

Ribogospod. nauka Ukr., 2024; 3(69): 19-41
DOI: <https://doi.org/10.61976/fsu2024.03.019>
UDC 639.2.053 (477.63)

Received: 05.07.2024
Received in revised form: 24.08.2024
Accepted: 06.09.2024

ANALYSIS OF THE FOOD SUPPLY OF THE KHRYSTOFORIVSKE RESERVOIR (BOKOVENKA RIVER, DNIPRO CATCHMENT) AND ITS BIO-PRODUCTION POTENTIAL FOR FISHERY EXPLOITATION

R. Novitskyi, novitskyi.r.o@dsau.dp.ua, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro
O. Khristov, christoff@i.ua, Limited Liability Company «Scientific Research and Project and Technology Center «Dovkilya-Dnipro», Dnipro
D. Kobyakov, dimakobakow@gmail.com, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro
O. Manturova, omanturova@ukr.net, Institute of Hydrobiology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Purpose. Analysis of obtained data and integration of previous hydroecological data and statistical information for the preparation of scientific and biological rationale and development of the regime for rational and environmentally sustainable fishery exploitation of the Khrystoforivske Reservoir.

Methodology. Hydrochemical and hydrobiological methods of sampling, laboratory and statistical processing of the material were used in the water area of the Khrystoforivske reservoir of the Bokovenka river during comprehensive studies in the summer of 2022. We studied the hydrochemical parameters of the water body, species composition, quantitative parameters of the main groups of hydrobionts, including fish forage organisms (macrophytes, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos), the biological productivity of the reservoir was measured based on the main groups of hydrobionts. To determine the state of the main groups of hydrobionts, two samples

АНАЛІЗ КОРМОВОЇ БАЗИ ХРИСТОФОРІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА (Р. БОКОВЕНЬКА, БАСЕЙН ДНІПРА) І ЇЇ БІОПРОДУКЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЛЯ РИБОГОСПОДАРСЬКОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Р. О. Новіцький, novitskyi.r.o@dsau.dp.ua, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро
О. О. Христов, christoff@i.ua, Товариство з обмеженою відповідальністю «Науково-дослідний та проектно-технологічний центр «Довкілля-Дніпро», м. Дніпро
Д. О. Кобяков, dimakobakow@gmail.com, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро
О. В. Мантурова, omanturova@ukr.net, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

Мета. Аналіз отриманих та узагальнення попередніх гідробіологічних даних, статистичної інформації для підготовки науково-біологічного обґрунтування та розробки режиму раціональної і екологічно ощадливої рибогосподарської експлуатації Христофорівського водосховища.

Методика. Під час комплексних досліджень влітку 2022 р. на акваторії Христофорівського водосховища на р. Боковенька використовували гідрохімічні та гідробіологічні методики відбору проб, камеральної і статистичної обробки матеріалу. Досліджували гідрохімічні показники, видовий склад, показники чисельності гідробіонтів, за якими розраховували біопродуктивність водойми. Були відібрані 2 гідрохімічні проби, а також проби фітопланктону, зоопланктону і зообентосу (верхня та нижня ділянки водосховища, по 2 проби), визначено стан і рівень розвитку водної рослинності (макрофітіє).



of phytoplankton, zooplankton and zoobenthos were collected. Macrophytes were studied, water samples were taken from different parts of the water body for hydrochemical analysis. The biomass of phytoplankton was calculated based on the biomass of standard volumes of algae, the biomass of zooplankton – by multiplying the quantity of organisms by their individual weights, zoobenthos – by weighing individual groups of hydrobionts on torsion scale and recalculating and summing up. The reservoir feeding capacity was assessed by the quantitative development of zooplankton according to known classifications.

Findings. The main parameters of the chemical composition and properties of the water of the Khrystoforivske reservoir, which condition the bioproductivity and fish farming performance, were determined: pH, content of dissolved gases, organic substances, biochemical demand of O_2 , nutrients content, as well as general mineralization and hardness, concentration of the major ions. According to the hydrochemical classification, water is bicarbonate type II and is referred to fresh water. The degree of water saturation with easily-oxidizable organic matter has decreased over the past 15 years and is within standards for aquaculture. Considering all environmental and sanitary parameters, water of the Khrystoforivske reservoir is characterized by fair or average quality, it is eupolytrophic. The water characteristics indicate that the fishery exploitation at the reservoir during previous Special Commodity Fish Farming Regimes (SCFF) (1996–2021) has produced no adverse effects on the general ecological and sanitary condition of water.

Aquatic phytocoenoses of the Khrystoforivske reservoir are represented by associations of submerged and aerial-aquatic plants, with a total area of 5.2 hectares. The total production of aquatic plants is 36.245 tons.

The phytoplankton of the reservoir includes 51 species of algae (six groups). In terms of quantity, small-celled Cyanoprokaryota predominated (about 70%). Diatoms, green and euglenic algae dominated in biomass. In 2022, the average biomass of phytoplankton in the Khrystoforivske reservoir was up to 1.80 g/m^3 , the total annual production of phytoplankton reached 201.06 tons.

In total, 16 species of organisms have been identified in the zooplankton of the reservoir: Rotatoria, Cladocera and Copepoda. The average abundance of zooplankton in the reservoir was $31,390 \text{ ind./m}^3$, and its average biomass reached 0.41 g/m^3 . The value of primary production of zooplankton is 123.9 kg/ha , and the total stock in

Оцінку кормності водойми за кількісним розвитком гідробіонтів виконували за відомими класифікаціями.

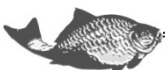
Результати. Встановили основні показники хімічного складу і властивості води Христофорівського водосховища, що зумовлюють біопродуктивність та рибогосподарські умови. За гідрохімічною класифікацією вода є гідрокарбонатною II типу, належить до категорії прісних вод. За сукупністю усіх еколого-санітарних показників вода Христофорівського водосховища характеризується як ев-політрофна. Характеристики води свідчать, що рибогосподарська експлуатація водойми у період дії попередніх Режимів СТГ (1996–2021 рр.) не вплинула негативно на загальноекологічний та санітарний стан води, умови існування гідробіонтів.

Водні фітоценози Христофорівського водосховища були представлені стрічкоподібними асоціаціями зануреної і повітряно-водної рослинності загальною площею $5,2 \text{ га}$. Загальна продукція за групою водних рослин становила $36,245 \text{ т}$.

У складі фітопланктону водосховища зафіксовано 51 вид водоростей з шести відділів. За чисельністю переважали дрібноклітинні Суапорокарюта (близько 70%). За біомасою переважали діатомові, зелені і евгленові. У 2022 р. усереднена біомаса фітопланктону у Христофорівському водосховищі становила до $1,80 \text{ г/м}^3$, загальна річна продукція фітопланктону сягала $201,06 \text{ т}$.

У складі зоопланктону водосховища ідентифіковано 16 видів організмів: коловертки (Rotatoria), гіллястовусі ракоподібні (Cladocera) та веслоногі ракоподібні (Copepoda). Середня чисельність зоопланктону у водоймі становила 31390 екз./м^3 , а його усереднена біомаса сягала $0,41 \text{ г/м}^3$. Величина продукції зоопланктону дорівнювала $123,9 \text{ кг/га}$, а загальний запас у водоймищі становив $7,687 \text{ т}$. Показники розвитку кормової бази для риб за рахунок зоопланктерів у Христофорівському водосховищі були низькими, а власне водосховище за групою зоопланктону можна віднести до III (найнижчого) рибогосподарського класу.

Донна фауна представлена 40 видами безхребетних. Найбільшого розвитку за щільністю мав хірономідно-олігохетний комплекс, але за біомасою домінували моллюски. Спостерігалася загальна тенденція до зменшення кількісних показників макрозообентосу, зокрема, мізид. Усереднена біо-



the reservoir is 7.687 tons. The fish food supply in terms of zooplankters in the Khrystoforivske reservoir are low. The reservoir itself, based on the group of zooplankton, can be referred to fishery class III (the lowest class).

The bottom fauna is represented by 40 taxonomic groups of invertebrates. The Chironomidae and Oligochaeta assemblies are most developed in terms of density, but molluscs dominate in biomass. There is a general trend towards a decrease in the quantitative parameters of macrozoobenthos, in particular, Mysidacea. The average biomass of soft benthos (2.17 g/m^2) and the average biomass of the entire zoobenthos (33.62 g/m^2) indicate that the reservoir preserves its fishery potential due to macrozoobenthos. The primary production of zoobenthos of the Khrystoforivske reservoir is 130.2 kg/ha . The total stock of zoobenthos is up to 8.072 tons. The values of the fish food supply are quite high due to zoobenthos in the reservoir, the water body in terms of benthos biomass is referred to fishery class II (medium productive reservoirs).

The obtained comprehensive data on the food supply of the Khrystoforivske reservoir indicate the availability of sufficient bioproduction potential for its continuous effective fish-farming on the basis of the special commodity fish farming regime.

Originality. For the first time in the last 10 years, comprehensive data on the food supply of the Khrystoforivka reservoir, which is used in special commodity fish farming regime (SCFF), have been obtained and analysed.

Practical value. The results obtained are of practical importance for the development of scientific and biological rationale for fish farming in the Khrystoforivske Reservoir.

Keywords: Dnipropetrovsk region, Bokovenka River, Khrystoforivske reservoir, macrophytes, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, food supply, fish farming.

PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

On the territory of the Dnipropetrovsk region, the fund of fisheries water objects, in addition to the Dnipro reservoirs (Kamyanske, Dniprovske, Kakhovske), includes 112 inland small reservoirs with

маса м'якого бентосу ($2,17 \text{ г/м}^2$) та середня біомаса усього зообентосу ($33,62 \text{ г/м}^2$) свідчать, що водосховище за рахунок макрозообентосу продовжувало зберігати рибогосподарський потенціал. Продукція зообентосу Христорівського водосховища становила $130,2 \text{ кг/га}$. Загальний його запас сягав $8,072 \text{ т}$. Показники кормової бази для риб за рахунок зообентосу у Христорівському водосховищі були досить високими, водоїма за біомасою бентосу відноситься до II рибогосподарського класу (середньо-висококормні водосховища).

Отримані комплексні дані щодо кормової бази Христорівського водосховища дозволяють продовжити його ефективну рибогосподарську експлуатацію на основі режиму спеціального товарного рибного господарства з використанням наявної кормової бази та біопродукційного потенціалу гідроєкосистеми.

Наукова новизна. Вперше за останні 10 років отримані і проаналізовані комплексні дані щодо стану кормової бази Христорівського водосховища.

Практична значимість. Одержані результати мають практичне значення для підготовки науково-біологічних обґрунтувань рибогосподарського використання Христорівського водосховища на р. Боковенька (басейн р. Дніпро).

Ключові слова: Дніпропетровська область, р. Боковенька, Христорівське водосховище, вища рослинність, фітопланктон, зоопланктон, зообентос, кормова база, рибогосподарська експлуатація.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

На території Дніпропетровської області до фонду рибогосподарських водних об'єктів, крім дніпровських водосховищ (Кам'янського, Дніпровського, Каховського), входять 112 внутрішніх малих водосховищ загальною площею



a total area of 25,462.52 hectares. Among them, until recently, 7 reservoirs have (or had) the form of management in the regimes of special commodity fish farming (SCFF) [1].

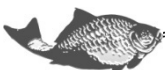
The Khrystoforivske reservoir is located in the steppe zone of Ukraine, artificially created by regulating the flow of the lower course of the Bokovenka River, which is a tributary of the Bokova River, which flows into the Karachuniv reservoir (on the Ingulets River, the right tributary of the Dnipro River) by building a reinforced concrete dam in 1939. The reservoir provided water for the mining process of the Kryvyi Rih iron ore basin and was used for fishery purposes. It is located between the dams on the Bokovenka River near the villages of Khrystoforivka (lower part) and Pavlivka (upper part), 20 km northwest of the city of Kryvyi Rih, Kryvorizka district, Dnipropetrovsk region. The project area of the reservoir was 300 hectares, but as a result of hydraulic engineering activities associated with the further regulation of the flow of the Bokovenka River by dams upstream against the background of further siltation of the banks and active overgrowth of the shallow waters of the upper reaches with reeds and even tree and shrub vegetation, at the current stage the area of the water area of the reservoir is 62 hectares, it can be covered by fishery activities [2]. The calculation of the area of the reservoir and the area covered with aquatic and near-aquatic vegetation was carried out using remote sensing technologies. Satellite images were acquired and analyzed by EOS Data [3].

The Khrystoforivske reservoir is a channel-type reservoir, the average width is 180 m, the maximum is 250 m, the depth in different areas is from 1 to 3 m, the maximum is up to 4 m, the length of the reservoir is about 3.5 km. The project volume of the reservoir at the normal water level is 4.0 million m³, now it does not ex-

25462,52 га. Серед них до недавнього часу 7 водойм мають (чи мали) форму господарювання в режимах спеціального товарного рибного господарства (СТРГ) [1].

Христофорівське водосховище розташовано у степовій зоні України, штучно створене при зарегулюванні стоку нижньої течії р. Боковенька, що є притокою р. Бокова, яка впадає у Карачунівське водосховище (на р. Інгулець, правої притоки р. Дніпро) шляхом будівництва залізобетонної греблі в 1939 р. Водосховище здійснювало водозабезпечення процесу видобутку корисних копалин Криворізького залізрудного басейну та використовувалося для рибогосподарських цілей. Воно знаходиться між дамбами на р. Боковенька поблизу сел. Христофорівка (нижня частина) і Павлівка (верхня частина), за 20 км на північний захід від м. Кривий Ріг Криворізького району Дніпропетровської області. Проектна площа водосховища складала 300 га, але в результаті гідротехнічної діяльності, пов'язаної із подальшим зарегулюванням стоку р. Боковенька греблями вище за течією, на фоні подальшого замулення прибережної зони та активного заростання мілководь верхів'я очеретом, і навіть деревно-чагарниковою рослинністю, на сучасному етапі площа водного дзеркала водосховища складає 62 га; вона може бути охоплена рибогосподарською діяльністю [2]. Розрахунок площі водойми та обсягів заростання водною та коловодною рослинністю проводили з використанням технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Супутникові знімки було отримано та проаналізовано на потужностях EOS Data [3].

Христофорівське водосховище — водойма руслового типу, середня ширина — 180 м, максимальна — 250 м, глибини на різних ділянках складають від 1 до 3 м, максимальні — до 4 м, довжина



ceed 1.5 million m³ (according to the Dni-prodiprovdhosp Institute, Dnipro).

Complex hydroecological studies of the Khrystoforivske reservoir for the purpose of fishery exploitation have been carried out since the middle of the 20th century. In the early 2000s and later, economic activities at the reservoir were carried out on the basis of scientific and biological rationales and developed regimes of fishery exploitation.

During the period of the previous regime (2012–2021), there are no data from monitoring studies. It is known that long gaps in monitoring hinder effective management [4] and are unacceptable according to the environmental goals of the EU Water Framework Directive (WFD) [5]. Monitoring, according to the WFD, is mandatory for water bodies with an area of more than 50 ha.

Over the past 10 years, scientific publications and analyzed information sources do not contain data on hydrobiological studies of the Khrystoforivske reservoir, except for the publication of materials on ichthyological studies conducted in 2022 [2].

In the summer of 2022, complex hydrobiological studies were carried out in order to assess the food supply and establish the bioproduction potential of the reservoir. The results of scientific studies are presented in this article.

HIGHLIGHT OF THE EARLIER UNRESOLVED PARTS OF THE GENERAL PROBLEM. AIM OF THE STUDY

Special commodity fish farms (hereinafter — SCFF) is a widespread form of management, the main purpose of which is to increase fish productivity due to the artificial reproduction of aquatic biological

водосховища близько 3,5 км. Проектний об'єм водосховища при НПП — 4,0 млн м³, нині не перевищує 1,5 млн м³ (за даними інституту «Дніпродіпрводгосп», м. Дніпро).

Комплексні гідроекологічні дослідження Христофорівського водосховища з метою рибогосподарської експлуатації проводяться з середини ХХ ст. На початку 2000-х рр. і пізніше здійснення господарської діяльності на водосховищі відбувалося на основі науково-біологічних обґрунтувань і розроблених режимів рибогосподарської експлуатації.

У період дії попереднього режиму (2012–2021 рр.) дані моніторингових досліджень відсутні. Відомо, що тривалі прогалини в моніторингу перешкоджають ефективному управлінню [4] і неприпустимі, відповідно до екологічних цілей Водної Рамкової Директиви (ВРД) ЄС [5]. Моніторинг, згідно з ВРД, є обов'язковим для водойм з площею понад 50 га.

За останні 10 років у наукових публікаціях та проаналізованих інформаційних джерелах відсутні дані стосовно гідробіологічних досліджень Христофорівського водосховища, окрім публікації матеріалів щодо проведених у 2022 р. іхтіологічних досліджень [2].

Влітку 2022 р. виконано комплексні гідробіологічні дослідження з метою оцінки кормової бази і встановлення біопродукційного потенціалу водойми. Результати наукових досліджень представлені у цій статті.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Спеціальні товарні рибні господарства (СТРГ) — це поширена форма господарювання, основною метою якої є підвищення рибопродуктивності завдяки штучному відтворенню водних біоресурсів, а також раціональному



resources, as well as the rational use and preservation of native (aboriginal) species [6]. Such management allows optimizing trophic chains (due to stocking with Chinese and common carps), to prevent or slow down the processes of overgrowth and waterlogging of the water body, to ensure an increase in natural fish productivity using extensive technology [7].

Long-term monitoring hydro-ecological studies at the Khrystoforivske Reservoir provide an opportunity to analyze the impact of economic activity in the SCFF regime on water quality and the conditions of existence of native hydrobionts.

The purpose of the work is to analyse and summarize the conducted hydrobiological studies, available statistical information, as well as long-term data for the preparation of scientific and biological rationale and the development of a regime of rational and ecologically economical fishery exploitation of the Khrystoforivske reservoir.

MATERIALS AND METHODS

Comprehensive scientific study at the Khrystoforivske reservoir was carried out in the summer of 2022 in accordance with the research topic of the Scientific Research Center “Aquatic Bioresources and Aquaculture” of the Dnipro State Agrarian and Economic University (DSAEU), as well as in accordance with the 2022 Scientific Fisheries Research Program of DSAEU approved by the State Fisheries Agency of Ukraine – 2026.

The study was carried out in the water area of the Khrystoforivske reservoir on the Bokovenka River — a tributary of the III order of the Dnipro River. During the study, hydrochemical and hydrobiological methods [8–11] were used, materials of modern studies of DSAEU, long-term data of personal studies of the authors, materi-

використанню та збереженню туводних (аборигенних) видів [6]. Таке господарювання дозволяє оптимізувати трофічні ланцюги (завдяки зарибленню рослиноїдними рибами і коропом), попередити або уповільнити процеси заростання та заболочування водного об’єкта, забезпечити збільшення природної рибопродуктивності за екстенсивною технологією [7].

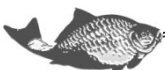
Багаторічні моніторингові гідроекологічні дослідження на Христофорівському водосховищі дають можливість аналізувати вплив господарської діяльності у режимі СТРГ на якість води та умови існування аборигенних гідробіонтів.

Метою роботи є аналіз і узагальнення проведених гідробіологічних досліджень, наявної статистичної інформації, а також багаторічних даних для підготовки науково-біологічного обґрунтування та розробки режиму раціональної і екологічно ощадливої рибогосподарської експлуатації Христофорівського водосховища.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Комплексні наукові дослідження на Христофорівському водосховищі здійснювали влітку 2022 р. відповідно до тематики досліджень Науково-дослідного центру «Водні біоресурси та аквакультура» Дніпровського державного аграрно-економічного університету (ДДАЕУ), а також згідно із затвердженою Держрибагентством України Програмою проведення наукових рибогосподарських досліджень ДДАЕУ на 2022–2026 рр.

Дослідження виконували на акваторії Христофорівського водосховища на р. Боковенька — притоці III порядку р. Дніпро. Під час досліджень застосовували гідрохімічні та гідробіологічні методики [8–11], використовували матеріали сучасних досліджень ДДАЕУ,



als of previous scientific and biological rationales, open materials of the ichthyological service of the State Fisheries Agency of Ukraine in the Dnipropetrovsk region for a number of years (2000–2012, 2018–2022) and other statistical and cartographic data were used.

In 2021, the SCFF Regime expired; therefore, in 2022, fishery activities at the Khrystoforivske reservoir were no longer carried out, but were planned in the future. It was this that led to the initiation of relevant studies. Hydrochemical parameters of the reservoir were studied (water was taken for hydrochemical analysis — 2 samples), species composition, numerical parameters of the main groups of hydrobionts, including food organisms for fish (higher aquatic vegetation, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos), the bioproductivity of the reservoir was calculated based on main groups of hydrobionts [12–13].

To determine the condition of the main groups of hydrobionts, two integral samples of phytoplankton, zooplankton and zoobenthos were taken in the upper (coordinates of the sampling site — 47.98875890465755 N, 33.033817760479614 E) and the lower section (coordinates of the sampling site — 47.985528218121566 N, 33.069507011261244 E). Higher aquatic vegetation was studied on the entire area of the reservoir [14].

The assessment of the bioproduction potential of the reservoir based on the quantitative development of hydrobionts was carried out on the basis of the fishery classification of small reservoirs of Ukraine [9].

Calculation part. We used the proven method of calculating the annual production (stock) of forage objects [7, 15]. The obtained material was subjected to statistical processing [16] using MS Excel package.

багаторічні дані особистих досліджень авторів, матеріали попередніх Науково-біологічних обґрунтувань, відкриті матеріали іхтіологічної служби Управління Держрибагентства України у Дніпропетровській області за ряд років (2000–2012, 2018–2022 рр.), інші статистичні та картографічні дані.

У 2021 р. на водоймі закінчилася дія Режиму СТРГ, тому у 2022 р. рибогосподарська діяльність на Христофорівському водосховищі вже не здійснювалася, але планувалася у подальшому. Саме це зумовило ініціацію проведення відповідних досліджень. Вивчали гідрохімічні параметри водосховища (відбирали воду на гідрохімічний аналіз — 2 проби), видовий склад, показники чисельності основних груп гідробіонтів, у тому числі і кормових організмів для риб (вища водна рослинність, фітопланктон, зоопланктон, зообентос), розраховували біопродуктивність водойми за основними групами гідробіонтів [12–13].

Для визначення стану основних груп гідробіонтів відбирали по 2 інтегральні проби фітопланктону, зоопланктону і зообентосу на верхній (координати місця відбору — 47.98875890465755 пн. ш., 33.033817760479614 сх. д.) та нижній ділянках (координати місця відбору — 47.985528218121566 пн. ш., 33.069507011261244 сх. д.). На усій площі водосховища досліджували вищу водяну рослинність [14].

Оцінку біопродукційного потенціалу водойми за кількісним розвитком гідробіонтів проводили на основі рибогосподарської класифікації малих водосховищ України [9].

Розрахункова частина. Використовували випробувану методику розрахунків щорічної продукції (запасу) кормових об'єктів [7, 15]. Отриманий матеріал піддавали статистичній обробці [16] з використанням пакету прикладних програм «Excel for Windows».



STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

Hydrological and hydrochemical regime of the Khrystoforivske reservoir.

The Khrystoforivske reservoir is a typical channel reservoir on a small river of the Dnipro steppe. Its water supply is due to the surface runoff of the Bokovenka River and income from the catchment area.

Previously (until 2012), annual water releases were carried out in the autumn for the purpose of harvest of introduced fish, the volume of discharge did not exceed 30–40% of the maximum volume during the flood period. For organizational and technical reasons (after 2012 and to this day), water discharge is not regulated.

Hydrochemical regime. During comprehensive studies in 2022, the main parameters of the chemical composition and properties from this water object were determined, which determine bioproduktivty and fishery conditions in accordance with water quality standards for aquaculture purposes [10, 11].

According to the hydrochemical classification, the water of the Khrystoforivske reservoir is hydrocarbonate type II, belongs to fresh water (Table 1).

Total mineralization meets the established requirements for water quality, but above-standard values are recorded for salt composition. For example, the chloride content increased by 1.9 times, sulphates by 1.25 times, the hardness index exceeds the standard by 1.3 times. The permanganate oxidizability of water is increased by 1.3 times. In addition, the biological oxygen consumption (BOC₅) is 1.3 times higher than the norm. A slightly increased content of magnesium and calcium was noted.

The significantly increased content of phosphates (more than 7 times higher), as well as the higher content of nitrates and nitrites (23.0 and 12.6 times, respectively) draw attention. The reasons for such an ex-

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Гідрологічний і гідрохімічний режими Христофорівського водосховища.

Христофорівське водосховище є типовою русловою водоймою на малій річці степового Придніпров'я. Його водне живлення відбувається за рахунок поверхневого стоку р. Боковенька та надходження із водозбірної площі. Метою створення водосховища, окрім забору води для промислових цілей, було регулювання стоку та запобігання затопленню прилеглих населених пунктів.

Раніше (до 2012 р.), восени, з метою облову і вилову риб-інтродуцентів, здійснювалися щорічні попуски води, обсяг скидання не перевищував 30–40% від максимального об'єму у паводковий період. З організаційно-технічних причин (після 2012 р. і донині) регулювання скиду води не здійснюється.

Гідрохімічний режим. Під час комплексних досліджень 2022 р. вивчали основні показники хімічного складу і властивостей води, що визначають біопродуктивність й рибогосподарські умови, у відповідності до нормативів якості води рибогосподарського призначення [10, 11].

Відповідно до гідрохімічної класифікації, вода Христофорівського водосховища є гідрокарбонатною II типу, належить до прісних вод (табл. 1).

Загальна мінералізація відповідає встановленим вимогам до якості води, але за показниками сольового складу фіксуються наднормативні значення. Так, вміст хлоридів збільшено в 1,9 раза, сульфатів — у 1,25 раза, показник твердості перевищує норматив у 1,3 раза. Перманганатна окиснюваність води збільшена в 1,3 раза. Також в 1,3 раза перевищує норму показник біологічного споживання кисню (БСК₅). Відзначено дещо збільшений вміст магнію та кальцію.

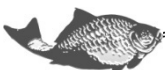


Table 1. Results of chemical composition and water quality analysis of the Khrystoforivske Reservoir, July 2022

Physical and chemical parameters	Parts of the reservoir			Maximum allowable concentration
	Average	Upper	Lower	
Temperature, °C	26,0	26,0	26,0	28,0
Color, hail.	26,0	27,0	25,0	No more 50,0
Smell, points	3,0	3,0	3,0	2,0
Transparency, cm	22,5	22,0	23,0	0,75-1,0
pH	7,99	7,86	8,12	6,5-8,5
Hardness, mg-eq/dm ³	9,15	9,1	9,2	5,0-7,0
O ₂ , Oxygen mg/dm ³	8,25	7,7	8,8	>5,0
O ₂ , % saturation	78,5	65,0	92,0	Not standardized
CO ₂ , mg/dm ³	25,0	20,0	30,0	No more 25,0
Permanganate oxidizability, mg O/dm ³	20,1	20,2	20,0	15,0
BOC ₅ , mg O ₂ /dm ³	4,1	3,4	4,8	3,0
Calcium (Ca ²⁺), mg/dm ³	90,6	90,2	91,0	50-70
Magnesium (Mg ²⁺), mg/dm ³	38,4	37,8	39,0	30,0
Potassium (K ⁺), mg/dm ³	30,4	30,8	30,0	50,0
Sodium (Na ⁺), mg/dm ³	53,0	50,0	56,0	50,0
Chloride (Cl ⁻), mg/dm ³	135,6	140,9	130,3	50,0-70,0
Sulfates (SO ₄ ²⁻), mg/dm ³	87,5	85,0	90,0	50,0-70,0
(HCO ₃ ⁻), mg/dm ³	220,2	204,1	236,3	300,0-400,0
(PO ₄ ³⁻), mg/dm ³	3,85	3,8	3,9	0,5
Iron (Fe ²⁺), mg/dm ³	0,24	0,22	0,26	1,0
Nitrate (NO ₃ ⁻), mg/dm ³	46,5	47,0	46,0	2,0
Nitrite (NO ₂ ⁻), mg/dm ³	1,26	1,25	1,27	0,1
Mineralization, mg/dm ³	655,7	638,8	672,6	1000,0
Dry residue, mg/dm ³	657,5	640,0	675,0	Not standardized

Note. Indicators exceeding the Maximum allowable concentration are indicated in bold.

cess have not been established, but, more likely, they are of anthropogenic origin. All this leads to the intensification of the processes of eutrophication of the reservoir, which negatively affects the production of hydrobionts.

According to pH value, water colour, the water is within the normal range. The oxygen content indicates satisfactory conditions for the existence of hydrobionts. The carbon dioxide content is at the limit of the norm, while in the lower part of the Khrystoforivske reservoir it exceeds the norm.

A sanitary analysis of the studied water samples of the Khrystoforivske reservoir

Звертає на себе увагу значно підвищений вміст фосфатів (перевищення у понад 7 разів), а також наднормово підвищений рівень концентрації нітратів та нітритів (відповідно у 23,0 та 12,6 раза). Причини такого перевищення не встановлені, але, найвірогідніше, вони мають антропогенне походження. Усе це зумовлює інтенсифікацію процесів евтрофікації водойми, що негативно позначається на продуктивності гідробіонтів.

За показниками рН та кольоровості вода знаходилася в межах норми. Вміст кисню свідчив про задовільні умови існування гідробіонтів. Показник вмісту



was also carried out using bacteriological indicators (Table 2).

The concentration of coliphages was 0 CUO/L, so the water is not a source of the threat of viral hepatitis, and no pathogenic enterobacteria were found in the experimental water samples. The index of staphylococci does not exceed 10, which also indicates bacterial purity. In the experimental water samples, a normal coli index is observed — up to 10, cholera vibrios and NAG vibrios were not found.

Therefore, according to the set of ecological and sanitary parameters, the water of the Khrystoforivske reservoir is characterized by mediocre quality, it is eupolytrophic.

Studies shows that water mineralization is rather insignificant, which is a positive factor in the conditions of small steppe rivers of the region. According to some values of the salt composition (chlorides, sulphates, hardness), there is an excess compared to aquaculture standards. In general, the detected above-normal increase in some physical-chemical and chemical parameters may be associated with the inflow of pollutants along the channel and from the catchment area. The significantly in-

вуглекислого газу знаходився на межі норми, при цьому на нижній ділянці Христофорівського водосховища він перевищував таку.

Також був здійснений санітарний аналіз досліджуваних проб води Христофорівського водосховища за допомогою бактеріологічних показників (табл. 2).

Концентрація колифагів склала 0 КУО/дм³; а отже, вода не є джерелом загрози щодо захворювання на вірусний гепатит; також у дослідних зразках води не виявлено патогенних ентеробактерій. Індекс стафілококів не перевищував 10, що теж свідчить про бактеріальну чистоту. У дослідних зразках води спостерігався нормальний коли-індекс — до 10, холерний вібріон та НАГ-вібріони не знайдені.

Отже, за сукупністю еколого-санітарних показників вода Христофорівського водосховища характеризується посередньою якістю, вона є ев-політрофною.

Дослідження свідчать про доволі незначну мінералізацію води, що є позитивним чинником в умовах малих степових річок регіону. За деякими по-

Table 2. Sanitary and bacteriological parameters of water in the Khrystoforivske Reservoir, July 2022

Bacteriological parameters	Parts of the reservoir			Maximum allowable concentration
	2022	Upper	Lower	
Total count of bacteria, million cfu per 1 ml of water	0,79	0,87	0,72	up to 1
Total count of heterotrophs, thousand cells in 1 ml of water	0,31	0,33	0,30	up to 1
Total count of anaerobes, thousand cfu in 1 ml of water	0	0	0	0
Concentration of coliforms (CFU/l)	0	0	0	0
Coli index	–	Up to 10	Up to 10	Up to 10
Pathogenic enterobacteria (<i>Shigella</i> , <i>Salmonella</i>) index	0	0	0	0
<i>Staphylococcus aureus</i> index	–	Up to 10	Up to 10	Up to 10
<i>Cholera</i> vibrio	not found	not found	not found	–
Enterococci index	–	Up to 45	Up to 45	Up to 45



creased content of phosphates, nitrites and nitrates causes further eutrophication of the reservoir.

казниками сольового складу (хлориди, сульфати, твердість) спостерігалось перевищення рибогосподарських нормативів. Загалом, виявлене наднормативне підвищення за деякими фізико-хімічними та хімічними показниками може бути пов'язане із надходженням забрудників руслом та з водозбірної площі. Значно підвищений вміст фосфатів, нітритів та нітратів зумовлює подальшу евтрофікацію водойми.

THE STATE OF BIOTIC COMPONENTS OF THE HYDROECOSYSTEM OF KHRYSSTOFORIVSKE RESERVOIR

Higher aquatic vegetation. Aquatic phytocenoses of the Khrystoforivske reservoir are represented by associations of submerged and emergent vegetation typical for reservoirs on small rivers of the Dnipropetrovsk region. On the territory above the water level, the vegetation is represented by ribbon-like groups of meadow-swamp, meadow and ruderal plants.

Taking into account that the overgrowth density has a zonal character depending on the area of the Khrystoforivske reservoir, the total area overgrown with emergent vegetation is 2.1 ha (3.4% on average). The area occupied by groups of submerged plants during the period of maximum vegetation is 5% of the total water area (3.1 ha). Note that the total area of shallow water bodies (up to 2 m.) is (9.3 ha) or 15% of the total. The average phytomass of submerged vegetation is 250 g/m² in raw weight, and emergent vegetation is 1200 g/m².

According to calculations, the annual production of aquatic vegetation of the reservoir consists of 8,525 tons of submerged vegetation and 27,720 tons of emergent vegetation. The total production by the group of higher aquatic plants is 36,245 tons.

СТАН БІОТИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ ГІДРОЕКОСИСТЕМИ ХРИСТОФОРІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Вища водяна рослинність. Водні фітоценози Христофорівського водосховища представлені типовими для водосховищ на малих ріках Дніпропетровщини асоціаціями зануреної і повітряно-водної рослинності. На території вище урізу води рослинність була представлена стрічко-видними угрупованнями лучно-болотних, лучних та рудеральних рослин.

Враховуючи, що щільність заростання має зональний характер, у залежності від ділянки Христофорівського водосховища, загальна площа заростання повітряно-водною рослинністю складала 2,1 га (усереднено — 3,4%). Площа, зайнята угрупованнями занурених рослин в період максимальної вегетації, складала 5% загальної акваторії (3,1 га). Зазначимо, що загальна площа мілководь (до 2 м) становила 9,3 га, або 15% від загальної. Середня фітомаса зануреної рослинності складала 250 г/м² у сирій масі, а повітряно-водної рослинності — 1200 г/м².

За розрахунками, щорічна продукція водної рослинності водойми складається із продукції зануреної рослинності — 8,525 т, і продукції повітряно-водної рослинності — 27,720 т. Загальна продукція за групою вищих водяних рослин становила 36,245 т.



Phytoplankton. Studies of phytoplankton of the Khrystoforivske Reservoir have been periodically conducted for 70 years, starting in 1952 [17]. During its existence, the climatic conditions, morphometric parameters and hydrological regime of the reservoir, considering the anthropogenic influence, determined favourable conditions for the development of this group of organisms.

Previous fishery exploitation of the reservoir (until 2022) naturally affected the abundance and biomass of phytoplankton organisms. It should be noted that according to data from 1995–2007, the total biomass of phytoplankton of the Khrystoforivske Reservoir varied significantly from 15.48 to 64.1 g/m³ (Table 3).

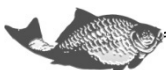
Фітопланктон. Дослідження фітопланктону Христофорівського водосховища періодично проводяться вже 70 років, починаючи з 1952 р. [17]. За період існування кліматичні умови, морфометричні параметри та гідрологічний режим водойми з урахуванням антропогенного впливу зумовили сприятливі умови розвитку цієї групи організмів.

Попередня рибогосподарська експлуатація водосховища (до 2022 р.), природно, вплинула на показники чисельності та біомаси фітопланктонних організмів. Зазначимо, що за даними 1995–2007 рр., загальна біомаса фітопланктону Христофорівського водосховища суттєво коливалася — від 15,48 до 64,1 г/м³ (табл. 3).

Table 3. Dynamics of quantitative development of phytoplankton in the Khrystoforivske reservoir (1995–2022), according to the Biological rationales of the Special Commodity Fish Farming Regimes (SCFF)

Phytoplankton groups	Year			
	1995–1998	2000–2003	2006–2007	2022
<i>Cyanophyta</i>	<u>1840,0</u> 4,27	<u>5000,0</u> 2,3	<u>18420,0</u> 27,96	<u>3330,0</u> 0,15705
<i>Euglenophyta</i>	<u>4600,0</u> 6,85	<u>2680,0</u> 7,78	<u>6770,0</u> 9,8	<u>146,0</u> 0,444
<i>Cryptophyta</i>	–	–	–	<u>26,0</u> 0,0261
<i>Pyrrophyta*</i>	<u>600,0</u> 16,7	<u>20,0</u> 0,6	<u>250,0</u> 14,0	–
<i>Dinophyta</i>	–	–	–	<u>10,0</u> 0,063
<i>Chlorophyta:</i>	–	–	–	<u>1040,0</u> 0,39805
– Volvocaceae	<u>500,0</u> 1,8	<u>100,0</u> 0,04	<u>310,0</u> 1,2	**
– Desmidiaceae	<u>220,0</u> 2,68	–	<u>40,0</u> 0,5	**
– Protococrophyceae	<u>8400,0</u> 12,85	<u>880,0</u> 1,7	<u>2500,0</u> 6,9	**
<i>Bacillariophyta</i>	<u>900,0</u> 1,78	<u>1136,0</u> 3,06	<u>1350,0</u> 3,74	<u>222,0</u> 0,72655
Total:	<u>17060,0</u> 46,93	<u>9816,0</u> 15,48	<u>29640,0</u> 64,1	<u>4774,0</u> 1,81475

Notes: Above the line – number, million cells/m³ (average); below the line – biomass in g/m³ (average); * – outdated name that unites dinophytic and cryptophytic algae; ** – These taxonomic units were included in the total count of the order Chlorophyta (2022).



At the end of the 1990s, as well as in 2004–2009, according to the phytoplankton, the reservoir belonged to the 1st aquaculture class (highly productive reservoir). A decrease in the total biomass of phytoplankton (to 15.43 g/m³ in 2000–2003) generally met the needs of both Chinese carps (primarily silver and bighead carps) and native fish fauna.

According to the study of 2022, the phytoplankton biomass decreased significantly and amounted to 1.81 g/m³, but the averaged values for 1997–2022 allows assigning the reservoir to the II class of the fishery classification of the steppe zone of Ukraine.

The analysis of the results of processing of samples of 2022 shows that 51 species of algae from six divisions were recorded in the phytoplankton of the Khrystoforivske Reservoir (Table 4).

It should be noted that in the period of our previous study on the reservoir (2000–2008), only 24 species of algae were recorded.

In the quantitative samples, the shares of *Euglenophyta*, *Chlorophyta* and *Bacillariophyta* in the species spectrum were similar, in the qualitative samples the number of species prevailed, mainly due to large-celled forms.

Small-celled *Cyanoprokaryota* predominated in abundance (about 70%), while their share of biomass did not exceed 10%. In terms of biomass, diatoms, greens and euglenoids dominated. It should be noted that the total biomass of phytoplankton appears to be somewhat overestimated due to a significant proportion of large-celled benthic diatoms, in particular *Gyrosigma acuminatum*.

In addition, a significant share of biomass (~22–27%) is formed by euglena, of which 11 species are registered.

With the average biomass of phyto-

Наприкінці 1990-х рр., а також у 2004–2009 рр. за станом фітопланктону водойма належала до I рибогосподарського класу (висококормна водойма). Зниження показника загальної біомаси фітопланктону (до 15,43 г/м³ у 2000–2003 рр.), у цілому, відповідало потребам як рослиноїдних риб-інтродуцентів (у першу чергу, товстолобика), так і аборигенної фауни.

Згідно із дослідженнями, у 2022 р. показник біомаси фітопланктону значно знизився і становив 1,81 г/м³, але усереднені показники за 1997–2022 рр. дають змогу віднести водосховище до II класу рибогосподарської класифікації степової зони України.

Аналіз результатів обробки проб у 2022 р. показує, що у складі фітопланктону Христофорівського водосховища зафіксовано 51 вид водоростей із шести відділів (табл. 4).

Зазначимо, що у період наших попередніх досліджень водосховища (2000–2008 рр.) було відзначено лише 24 види водоростей.

У кількісних пробах частки *Euglenophyta*, *Chlorophyta* і *Bacillariophyta* у видовому спектрі були близькими, у якісних за кількістю видів переважали останні, переважно за рахунок крупноклітинних форм.

За чисельністю переважали дрібноклітинні *Cyanoprokaryota* (близько 70%), при цьому їх частка біомаси не перевищувала 10%. За біомасою переважали діатомові, зелені і евгленові. Зауважимо, що загальна біомаса фітопланктону видається дещо завищеною через значну частку крупноклітинних бентосних діатомових, зокрема *Gyrosigma acuminatum*.

Також значну частку біомаси (~22–27%) формували евгленові, яких зареєстровано 11 видів.

При усередненій біомасі фітопланктону у 2022 р. (1,8 г/м³), загальна річна



Table 4. Species composition and distribution of phytoplankton in the Khrystoforivske Reservoir in summer 2022

№	Groups	Number of species in the reservoir areas		Share of species, %	
		Upper	Lower	Upper	Lower
	CYANOPHYTA	4	4	4,5	4,1
	DINOPHYTA	1	1	2,2	2,0
	CRYPTOPHYTA	1	1	2,2	2,0
	EUGLENOPHYTA	8	9	17,8	18,4
	CHLOROPHYTA	11	12	24,4	24,5
	BACILLARIOPHYTA	20	22	44,4	44,9
	Total	45	49	–	–
	Types of phytoplankton				
1	<i>Merismopedia tenuis</i>	+	+	–	–
2	<i>Microcystis aeruginosa</i>	+	+	–	–
3	<i>Anabaena</i> sp.	+	+	–	–
4	<i>Aphanizomenon issatschenkoi</i>	+	+	–	–
5	<i>Glenodinium</i> sp.	+	+	–	–
6	<i>Cryptomonas</i> sp.	+	+	–	–
7	<i>Euglena acus</i>	+	+	–	–
8	<i>Euglena matvienkoi</i>	+	+	–	–
9	<i>Lepocinclis fusiformis</i>	+	+	–	–
10	<i>Lepocinclis ovum</i>	+	+	–	–
11	<i>Phacus alatus</i>	–	+	–	–
12	<i>Phacus curvicauda</i>	+	+	–	–
13	<i>Phacus caudatus</i>	+	+	–	–
14	<i>Phacus orbicularis</i>	+	+	–	–
15	<i>Phacus rudicola</i>	+	+	–	–
16	<i>Chlamydomonas</i> sp.	+	+	–	–
17	<i>Phacotus coccifer</i>	+	+	–	–
18	<i>Oocystis submarina</i>	+	+	–	–
19	<i>Actinastrum hantzschii</i>	–	+	–	–
20	<i>Ankistrodesmus acicularis</i>	+	–	–	–
21	<i>Dictyosphaerium tetrachotomum</i>	+	+	–	–
22	<i>Desmodesmus communis</i>	+	+	–	–
23	<i>Scenedesmus obtusus</i>	+	+	–	–
24	<i>Scenedesmus falcatus</i>	+	+	–	–
25	<i>Tetrastrum triangulare</i>	+	+	–	–
26	<i>Tetraedron triangulare</i>	+	+	–	–
27	<i>Tetraedron incus</i>	+	+	–	–
28	<i>Cyclotella</i> sp.	+	+	–	–
29	<i>Melosira meneghiniana</i>	+	+	–	–
30	<i>Aulacoseira granulata</i>	+	+	–	–
31	<i>Synedra tabulata</i>	+	+	–	–
32	<i>Synedra ulna</i>	+	+	–	–
33	<i>Cocconeis placentula</i>	+	+	–	–
34	<i>Navicula capitata</i>	+	–	–	–
35	<i>Navicula viridula</i>	+	+	–	–
36	<i>Cocconeis placentula</i>	–	+	–	–
37	<i>Caloneis amphisbaena</i>	+	+	–	–
38	<i>Gyrosigma acuminatum</i>	+	+	–	–
39	<i>Amphora coffeaeformis</i>	+	–	–	–
40	<i>Amphora ovalis</i>	+	+	–	–
41	<i>Cymbella lanceolata</i>	+	+	–	–
42	<i>Cymbella tumida</i>	+	+	–	–
43	<i>Cymbella tumidula</i>	+	+	–	–
44	<i>Cymbella lata</i>	+	+	–	–
45	<i>Epithemia sorex</i>	+	+	–	–
46	<i>Nitzschia sigmoidea</i>	+	+	–	–
47	<i>Nitzschia hungarica</i>	–	+	–	–
48	<i>Nitzschia recta</i>	–	+	–	–
49	<i>Nitzschia vermicularis</i>	–	+	–	–
50	<i>Cymatopleura solea</i>	+	+	–	–
51	<i>Surirella robusta</i>	+	+	–	–



plankton in 2022 (1.8 g/m^3), the total annual production of phytoplankton in the Khrystoforivske reservoir is 201.06 tons.

Therefore, the reservoir has productive capacity for its further use for fishery purposes. At the same time, it should be noted that the state of phytoplankton indicates a certain intensity of the process of its consumption by previously introduced phytoplanktophagous species, which must be considered when recommending the amounts of stocking.

Zooplankton. During the study period, 16 species of planktonic organisms belonging to three main groups were identified as part of the zooplankton: *Rotatoria*, *Cladocera*, and *Copepoda*. The main systematic group dominating in terms of the number of species (taxa) were cladocerans (8 species), which composed 50% of the total number of species (taxa) identified. Copepods were represented by 4 species (taxa), rotifers by 4 (Table 5).

The samples also contain nauplii and copepodite stages of copepods.

In both studied parts of the reservoir, the species composition was identical and consisted of 13 (upper) — 14 (lower) species.

The calculated quantitative parameters of zooplankton development in the Khrystoforivske reservoir were quite low (Table 6).

The average abundance of zooplankton in the reservoir was $31,390 \text{ ind./m}^3$, with a variation from 21.04 to 41.74 thousand ind./m^3 . Accordingly, biomass also varied significantly, from 216.18 (lower part) to 610.41 mg/m^3 (upper part). The upper part of the reservoir is the most productive. The average biomass of zooplankton is 413.29 mg/m^3 (0.41 g/m^3).

The structure of the zooplankton community shows that the general pattern of development was similar at both sampling

продукція фітопланктону на Христофорівському водосховищі становила 201,06 т.

Отже, водойма має продуктивні можливості для подальшого використання її з рибогосподарською метою. Водночас, слід зазначити, що стан фітопланктону свідчить про певну інтенсивність процесу його споживання раніше інтродукованими видами-фітопланктофагами, що необхідно враховувати при рекомендаціях із обсягів зариблення.

Зоопланктон. У період дослідження у складі зоопланктону ідентифіковано 16 видів планктонних організмів, що відносяться до трьох основних груп: коловертки (*Rotatoria*), гіллястовусі ракоподібні (*Cladocera*) та веслоногі ракоподібні (*Copepoda*). Основною систематичною групою, домінантною за чисельністю видів (таксонів), були гіллястовусі ракоподібні (8 видів), що становило 50% від загальної визначеної кількості видів (таксонів). Веслоногі ракоподібні були представлені 4 видами (таксонами), коловертки — 4 (табл. 5).

Також у пробах присутні наупліальні та копеподні стадії розвитку веслоногих ракоподібних.

На обох досліджуваних ділянках водосховища видовий склад був ідентичний та налічував 13 (верхня) – 14 (нижня) видів.

Розраховані кількісні показники розвитку зоопланктону на акваторії Христофорівського водосховища були досить низькими (табл. 6).

Середня чисельність зоопланктону у водоймі становила 31390 екз./м^3 , з варіюванням від 21,04 до 41,74 тис. екз./м^3 . Відповідно, біомаса також перебувала у широкому діапазоні значень: від 216,18 (нижня ділянка) до $610,41 \text{ мг/м}^3$ (верхня ділянка). Найбільш продуктивною була верхня частина водосховища. Усереднена біомаса зоопланктону — $413,29 \text{ мг/м}^3$ ($0,41 \text{ г/м}^3$).



Table 5. Species composition of zooplankton in the Khrystoforivske Reservoir, July 2022

№	Species (taxon)	Reservoir parts	
		Upper	Lower
<i>Rotatoria</i>			
1	<i>Cephalodella</i> sp.	+	+
2	<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg)	+	–
3	<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hempel)	+	+
4	<i>B. bennini</i> (Leissling)	–	+
		3	3
<i>Cladocera</i>			
1	<i>Alona rectangulara</i> (Sars)	+	+
2	<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller)	+	+
3	<i>Ceriodaphnia</i> sp.	+	+
4	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller)	+	+
5	<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin)	+	+
6	<i>Daphnia cucullata</i> (Sars)	+	+
7	<i>Ilyocryptus agilis</i> (Kurz)	+	+
8	<i>Macrotrix rosea</i> (Jurin)	–	+
		7	8
<i>Copepoda</i>			
1	<i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fischer)	+	–
2	<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer)	+	+
3	<i>Microcyclops</i> sp.	+	+
4	<i>Harpacticoida</i> sp.	–	+
	Nauplii	+	+
	Copepodii	+	+
		3	3
	Total	13	14

Table 6. Abundance and biomass of the main groups of zooplankton in the Khrystoforivske Reservoir, July 2022

Reservoir parts	<i>Rotatoria</i>	<i>Cladocera</i>	<i>Copepoda</i>	Total
Upper	750,0	8960,0	32030,0	41740,0
	1,52	72,60	536,29	610,41
Lower	220,0	4820,0	16000,0	21040,0
	0,43	56,15	159,60	216,18

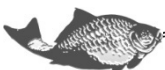
Note. Above the line — number, ind./m³; below the line — biomass, mg/m³.

sites. Copepods predominated in abundance and biomass, while cladocerans were the most diverse.

Values from 0.4 to 1.0 g/m³ are considered low for zooplankton biomass [13] that, according to the ecological assessment, classifies the reservoir as mesotrophic, that is, a reservoir of medium

Структура зоопланктонного угруповання показує, що загальна картина розвитку була подібною на обох станціях відбору проб. За чисельністю та біомасою переважали веслоногі ракоподібні, а найбільш різноманітними були гіллястовусі.

Низькими показниками біомаси зо-



productivity. The primary production of zooplankton is 123.9 kg/ha, and the total stock is 7.687 tons. Therefore, the food supply for fish due to zooplankters in the Khrystoforivske reservoir is considered to be low. According to the zooplankton, the reservoir itself can be classified as the III (lowest) fishery class of the steppe zone of Ukraine.

Zoobenthos. During the study, we analysed the composition and structure of the macrozoobenthos of the Khrystoforivske reservoir, which is characterized by a sufficiently high level of biodiversity. In 1998–2007, 23 taxa of zoobenthos from 7 systematic groups were recorded during the preparation of the previous regimes of fishery exploitation. Our study in 2022 recorded 40 taxonomic groups of invertebrates belonging to 13 systematic categories as part of the benthic fauna (Table 7).

Oligochaeta in the Khrystoforivske reservoir were represented by 3 species; leeches (*Hirudinea*) — 1 species. Among crustaceans, 1 member of *Mysidacea* and 2 species of amphipods (*Amphipoda*) were recorded.

Among the taxonomic groups, the chironomid-oligochaete complex was the most abundant, but molluscs dominated in biomass. The species richness was dominated by molluscs (19 species), although their groups were not numerous and sparse. The presented species richness of the macrozoobenthos was accompanied by its modest density (Table 8).

Analysis of the current qualitative and quantitative composition of the benthic communities of the Khrystoforivske reservoir compared to previous years shows that oligochaetes (*Tubifex tubifex*) and chironomids (*Chironomus plumosus*) continue to dominate the reservoir. These species are sensitive indicators of the presence of organic matter in the water body.

опланктону вважаються величини від 0,4 до 1,0 г/м³ [13], що, за екологічною оцінкою, класифікує водойму як мезотрофну, тобто водойму середньої продуктивності. Величина первинної продукції зоопланктону дорівнювала 123,9 кг/га, а загальний запас становив 7,687 т. Отже, показники розвитку кормової бази риб за рахунок зоопланктерів у Христофорівському водосховищі були низькими, а власне водосховище за групою зоопланктону можна віднести до III (найнижчого) рибогосподарського класу степової зони України.

Зообентос. Під час досліджень проаналізовано склад та структуру макрозообентосу Христофорівського водосховища, який характеризується доволі високим рівнем біорізноманіття. У 1998–2007 рр. при підготовці попередніх режимів рибогосподарської експлуатації реєстрували 23 таксони зообентосу із 7 систематичних груп. Наші дослідження 2022 р. у складі донної фауни виявили 40 таксономічних груп безхребетних, що належать до 13 систематичних категорій (табл. 7).

Олігохети (*Oligochaeta*) у Христофорівському водосховищі були представлені 3 видами; п'явки (*Hirudinea*) — 1 видом. Серед ракоподібних реєстрували 1 представника мізидових (*Mysidacea*) та 2 види різноногих (*Amphipoda*).

Серед таксономічних груп в угрупованні найбільшого розвитку набув хірономідно-олігохетний комплекс за щільністю, але за біомасою домінували молюски. За видовим багатством спостерігалось домінування молюсків (19 видів), хоча їх угруповання були нечисленними і розрідженими. Представлене видове багатство макрозообентосу супроводжувалось його помірною щільністю (табл. 8).

Аналіз сучасного якісного та кількісного складу донних угруповань Христофорівського водосховища, порів-



Table 7. Taxonomic composition of macrozoobenthos of the Khrystoforivske Reservoir in July 2022

№	Groups and species of invertebrates within taxa	Reservoir parts	
		Upper	Lower
	<i>Oligochaeta</i>		
1	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	+	+
2	<i>Limnodrilus</i> sp.	–	+
3	<i>Tubifex tubifex</i>	+	+
	<i>Hirudinea</i>		
4	<i>Piscicola geometra</i>	+	–
	<i>Mysidacea</i>		
5	<i>Limnomysis</i> sp.	–	+
	<i>Amphipoda</i>		
6	<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	–	+
7	<i>Dikerogammarus villosus</i>	+	+
	Insecta		
	<i>Odonata</i>		
8	<i>Sympetrum sanguineum</i>	+	+
9	<i>Aeshna grandis</i>	–	+
10	<i>Lestes</i> sp.	+	+
	<i>Ephemeroptera</i>		
11	<i>Cloeon dipterum</i>	–	+
	<i>Plecoptera</i>		
12	<i>Isoperla grammatica</i>	–	+
	<i>Hemiptera</i>		
13	<i>Naucoris cimicoides</i>	–	+
14	<i>Nepa cinerea</i>	–	+
	<i>Coleoptera</i>		
15	<i>Dytiscus marginalis</i>	+	+
16	<i>Dytiscus</i> sp. larve	–	+
	<i>Trichoptera</i>		
17	<i>Apatania</i> sp.	–	+
	<i>Chironomidae</i>		
18	<i>Chironomus plumosus</i>	+	+
19	<i>Cryptochironomus defectus</i>	+	+
20	<i>Polypedium nubeculosum</i> (pupae)	+	–
	<i>Heleidae</i>		
21	<i>Ceratopogonida</i> sp.	+	+
	Mollusca		
	<i>Gastropoda</i>		
22	<i>Viviparus viviparus</i>	+	+
23	<i>Cincinna piscinalis</i>	+	*
24	<i>Cincinna pulchella</i>	*	*
25	<i>Valvata</i> sp.	*	*
26	<i>Bithynia tentaculata</i>	+	+
27	<i>Opistorhophorus troscheli</i>	*	*
28	<i>Lymnaea stagnalis</i>	+	+
29	<i>Lymnaea (Stagnicola) corvus</i>	–	+
30	<i>Lymnaea (Galba) truncatula</i>	+	+
31	<i>Lymnaea (Radix) auricularia</i>	+	+
32	<i>Planorbis planorbis</i>	+	+
33	<i>Anisus albus</i>	*	+
34	<i>Anisus contortus</i>	*	*
35	<i>Anisus spirorbis</i>	+	+
36	<i>Armiger crista</i>	*	*
	<i>Bivalvia</i>		
37	<i>Dreissena polymorpha</i>	*	*
38	<i>Colletopterum piscinale</i>	*	*
39	<i>Sphaerium corneum</i>	*	–
40	<i>Pisidium amnicum</i>	*	–
	Total	30	35

Note. * — these mollusc species were recorded only in the form of fresh empty shells.



Table 8. Quantitative development of the main groups of macrozoobenthos of the Khrystoforivske Reservoir (1996–2022)

Groups of organism	Our study*			2022		
	1996–1998	2000–2003	2006–2008	average	Upper	Lower
Oligochaeta	3240,0	680,0	420,0	169,0	128,0	210,0
	5,64	2,48	1,10	0,70	0,50	0,90
Chironomid larvae	1920,0	360,0	540,0	135,0	100,0	170,0
	22,80	2,24	1,35	0,84	0,65	1,04
Heliids	40,0	40,0	25,0	16,5	15,0	18,0
	0,04	0,24	0,09	0,03	0,03	0,03
Side melts	–	–	120	26,5	35	18,0
	–	–	0,12	0,55	0,68	0,43
Misids	–	–	40,0	5,5	–	11,0
	–	–	0,35	0,03	–	0,06
Day larvae	–	–	40,0	9,0	–	18,0
	–	–	0,08	0,01	–	0,02
Molluscs	640,0	90,0	75,0	76,0	65,0	87,0
	196,0	31,87	21,50	31,45	13,7	49,2
Total	5840,0	1170,0	1140,0	437,5	343,0	532,0
	224,48	36,83	24,39	33,62	15,56	51,68
Total without molluscs	5200,0	1080,0	1025,0	361,5	278,0	445,0
	28,48	4,96	2,89	2,17	1,86	2,48

Note. Above the line – abundance, in ind./m²; below the line – biomass, in g/m²; * – according to the current biological rationale.

The present representatives of the estuarine-Caspian complex (zebra mussel, amphipoda, mysids) are an indicator of the favourable state of the reservoir for fish farming. It should be noted that there is a general tendency to decrease in the abundance of macrozoobenthos, in particular, mysids.

The average biomass of soft benthos (2.17 g/m²) and the average biomass of all zoobenthos (33.62 g/m²) indicate that the reservoir continues to maintain its fishery potential due to the production of macrozoobenthos. The production of zoobenthos of the Khrystoforivske Reservoir with a biomass of 2.17 g/m² is 130.2 kg/ha, the total stock of zoobenthos is 8,072 tons.

According to the zoobenthos biomass, the Khrystoforivske reservoir can be effectively used in the future for rearing benthophagous fishes (primarily, common carp *Cyprinus carpio* and bream *Abramis*

явно із попередніми роками, показує, що у водоймі продовжують домінувати олігохети (*Tubifex tubifex*) та хірономіди (*Chironomus plumosus*). Ці види є чутливими індикаторами присутності органічної речовини у водоймі.

Наявні представники лимано-каспійського комплексу (дрейсени, бокоплави, мізиди) є показниками сприятливого для рибництва стану водойми. Слід відмітити загальну тенденцію до зменшення кількісних показників макрозообентосу, зокрема, мізид.

Усереднена біомаса м'якого бентосу (2,17 г/м²) та середня біомаса усього зообентосу (33,62 г/м²) свідчать, що водосховище продовжує зберігати рибогосподарський потенціал за рахунок продукції макрозообентосу. Продукція зообентосу Христофорівського водосховища за біомаси 2,17 г/м² становить 130,2 кг/га, загальний його запас становить 8,072 т.



brama). Food supply biomass due to zoobenthos in the Khrystoforivske Reservoir are quite high, the reservoir belongs to the II fishery class in terms of benthos biomass.

Therefore, the obtained comprehensive data on the condition of the hydrobionts of the Khrystoforivske Reservoir indicate the presence of sufficient biological production potential for the continuation of its effective fishery exploitation based on the SCFF Regime.

CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

The Khrystoforivske reservoir in the lower reaches of the Bokovenka River (third-order tributaries of the Dnipro River) is a typical channel reservoir artificially created in 1939. From the moment the reservoir was created, it supported fishing activities. Since the mid-1990s, this activity has been carried out under the regimes of special commodity fish farming (SCFF).

Chemical composition of water of the Khrystoforivske reservoir correspond to the sanitary and ecological standards of water quality (in particular, according to the gas regime, pH, total mineralization, potassium, hydrocarbons and total iron content). At the same time, a significant increase in the content of nitrates, nitrites and phosphates was observed. These compounds, in turn, cause the intensification of eutrophication processes.

The parameters of the reservoir contribute to the stable development of all components of the hydrobiota, especially

За показниками зообентосу Христофорівське водосховище може ефективно використовуватися в подальшому для вирощування риб-бентофагів (в першу чергу, коропа *Syrpinus carpio* і ляща *Abramis brama*). Показники кормової бази риб за рахунок зообентосу у Христофорівському водосховищі є досить високими, водойма за біомасою бентосу відноситься до II рибогосподарського класу.

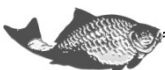
Отже, отримані комплексні дані щодо стану гідробіонтів Христофорівського водосховища свідчать про наявність достатнього біопродукційного потенціалу для продовження його ефективної рибогосподарської експлуатації на основі Режиму СТРГ.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Христофорівське водосховище у нижній течії річки Боковенька (притоки III порядку р. Дніпро) є типовим русловим водосховищем, штучно сформованим у 1939 р. З моменту створення водосховища на ньому також здійснювалась рибогосподарська діяльність. З середини 1990 рр. вона проводилася за режимами спеціального товарного рибного господарства (СТРГ).

Показники хімічного складу води Христофорівського водосховища відповідають санітарно-екологічним нормам її якості (зокрема, за газовим режимом, показниками рН, загальної мінералізації, вмістом калію, гідрокарбонатів та загального заліза). Разом з тим, відзначено суттєве перевищення вмісту нітратів, нітритів та фосфатів. Ці сполуки, в свою чергу, спричиняють інтенсифікацію процесів евтрофікації.

Параметри водосховища сприяють стабільному розвитку всіх компонентів гідробіоти, особливо цінних гідробіонтів-фільтраторів, а також збалансовано-



the valuable hydrobionts-filterers, as well as the balanced development of the food supply for native fish species, as well as introduced species.

Due to morphometric peculiarities, the Khrystoforivske reservoir is characterized by slight overgrowth with higher aquatic vegetation (emergent — 3.4% of the total area, submerged — 5.0%). At the same time, the total overgrown area of coastal shallows reaches 15%. In order to regulate the spread of aquatic vegetation by biological measures, it is necessary to carry out scientifically based stocking with a phytophagous species (grass carp) with its subsequent harvest.

In general, relatively high fluctuations in productivity of the main groups of hydrobionts for the entire period of scientific observations indicate high dynamics of processes in the ecosystem. According to the main groups of hydrobionts, the Khrystoforivske reservoir has a certain production potential with the partial development of excess biomass of individual groups, which must be introduced into the further circulation of the ecosystem. At the same time, it is possible to obtain additional fish products with their subsequent harvest outside the aquatic ecosystem. The total production of aquatic plants is 36,245 tons. The biomass of zooplankton reaches 0.41 g/m³; soft, productive zoobenthos — 2.17 g/m² (biomass of all zoobenthos, together with molluscs — 33.62 g/m²).

Fishing activities in the Khrystoforivske reservoir on the Bokovenka River is an appropriate and necessary measure from the ecological and sanitary point of view. Along with the improvement of the water characteristics in the reservoir, high-quality edible fish products will be obtained additionally.

му розвитку кормової бази для туводних видів риб та видів-інтродуцентів.

Акваторія Христофорівського водосховища, з огляду на морфометричні особливості, характеризується незначним заростанням вищою водяною рослинністю (повітряно-водяна — 3,4% загальної площі, занурена — 5,0%). При цьому, загальна площа заростання прибережних мілководь сягає 15%. Для регулювання розповсюдження водяної рослинності біологічними заходами необхідно здійснювати науково обґрунтоване зариблення видом-фітофагом (білим амуром) при постійному його подальшому вилученні.

Загалом, досить високі коливання показників продукції за основними групами гідробіонтів за увесь період наукових спостережень свідчать про високу динамічність процесів у екосистемі. За ключовими групами водних організмів Христофорівське водосховище має визначений потенціал продукції з частковим формуванням надлишкової біомаси за окремими групами, яку необхідно вводити у подальший кругообіг екосистеми. При цьому можливе одержання додаткової рибної продукції з подальшим її видаленням за межі водної екосистеми. Загальна продукція за групою водяних рослин становить 36,245 т. Показники біомаси зоопланктону сягають 0,41 г/м³; м'якого, продуктивного зообентосу — 2,17 г/м² (біомаса усього зообентосу, разом із моллюсками — 33,62 г/м²).

Здійснення рибогосподарської діяльності у Христофорівському водосховищі на р. Боковенька є доцільним і необхідним заходом з екологічної та санітарної точок зору. Разом з поліпшенням характеристик води у водоймі, буде додатково отримуватися високоякісна харчова рибна продукція.

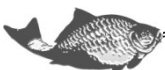


REFERENCES

1. *Zvit pro robotu upravlinnya Derzhavnoho ahent-stva melioratsiyi ta rybnoho hospodarstva u Dnipropetrovs'kiy oblasti za 2021 rik*. Dnipro, 2022.
2. Novitskyi, R. O., et al. (2022). Do pytannya pro rybohospodars'ku ekspluatatsiyu Khrystoforiv's'koho vodoshkovysha. *Aktual'ni problemy pidvyshchennya yakosti ta bezpeky vyrobnytstva y pererobky produktsiyi tvarynnytstva ta akvakul'tury: Mizhnar. naukovo-prakt. konf., Dnipro, 11.11.2022: mat.-ly*. Dnipro: DDAEU, 154-158.
3. Land viewer. *eos.com*. Retrieved from: <https://eos.com/landviewer/?lat=47.98620&lng=33.09300&z=13>.
4. Arlinghaus, R., et al. (2017). Understanding and man-aging freshwater recreational fisheries as complex adaptive social-ecological systems. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 25(1), 1-41.
5. EU. (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of October 23, 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*, 327, 1-73.
6. *Proekt Zakonu pro zaluchennya investytsiy u rozvytok haluzi rybnoho hospodarstva No. 8119/3562-IX vid 06.02.2024*. Prynyaty 18.06.2024. *zakon.rada.gov.ua*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3562-IX#Text>.
7. Sherman, Y. M. (1992). *Ekolohyya y tekhnolohyya rybovodstva v malykh vodokhranylyshchakh*. Kyiv: Vyshcha shkola.
8. Arsan, O. M., et al. (2006). *Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnelykh vod*. Kyiv: Logos.
9. *Metodyka zboru i obrobky ikhtiolohichnykh i hidrobiolohichnykh materialiv iz metoyu vyznachennya limitiv promyslovoho vyluchennya ryb iz velykykh*

ЛІТЕРАТУРА

1. Звіт про роботу управління Державного агентства меліорації та рибного господарства у Дніпропетровській області за 2021 рік. Дніпро, 2022. 108 с.
2. До питання про рибогосподарську експлуатацію Христофорівського водосховища / Новіцький Р. О. та ін. // Актуальні проблеми підвищення якості та безпеки виробництва й переробки продукції тваринництва та аквакультури : Міжнар. наук.-практ. конф., Дніпро, 11 лист. 2022 р. : мат.-ли. Дніпро : ДДАЕУ, 2022. С. 154—158.
3. Land viewer. URL : <https://eos.com/landviewer/?lat=47.98620&lng=33.09300&z=13> (accessed : 01.09.2024).
4. Understanding and man-aging freshwater recreational fisheries as complex adaptive social-ecological systems / Arlinghaus R. et al. // *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 2017. Vol. 25(1). P. 1—41.
5. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of October 23, 2000 establishing a framework for community action in the field of water policy // *Official Journal of the European Communities*. 2000. Vol. 327. P. 1—73.
6. Проект Закону про залучення інвестицій у розвиток галузі рибного господарства № 8119 3562-IX від 06.02.2024. Прийнятий 18.06.2024. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3562-IX#Text> (дата звернення : 01.09.2024).
7. Шерман И. М. Экология и технология рыбоводства в малых водохранилищах. Київ : Вища школа, 1992. 207 с.
8. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / ред. Романенко В. Д. Київ, 2006. 628 с.
9. Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів із метою визначення лімітів промислового вилучення риб із великих водо-



- vodoskhovyshch i lymaniv Ukrainy* (1998). Kyiv: IRH UAAN.
10. Voda rybohospodarskykh pidpriemstv (2013). Zahalni vymohy ta normy (zmina №1, zatverdzhena Minahropolityky Ukrainy 10.06.2013 r.). *SOU 05.01-37-385:2006*. Kyiv.
 11. Yakist vody. Vidbyrannia prob. (2004). Ch. 4. Nastanovy shchodo vidbyrannia prob iz ozer, shtuchnykh i pryrodnykh vodoim. *DSTU ISO 5667-4-2001*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy.
 12. Oksiyuk, O. P., et al. (1993). Kompleksnaya ekologicheskaya klassifikatsiya kachestva poverkhnostnykh vod sushi. *Hydrobiological Journal*, 4, 62-76.
 13. Oksiyuk, O. P., et al. (1994). Otsenka sostoyaniya vodnykh ob'yektov Ukrainy po gidrobiologicheskim pokazatelyam. I. Plankton. *Hydrobiological Journal*, 3, 31-35.
 14. *Opredelitel' vysshikh rasteniy Ukrainy* (1987). Kiev: Naukova dumka.
 15. Sherman, I. M., et al. (1996). *Resursozberihayucha tekhnolohiya vyroshchuvannya ryby u malykh vodoskhovyshchakh*. Mykolayiv: MP Vozmozhnosti Kymmeryy.
 16. Lapach, S. N., et al. (2002). *Statistika v nauke i biznese*. Kyiv: MORION.
 17. Lubyaynov, I. P. (1953). O formirovanii i putyakh napravlenngo izmeneniya donnoy fauny malykh vodokhranilishch Yugo-Vostoka Ukrainy. *Zoological Journal*, 32 (4), 1074-1083.
 - сховищ і лиманів України. Київ : ІРГ УААН, 1998. 47 с.
 10. СОУ 05.01-37-385:2006. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми (Зміна № 1, затверджена Мінагрополітики України 10.06.2013 р.). Київ, 2013. 21 с.
 11. ДСТУ ISO 5667-4-2001. Якість води. Відбирання проб. Ч. 4. Настанови щодо відбирання проб із озер, штучних і природних водойм. Київ : Держспоживстандарт України, 2004. 10 с.
 12. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / Оксийук О. П. и др. // Гидробиологический журнал. 1993. № 4. С. 62—76.
 13. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям. I. Планктон / Оксийук О. П. и др. // Гидробиологический журнал. 1994. № 3. С. 26—31.
 14. Определитель высших растений Украины. Киев : Наукова думка, 1987. 548 с.
 15. Ресурсозберігаюча технологія вирощування риби у малих водосховищах / Шерман І. М. та ін. Миколаїв : Возможности Киммерии, 1996. 41 с.
 16. Статистика в науке и бизнесе / Лапач С. Н. та ін. Киев : Морион, 2002. 640 с.
 17. Лубьянов И. П. О формировании и путях направленного изменения донной фауны малых водохранилищ Юго-Востока Украины // Зоологический журнал. 1953. Т. 32, № 4. С. 1074—1083.

