflow of younger workers and a general social problem.

The labor shortage in the fishing sector is a complex problem that requires a comprehensive approach. Such an approach would enhance the attractiveness of the profession among youth and help retain skilled workers within the industry.

New personnel are needed – those who understand the principles of sustainable fishing, biodiversity, catch regulation, and the protection of aquatic resources.

Successful practices in countries like Norway and Iceland show that a systematic approach to education and community support can significantly address the shortage of professionals. These countries actively develop specialized training centers, invest in vocational education, and receive state financial support.

Ukraine is engaging foreign experts and investments to modernize educational programs and implement innovative technologies. Participation in international exchange programs enables young professionals to acquire new knowledge and skills aligned with global standards.

This is driven by technological advancements, stricter environmental regulations, and the expansion of the aquaculture sector. Such a forecast stimulates the need for active cooperation among all stakeholders.

Conclusions. As a result of the labor market analysis in Ukraine's fishing sector, a number of key trends have been identified that influence employment levels and the development of human resources in this field. First and foremost, there has been a noticeable decline in the number of workers – over the past decade, the number of people employed in the sector has nearly halved. This is due to both general economic challenges and unresolved regulatory issues, which hinder the effective use of labor resources.

Another characteristic is the high level of seasonal employment. Fishing remains a seasonal industry with cyclical work processes that limit stable employment relationships. This negatively impacts the level of social protection for workers, as employment is not year-round.

In addition, there is a regular outflow of workers abroad. Qualified fishery workers, particularly fishers and aquaculture specialists, are increasingly

emigrating to European Union countries in search of better working conditions and higher wages. This labor migration reduces the sector's human resource capacity.

Moreover, the level of vocational education and training in the fishing industry remains low in Ukraine. There is a noticeable shortage of specialized educational programs for fishers and aquaculture workers, which hinders the renewal of labor potential and industry development. Demand for specialists in modern fish farming technologies is growing, yet existing training courses do not meet current requirements.

At the same time, it is worth noting the positive trend in aquaculture development. The fish farming segment is showing increased demand for new professions and a growing need for workers, particularly in the context of modern technology implementation. This creates opportunities for job creation, especially in rural areas, and opens prospects for increasing employment in the sector.

Based on the identified trends, several development strategies can be proposed to strengthen the labor market in the fishing industry, aimed at preserving human resources and increasing sector efficiency:

- Creation of state employment support programs within the industry, particularly targeting youth, to attract new workers and reduce migration levels;
- Expansion of professional education and retraining opportunities for those working in the industry, to equip them with relevant skills for operating new technologies and modern fish farming methods;
- Integration of European practices related to working conditions and social protection, to improve workers' quality of life and attract investment into the sector;
- Incentivizing employers to retain labor resources through tax benefits, thereby promoting the retention and recruitment of qualified personnel in the fishing industry.

All these measures will not only address urgent labor market challenges in the fishing sector but also create a sustainable foundation for its continued development.

СУЧАСНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ РИНКУ ПРАЦІ В ГАЛУЗІ РИБАЛЬСТВА В УКРАЇНІ

*Матвієнко Т. І. – старший викладач,
Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова,
tatyana.matvienko@gmail.com*

У статті здійснено комплексне дослідження сучасних напрямів розвитку ринку праці в галузі рибальства України в умовах складної соціально-економічної ситуації, демографічного спаду та збройного конфлікту на сході країни. Окреслено ключові особливості функціонування рибогосподарського комплексу, який

залишається важливою складовою аграрного сектору, забезпечуючи продовольчу безпеку, збереження біорізноманіття та підтримку зайнятості в прибережних регіонах. Автори проаналізували основні проблеми, що стримують розвиток ринку праці у цій галузі, серед яких виокремлено гострий кадровий дефіцит, старіння працюючого персоналу, сезонний характер зайнятості, низький рівень заробітної плати, недосконалість системи професійної підготовки кадрів та обмежений доступ до інвестиційних ресурсів.

Особлива увага приділяється впливу воєнних дій на функціонування галузі, що проявляється у релокації рибогосподарських підприємств, скороченні обсягів промислу, погіршенні умов праці та зростанні безробіття в прифронтових і тимчасово окупованих регіонах. Висвітлено зміни у структурі зайнятості, трансформацію ринку праці під впливом кризових чинників і необхідність адаптації трудових ресурсів до нових реалій.

На основі проведеного аналізу визначено перспективні напрями модернізації ринку праці в рибальстві, серед яких: активний розвиток аквакультури як більш стійкої та екологічно безпечної форми господарювання, впровадження сучасних автоматизованих технологій та цифрових рішень, формування нових професійних компетентностей працівників галузі, активізація дуальної освіти, поглиблення співпраці між бізнесом і освітніми закладами, а також популяризація профорієнтаційних програм серед молоді.

Окремо обґрунтовано доцільність інтеграції європейських стандартів у сфері рибогосподарської діяльності, посилення екологічного контролю над виловом водних біоресурсів, а також необхідність розробки дієвих програм соціального захисту працівників галузі в умовах воєнного стану. Запропоновано комплекс заходів, спрямованих на стабілізацію кадрової ситуації, збереження трудового потенціалу та забезпечення сталого розвитку ринку праці у сфері рибальства України в умовах економічної турбулентності та невизначеності.

Ключові слова: ринок праці, рибальство України, рибне господарство, зайнятість, аквакультура, кадровий дефіцит, автоматизація, професійна підготовка, дуальна освіта, екологічні стандарти, трудова міграція, соціальний захист, сталий розвиток.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національний банк України. Офіційний сайт. URL: <https://bank.gov.ua/>.
2. Міжнародна організація з міграції (ІОМ). Вплив війни на ринок праці вразливих груп. Підсумковий звіт. 2023. URL.: <https://ukraine.iom.int/resources/impact-war-labor-market-vulnerable-groups-final-report-2023>.
3. Близнюк В. В. Ринок праці України: процеси державного регулювання та розвитку: дис. канд. екон. наук : 08.00.07. Київ, 2021. 217 с. URL.: https://chtyvo.org.ua/authors/Blyzniuk_Viktoriiia/Rynok_pratsi_Ukrainy_protsesey_derzhavnoho_rehuliuivannia_ta_rozvytku/.
4. Близнюк, В. В., Яценко, Л. Д. Ринок праці України в умовах війни. URL: <http://www.baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/download/237/6356/13392-1?inline=1>
5. Крилов, В. В. Сучасні аспекти розвитку ринку праці в Україні. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: Економіка та управління*. 2023. 23. URL: <https://reicst.com.ua/pmt/article/view/2023-9-03-04/2023-9-03-04>.

6. Стрембіцька, Л. Л. Сучасні тенденції ринку праці в аспекті загроз економічній безпеці України. *Економічні горизонти*. 2017. 1(2), 88-95. URL: [https://doi.org/10.31499/2616-5236.1\(2\).2017.113316](https://doi.org/10.31499/2616-5236.1(2).2017.113316).
7. Судаков М., Лісогор Л. Ринок праці України 2022–2023: стан, тенденції та перспективи (Звіт). Державна служба зайнятості України, Федерація роботодавців України, Міністерство освіти і науки України, Європейський банк реконструкції та розвитку, Фонд міжнародної солідарності (Solidarity Fund PL). 2023. С. 10-15. URL: https://solidarityfund.org.ua/wpcontent/uploads/2023/04/ebrd_ukraine-lm-1.pdf

REFERENCES

1. National Bank of Ukraine. Official website. URL: <https://bank.gov.ua/>.
2. *Mizhnarodna orhanizatsiia z mihratsii (IOM)*. *Vplyv viiny na rynek pratsi vrazlyvykh hrup*. *Pidsumkovyi zvit* (2023). [International Organization for Migration (IOM). The impact of war on the labor market of vulnerable groups. Final report]. URL: <https://ukraine.iom.int/resources/impact-war-labor-market-vulnerable-groups-final-report-2023>.
3. Blyzniuk V. V. (2021). *Rynok pratsi Ukrainy: protsesy derzhavnoho rehuliuвання ta rozvytku: dys. kand. ekon. nauk* [The labor market of Ukraine: processes of state regulation and development: PhD in Economics: 08.00.07. Kyiv. URL: https://chtyvo.org.ua/authors/Blyzniuk_Viktoriiia/Rynok_pratsi_Ukrainy_protsey_derzhavnoho_rehuliuвання_ta_rozvytku/.
4. Blyzniuk, V. V., Yatsenko, L. D. *Rynok pratsi Ukrainy v umovakh viiny* [Ukraine's labor market in wartime]. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-223-4-137>.
5. Krylov, V. V. (2023). *Suchasni aspekty rozvytku rynku pratsi v Ukraini* [Modern aspects of labor market development in Ukraine]. *Problemy suchasnykh transformatsii. Seriya: Ekonomika ta upravlinnia* [Problems of modern transformations. Series: Economics and Management], 23. URL: <https://reicst.com.ua/pmt/article/view/2023-9-03-04/2023-9-03-04>.
6. Strembitska, L. L. (2017). *Suchasni tendentsii rynku pratsi v aspekti zahroz ekonomichnii bezpetsi Ukrainy* [Current labor market trends in terms of threats to Ukraine's economic security]. *Economic Horizons*, (2):88-95. URL: [https://doi.org/10.31499/2616-5236.1\(2\).2017.113316](https://doi.org/10.31499/2616-5236.1(2).2017.113316).
7. Sudakov M., Lisohor L. (2023). *Rynok pratsi Ukrainy 2022–2023: stan, tendentsii ta perspektyvy (Zvit)* [Labor Market of Ukraine 2022–2023: Status, Trends and Prospects (Report)]. State Employment Service of Ukraine, Federation of Employers of Ukraine, Ministry of Education and Science of Ukraine, European Bank for Reconstruction and Development, Solidarity Fund PL. Pp. 10-15. URL: https://solidarityfund.org.ua/wpcontent/uploads/2023/04/ebrd_ukraine-lm-1.pdf

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

Water bioresources and aquaculture

Науковий

журнал

1(17)/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. 25,84.
Підписано до друку 30.04.2025. Наклад 100 прим. Замовлення № 0625/453.

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.