

ISSN 2312-9581 (Online)  
ISSN 2075-1508 (Print)  
DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu>

# F S U

## FISHERIES SCIENCE OF UKRAINE

Institute of Fisheries  
of the National Academy  
of Agrarian Sciences  
of Ukraine

## РИБОГОСПОДАРСЬКА НАУКА УКРАЇНИ

# 3

Інститут рибного господарства  
Національної академії аграрних наук України

# 2023

## РИБОГОСПОДАРСЬКА НАУКА УКРАЇНИ

Науковий журнал «Рибогосподарська наука України» з 2009 року входить до Переліку фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття ступенів доктора і кандидата наук (біологічні та сільськогосподарські спеціальності — 091, 207), категорія «Б», переатестація від 17.03.2020 (наказ Міністерства освіти і науки України № 409)

Засновник та видавник — Інститут рибного господарства Національної академії аграрних наук України (ІРГ НААН)

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 20934-10734 ПР від 18.08.2014

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР — Грициняк І. І., д. с.-г. н., професор, академік НААН, директор ІРГ НААН, м. Київ, УКРАЇНА

ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА (є штатними працівниками ІРГ НААН) — Матвієнко Н. М. (д. б. н., професор., зав. лаб. іхтіопатології) та Колесник Н. Л. (к. с.-г. н., с. н. с., зав. лаб. міжнародного науково-технічного співробітництва та інтелектуальної власності)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ (біологічні та сільськогосподарські спеціальності)

Бувезив І. Ю., д. б. н., с. н. с., член-кор. НААН, зав. відділу вивчення біоресурсів водосховищ, ІРГ НААН, м. Київ, УКРАЇНА  
Бучацький Л. П., д. б. н., проф., академік Академії наук Вищої школи України, пр. н. с. лаб. біотехнологій, ІРГ НААН, м. Київ, УКРАЇНА

Лисиця А. В., д. б. н., професор, ДС епізоотології, ІРГ НААН, м. Рівне, УКРАЇНА

Потрохов О. С., д. б. н., с. н. с., зав. лаб. біології відтворення риб, Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, УКРАЇНА

Сондак В. В., д. б. н., професор кафедри водних біоресурсів, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, УКРАЇНА

Діденко О. В., к. б. н., с. н. с., пр. н. с. відділу вивчення біоресурсів водосховищ, ІРГ НААН, м. Київ, УКРАЇНА

Драган Л. П., к. б. н., с. н. с., зав. лаб. екологічних досліджень, ІРГ НААН, м. Київ, УКРАЇНА

Котовська Г. О., к. б. н., с. н. с., доцент кафедри гідробіології та іхтіології, Національний університет біоресурсів і природокористування, м. Київ, УКРАЇНА

Кружиліна С. В., к. б. н., с. н. с., пр. н. с. відділу вивчення біоресурсів водосховищ, ІРГ НААН, м. Київ, УКРАЇНА

Кутіщев П. С., к. б. н., доцент кафедри водних біоресурсів та аквакультури, Херсонський державний аграрний університет, м. Херсон, УКРАЇНА

Маренков О. М., к. б. н., доцент, проректор з наукової роботи, Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, м. Дніпро, УКРАЇНА

Пекарик Л., PhD, с. н. с., Центр рослинництва та біорізноманіття Словацької академії наук, м. Братислава, СЛОВАЦЬКА РЕСПУБЛІКА

Рудь Ю. П., к. б. н., с. н. с., зав. лаб. біотехнологій, ІРГ НААН, м. Київ, УКРАЇНА

Самчишина Л. В., к. б. н., пр. н. с. лаб. гідробіології та технологій культивування цінних безхребетних, ІРГ НААН, м. Київ, УКРАЇНА

Стачник М., PhD, відділ іхтіопатології, Національний дослідницький Інститут ветеринарії, м. Пулави, РЕСПУБЛІКА ПОЛЬЩА

Христенко Д. С., к. б.-г. н., с. н. с., ст. н. с. відділу вивчення біоресурсів водосховищ, ІРГ НААН, м. Київ, УКРАЇНА

Бех В. В., д. с.-г. н., професор, зав. кафедри аквакультури, Національний університет біоресурсів і природокористування, м. Київ, УКРАЇНА

Димань Т. М., д. с.-г. н., професор, проректор з освітньої, виховної та міжнародної діяльності, Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква, УКРАЇНА

Зодапе Г. В., д. н., професор, декан факультету зоології, Державний Університет Шиваджи, м. Колхпур, РЕСПУБЛІКА ІНДІЯ

Капуста А., д. н., професор, Національний Дослідницький Інститут рибництва у внутрішніх водах ім. Станіслава Саковича, м. Ольштин, РЕСПУБЛІКА ПОЛЬЩА

Лобойко Ю. В., д. с.-г. н., доцент, зав. кафедри водних біоресурсів та аквакультури, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького, м. Львів, УКРАЇНА

Третяк О. М., д. с.-г. н., с. н. с., заступник директора з наукової роботи, ІРГ НААН, м. Київ, УКРАЇНА

Шекк П. В., д. с.-г. н., професор кафедри водних біоресурсів та аквакультури, Одеський державний екологічний університет, м. Одеса, УКРАЇНА

Ганкевич Б. О., к. с.-г. н., с. н. с. лаб. лососівництва, осетрівництва та технологій відтворення рідкісних та зникаючих видів риб, ІРГ НААН, м. Київ, УКРАЇНА

Гламузіна Б., PhD, професор, кафедра аквакультури, Університет Дубровника, м. Дубровник, РЕСПУБЛІКА ХОРВАТІЯ

Бреус Д. С., к. с.-г. н., доцент кафедри екології та сталого розвитку ім. професора Ю. В. Пилипенка, Херсонський державний аграрний університет, м. Херсон, УКРАЇНА

Костенко О. І., к. с.-г. н., с. н. с., заст. академіка-секретаря Відділення зоотехнії, Національна академія аграрних наук України, м. Київ, УКРАЇНА

Полікар Т., PhD, професор, факультет рибництва та захисту вод, Університет Південної Богемії, м. Чеські Будейовиці, ЧЕСЬКА РЕСПУБЛІКА

Чепіль Л. В., к. с.-г. н., доцент кафедри біології тварин, Національний університет біоресурсів і природокористування, м. Київ, УКРАЇНА

Шарамок Т. С., к. с.-г. н., доцент кафедри загальної біології та водних біоресурсів, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро, УКРАЇНА

НАУКОВІ РЕДАКТОРИ РОЗДІЛІВ (є штатними працівниками ІРГ НААН):

Бернакевич О. М., к. с.-г. н., с. н. с. в.о. директора Львівської дослідної станції ІРГ НААН; Григоренко Т. В., к. с.-г. н., зав. лаб. гідробіології та технологій культивування цінних безхребетних; Дерень О. В., к. с.-г. н., с. н. с., зав. лаб. кормів і годівлі риб; Забітський Ю. М., к. б. н., пр. н. с. Львівської дослідної станції ІРГ НААН; Куріненко Г. А., к. с.-г. н., ст. досл., зав. лаб. селекції риб; Кучерук А. І., к. с.-г. н., зав. лаб. лососівництва, осетрівництва та технологій відтворення рідкісних та зникаючих видів риб;

Маріуца А. Е., к. с.-г. н., с. н. с., зав. лаб. молекулярно-генетичних досліджень.

Редакція журналу «Рибогосподарська наука України»: вул. Обухівська, 135, м. Київ-164, 03164, тел.: +38 (098) 837-7150, <https://fsu.ua/>; e-mail: [fsu\\_journal@gmail.com](mailto:fsu_journal@gmail.com)

Підписано до друку 12.09.2023 р. Формат 70×108/16. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 8,0. Наклад 500 прим.

Журнал друкується за рішенням вченої ради Інституту рибного господарства НААН (Протокол № 9 від 12.09.2023 р.)

Дизайн макету: Колесник Н. Л., Шинкар С. В., Архангельський Є. Ю.

Верстка: Архангельський Є. Ю., Симон М. Ю. Літературне редагування: Швець Т. М. Коректор: Ковальчук Г. В.

Друкарня ТОВ «ПРО ФОРМАТ», 02166, м. Київ, вул. Маршала Жукова, 45 Б, оф. 16, тел.: +38(044) 353-85-58

Has been published since 2007

*Ribogospod. nauka Ukr.*, 2023; 3(65): 1-172

Periodicity – 4 times per year

DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2023.03>

Scientific journal «Fisheries science of Ukraine»

Науковий журнал «Рибогосподарська наука України»

## CONTENTS

## З М І С Т

### BIORESOURCES AND ECOLOGY OF WATER BODIES

### БІОРЕСУРСИ ТА ЕКОЛОГІЯ ВОДОЙМ

*P. Shekk, Yu. Astafurov*

**Wintering of the eastern subtropical freshwater shrimp (*Macrobrachium nipponense* de Haan, 1849) in the conditions of the Dnister River basin**

*П. В. Шекк, Ю. О. Астафуров*

**Зимівля східної субтропічної прісноводної креветки (*Macrobrachium nipponense* de Haan, 1849) в умовах басейну р. Дністер**

3

*L. Dragan, N. Mikhailenko, T. Bersan*

**Assessment of the current hydrochemical state of some fishponds of Kyiv region**

*Л. П. Драган, Н. Г. Михайленко, Т. О. Берсан*

**Оцінка сучасного гідрохімічного стану деяких рибогосподарських ставів Київщини**

20

### TECHNOLOGIES IN AQUACULTURE

### ТЕХНОЛОГІЇ В АКВАКУЛЬТУРІ

*V. Gurbyk, A. Mruk, A. Kucheruk*

**Perspectives of artificial reproduction of the vyrezub (*Rutilus frisii frisii* Nordman, 1840) in Ukraine (a review)**

*В. В. Гурбик, А. І. Мрук, А. І. Кучерук*

**Біологічні особливості та перспективи штучного відтворення вирезуба (*Rutilus frisii frisii* Nordman, 1840) в Україні (огляд)**

34

*O. Kuzmenko, N. Vovk*

**Biological peculiarities of artificial reproduction of sturgeons (*Acipenseriformes*) (a review)**

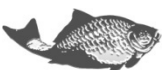
*О. М. Кузьменко, Н. І. Вовк*

**Біологічні особливості штучного відтворення осетроподібних (*Acipenseriformes*) видів риби (огляд)**

57



SELECTION, GENETICS AND BIOTECHNOLOGY	СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ	
A. Mariutsa, I. Hrystyniak, Yu. Glushko, T. Nahorniuk Evaluation of the genetic variability of pedigree stocks of amur carp ( <i>Cyprinus rubrofasciatus</i> Lacépède, 1803)	A. E. Маріуца, І. І. Грициняк, Ю. М. Глушко, Т. А. Нагорнюк Оцінка генетичної мінливості племінних стад амурського сазана ( <i>Cyprinus rubrofasciatus</i> Lacépède, 1803)	86
PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY	ФІЗІОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ	
K. Mashkova, T. Sharamok Histological structure of gills of Prussian carp of the Samara River of the Dnipropetrovsk region	К. А. Машкова, Т. С. Шарамок Гістологічна структура зябер карася сріблястого річки Самара Дніпропетровської області	102
ICHTHYOPATHOLOGY	ІХТІОПАТОЛОГІЯ	
V. Sydorenko, O. Marenkov Peculiarities of ligulosis of bream ( <i>Abramis brama</i> Linnaeus, 1758) and roach ( <i>Rutilus rutilus</i> Linnaeus, 1758) in the Dnipro (Zaporizhzhia) reservoir	В. С. Сидоренко, О. М. Маренков Особливості лігульозу ляща ( <i>Abramis brama</i> Linnaeus, 1758) та плітки ( <i>Rutilus rutilus</i> Linnaeus, 1758) у Дніпровському (Запорізькому) водосховищі	119
YOUNG SCIENTIST PAGE	СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО	
O. Polishchuk, M. Simon Modern aspects of pikeperch ( <i>Sander lucioperca</i> Linnaeus, 1758) aquaculture (a review)	О. М. Поліщук, М. Ю. Симон Сучасні аспекти аквакультури судака ( <i>Sander lucioperca</i> Linnaeus, 1758) (огляд)	134
CRITICISM AND BIBLIOGRAPHY	КРИТИКА І БІБЛІОГРАФІЯ	
I. Hrytsynyak, T. Shvets Black carp ( <i>Mylopharyngodon piceus</i> Richardson, 1846). Thematic bibliography	І. Й. Грициняк, Т. М. Швець Чорний амур ( <i>Mylopharyngodon piceus</i> Richardson, 1846). Тематична бібліографія	157
ANNIVERSARIES	ЮВІЛЕЇ	
A well-known scientist in the field of fisheries and biology of hydrobionts of the northwestern Black Sea — 70 years old	Відомому вченому в галузі рибного господарства та біології гідробіонтів північно-західного Причорномор'я — 70 років	169



# BIORESOURCES AND ECOLOGY OF WATER BODIES / БІОРЕСУРСИ ТА ЕКОЛОГІЯ ВОДОЇМ

Ribogospod. nauka Ukr., 2023; 3(65): 3-19  
DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2023.03.003>  
UDC 574.587:595.3

Received: 15.06.23  
Received in revised form: 10.07.23  
Accepted: 12.08.23

## WINTERING OF THE EASTERN SUBTROPICAL FRESHWATER SHRIMP (*MACROBRACHIUM NIPPONENSE* DE HAAN, 1849) IN THE CONDITIONS OF THE DNISTER RIVER BASIN

**P. Shekk**, shekk@ukr.net, Odesa State  
Ecological University, Odesa  
**Yu. Astafurov**, astafurov.yu@ukr.net,  
Odesa State Ecological University, Odesa

**Purpose.** To study the characteristics of wintering of *Macrobrachium nipponense* in natural conditions of the Lower Dniester basin and experimental assessment of the effect of physical condition, soil composition and type of shelter on the survival of wintering shrimps.

**Methodology.** The results of field and experimental studies conducted in 2018–2020 were used in the study. The locations and conditions of mass wintering of shrimps in natural conditions in the lower reaches of the Dniester River were studied. The abundance of wintering individuals was determined by the method of direct counting and their physical condition was analyzed.

Shrimps were kept in a RAS at the Laboratory of Aquatic Bioresources and Aquaculture of Odesa State Ecological University, where environmental parameters were maintained as close as possible to the conditions of wintering under natural conditions. In chronic experiments, the selectivity and effect of the composition of natural substrates and the thickness of the soil bed on shrimp survival were investigated. The selection and effectiveness of the shrimp's use of above-ground shelters of various natural and anthropogenic origin for shrimp wintering was assessed depending on their physical condition (presence or absence of injuries). Shrimp for experiments

## ЗИМІВЛЯ СХІДНОЇ СУБТРОПІЧНОЇ ПРІСНОВОДНОЇ КРЕВЕТКИ (*MACROBRACHIUM NIPPONENSE* DE HAAN, 1849) В УМОВАХ БАСЕЙНУ Р. ДНІСТЕР

**П. В. Шекк**, shekk@ukr.net, Одеський  
державний екологічний університет  
м. Одеса  
**Ю. О. Астафуров**, astafurov.yu@ukr.net,  
Одеський державний екологічний уні-  
верситет, м. Одеса

**Мета.** Дослідження особливостей зимівлі *Macrobrachium nipponense* в природних умовах басейну нижнього Дністра та експериментальна оцінка впливу на виживання зимуючих особин креветки, їх фізичного стану, складу ґрунтів та типу укриттів.

**Методика.** В ході роботи використовувалися результати польових та експериментальних досліджень, проведених у 2018–2020 рр.

Досліджувалися місця і умови масової зимівлі креветок в природних умовах пониззя ріки Дністер. Методом прямого обліку встановлювали кількість зимуючих особин, аналізували їхній фізичний стан.

У лабораторії водних біоресурсів та аквакультури Одеського державного екологічного університету (ОДЕКУ) креветок утримували в установках замкненого водопостачання (УЗВ), в яких підтримували параметри середовища, максимально наближені до зимівлі в природних умовах. У хронічних експериментах досліджували вибірковість та вплив на виживання креветок складу природних субстратів та товщини ґрунтової подушки при формуванні ложа. Оцінювали вибір та ефективність використання креветками надґрунтових укриттів різного природного та антропогенного походження для зимівлі



were caught in October - November in the lower reaches of the Dniester River and the Dniester estuary.

The location of mass wintering of shrimps was recorded using a GPS navigator.

**Findings.** It was established that shrimp *M. nipponense* in natural conditions of the Lower Dniester river winters in aboveground shelters (of natural and anthropogenic origin) or by burrowing into the soil. The shrimp's choice of aboveground shelters for wintering in natural conditions depended on their physical condition. Injured individuals (lost claws and limbs) preferred easily accessible aboveground shelters (sheaves of grass, flooded snags). Healthy individuals wintered in cracks between plant roots and stones. A significant part of shrimps overwintered in aboveground shelters of anthropogenic origin. The most complex and reliable aboveground shelters of natural origin were occupied by the least damaged shrimp individuals.

More than 59% of shrimps are buried in the soil (soil shelters) for wintering. Healthy individuals prefer sandy soils or soils that contain sand. The highest yield of healthy shrimp overwintering was observed on sandy or sandy-gravel soils with a thicker soil layer.

The depth of burial of shrimp depended on soil composition. It was the maximum in soils consisting of sand, sand-gravel mixture and chernozem or chernozem with inclusions of gravel. The survival of wintering individuals was inversely dependent on the depth of burial.

The maximum yield of uninjured individuals from wintering was observed when they were buried in the soil, the minimum — when using aboveground shelters. The share of surviving injured shrimp in soil shelters decreased in proportion to the severity of the injury. Maximum survival of injured individuals was ensured by wintering in aboveground shelters.

**Originality.** For the first time, the data of field observations on wintering of alien shrimp *M. nipponense* in the conditions of the Lower Dniester basin are presented. Locations and conditions of mass wintering in natural conditions have been established.

As a result of experimental studies, an analysis of the selectivity and effectiveness of the use of soil and aboveground shelters of various natural and anthropogenic origins by shrimp dur-

особин у залежності від їхнього фізичного стану (наявність або відсутність травм). Креветок для експериментів вилловлювали в жовтні-листопаді в пониззі р. Дністер та Дністровському лимані.

Локацію місць масової зимівлі креветок встановлювали за допомогою супутникового GPS-навігатора.

**Результати.** Встановлено, що в природних умовах пониззя р. Дністер креветка *M. nipponense* зимує в надґрунтових укриттях (природного та антропогенного походження), або закопується в ґрунт. Вибір креветками надґрунтових укриттів для зимівлі в природних умовах залежить від їхнього фізичного стану. Травмовані особини (втрачені клешні та кінцівки) віддавали перевагу легкодоступним надґрунтовим укриттям (снопам трави, затопленим корчам). Здорові особини зимували в щілинах між корінням. Значна частина креветок зимувала в надґрунтових укриттях антропогенного походження. Найбільш складні та надійні надґрунтові укриття природного та антропогенного походження займали найменше пошкоджені особини креветки.

Понад 59% креветок закопується на зимівлю в ґрунт (ґрунтові укриття). Здорові особини віддавали перевагу піщаним ґрунтам або таким, до складу яких входив пісок. Найвищий вихід (від 80 до 95%) з зимівлі здорових креветок спостерігався на піщаних або піщано-гравійних ґрунтах при наявності більш товстого шару ґрунту.

Глибина закопування креветок залежала від складу ґрунту. Максимальною вона була в ґрунтах, які склалися з піску, піщано-гравійної суміші та чорнозему або чорнозему з включеннями гравію. Виживання зимуючих особин знаходилося у зворотній залежності від глибини закопування.

Максимальний вихід нетравмованих особин із зимівлі спостерігався при закопуванні в ґрунт, мінімальний — при використанні надґрунтових укриттів. Частка травмованих креветок, які вижили в ґрунтових укриттях, зменшувалась пропорційно силі травмування. Максимальне виживання травмованих особин забезпечувала зимівля в надґрунтових укриттях.

**Наукова новизна.** Вперше представлено дані польових спостережень за зимівлею вселенця — креветки *M. nipponense* в умовах басейну нижнього Дністра. Встановлені місця та умови масової зимівлі в природних умовах.



ing wintering, their selectivity depending on the physical condition of wintering individuals (presence or absence of injuries) is given.

**Practical value.** In the conditions of progressive climatic changes, one of the urgent tasks is the acclimatization of promising objects of aquaculture in new natural ecosystems. The obtained results can be used for the development of methods of anthropogenic reproduction and controlled cultivation of shrimp *M. nipponense* in aquaculture in the south of Ukraine.

**Key words:** Dniester River, *Macrobrachium nipponense*, wintering, aboveground shelters, ground shelters, physical condition of individuals, survival.

## PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LATEST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

The shrimp *Macrobrachium nipponense* is a subtropical species common in freshwater and brackish water ecosystems. Due to its large size and excellent nutritional qualities, it is an important object of fishery and aquaculture.

Cultivation of *M. nipponense* is rapidly developing in regions with a tropical and subtropical climate [1, 2, 3, 4, 5]. Recently, the geography of *M. nipponense* has been significantly expanding [5, 6, 7, 8, 9, 10], which is connected with the use of warm waste water of thermal power plants (TPP) and recirculation aquaculture systems (RAS) for growing shrimp [11, 12, 13, 14, 15].

In the conditions of progressive climate changes, one of the urgent tasks of aquaculture is the anthropogenic restoration of natural populations of valuable aquatic organisms within the natural range and their acclimatization in new natural ecosystems. This trend of aquaculture demonstrates its high efficiency for many valuable species

У результаті експериментальних досліджень проаналізовано вибірковість та ефективність використання креветкою в період зимівлі ґрунтових та надґрунтових укриттів різного походження, їхню вибірковість у залежності від фізичного стану зимуючих особин (наявність або відсутність травм).

**Практична значимість.** В умовах кліматичних змін, що прогресують, одним із актуальних завдань є акліматизація перспективних об'єктів аквакультури в нових природних екосистемах. Отримані результати можуть бути використані для розробки методів штучного відтворення та контролюваного вирощування креветки *M. nipponense* в аквакультурі півдня України.

**Ключові слова:** ріка Дністер, креветка *Macrobrachium nipponense*, зимівля, надґрунтові та ґрунтові укриття, фізичний стан особин, виживання.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Креветка *Macrobrachium nipponense* — субтропічний вид, поширений в прісноводних та солонуватоводних екосистемах. Завдяки значним розмірам і чудовим харчовим якостям вона є важливим об'єктом промислу та аквакультури.

Культивування *M. nipponense* швидко розвивається в регіонах з тропічним та субтропічним кліматом [1–5]. Останнім часом географія *M. nipponense* суттєво розширюється [5–10], що пов'язано з використанням для вирощування креветки теплих скидних вод теплових електростанцій (ТЕС) та установок із замкненим циклом водообміну (УЗВ) [11–15].

В умовах прогресуючих кліматичних змін, одним із актуальних завдань аквакультури є штучне відновлення природних популяцій цінних гідробіонтів у межах природного ареалу та їхня акліматизація в нових природних екосистемах. Цей напрямок аквакультури демонструє свою високу ефективність



of fish and invertebrates such as decapods [14, 15, 16, 17, 18, 19].

Acclimatization of *M. nipponense* in the Dniester River basin created the prerequisites for the naturalization of the species and the formation of a natural population of subtropical shrimp in the Dniester River delta and the upper reaches of the Dniester estuary [5, 6, 10, 20].

Much material has been accumulated on the anatomy, morphology, physiology and behavior of *M. nipponense* in anthropogenic and natural conditions [4, 7, 8, 9, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27], but there is no work, which would describe the process of wintering of this species in natural conditions of the Dniester River basin.

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

Prospects for the development of commercial harvest and aquaculture of *M. nipponense* in the conditions of the Lower Dniester River require a thorough study of its ecological and biological features and productive characteristics in the conditions of its introduction range.

Taking into account the subtropical origin of this species, it is important to study the conditions and locations of wintering in the natural water areas of the introduction range. This component of the biology of *M. nipponense* has practically not been studied, at the same time, understanding of the possibility of further use of the object for domestic commercial harvest, propagation and cultivation depends precisely on this information. The availability of data on the locations and wintering conditions of subtropical shrimp in the lower Dniester and the Dniester estuary allows assessing the prospects for its further distribution in waters of the northwestern Black Sea coast and other aquatic ecosystems of Ukraine under conditions of climate change.

для багатьох цінних видів риб та безхребетних – десятиногих ракоподібних [14–19].

Акліматизація *M. nipponense* в басейні р. Дністер створила передумови для натуралізації виду та формування природної популяції субтропічної креветки в дельті ріки Дністер та верхів'ях Дністровського лиману [5, 6, 10, 20].

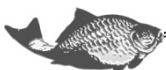
Накопичено значний обсяг матеріалу з анатомії, морфології, фізіології та поведінки *M. nipponense* в штучних і природних умовах [4, 7–9, 14, 15, 21–27], але немає жодної роботи, яка б описувала процес зимівлі вселенця в природних умовах басейну р. Дністер.

#### ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ МЕТА РОБОТИ

Перспективи розвитку промислу та аквакультури *M. nipponense* в умовах пониззя р. Дністер вимагають ретельного дослідження її еколого-біологічних особливостей та рибогосподарських характеристик в умовах ареалу вселення.

Враховуючи субтропічне походження акліматизанта, важливим є питанням вивчення умов та місць зимівлі в природних акваторіях ареалу вселення. Ця складова біології *M. nipponense* практично не досліджувалась; разом з тим, саме від цієї інформації залежить розуміння можливості подальшого використання об'єкта для вітчизняного промислу, відтворення та вирощування. Наявність даних щодо місць та умов зимівлі субтропічної креветки в пониззі Дністра та Дністровському лимані дозволяє оцінити перспективи її подальшого розповсюдження у водоймах північно-західного Причорномор'я та інших водних екосистемах України в умовах кліматичних змін.

Метою роботи було дослідження особливостей зимівлі *Macrobrachium*





The aim of the work was to study the characteristics of *M. nipponense* wintering in the natural conditions of the Lower Dniester River basin and to experimentally assess the effect of the physical condition, bottom soil composition and type of aboveground shelters on the survival of wintering shrimps.

The object of the study is the shrimp *M. nipponense* from the natural population, which was formed in the Lower Dniester River.

The subject of the study is the locations and conditions of wintering in natural water areas, the choice of shelters, the survival of shrimp depending on the nature of the bottom soil, the type of shelter and the physical condition of wintering individuals.

## MATERIALS AND METHODS

Field observations of wintering freshwater shrimp *M. nipponense* in natural conditions in the Lower Dniester and Turunchuk rivers were conducted in 2018–2020. Experimental studies were conducted in the Aquarian Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of Odesa State Ecological University using shrimps taken from their natural population.

To determine the locations and conditions of shrimp wintering, we surveyed natural water areas in the Lower Dniester and Turunchuk rivers. Wintering conditions were recorded (water temperature and transparency, current speed, soil composition, type of shelters, etc.). The abundance of wintering individuals and their physical condition were determined by the method of direct counting.

In laboratory conditions, the shrimp were kept in a RAS of the original design, in which the environmental parameters were maintained as close as possible to wintering in the natural conditions of the river.

In chronic experiments, the selectivi-

*nipponense* в природних умовах басейну нижнього Дністра, та експериментальна оцінка впливу на виживання зимуючих особин креветки, їх фізичного стану, складу донних ґрунтів та типу надґрунтових укриттів.

Об'єкт дослідження — креветка *M. nipponense* з природної популяції, яка сформувалася в пониззі р. Дністер.

Предмет дослідження — місця та умови зимівлі в природних акваторіях, вибір укриттів, виживання креветки в залежності від характеру ґрунтів дна, типу укриття та фізичного стану зимуючих особин.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Польові спостереження за зимівлею прісноводної креветки *M. nipponense* в природних умовах пониззя рік Дністер та Турунчук проводились в 2018–2020 рр. Експериментальні дослідження здійснювали в акваріальній кафедрі водних біоресурсів та аквакультури ОДЕКУ на креветках, вилучених з природної популяції.

Для визначення місць і умов зимівлі креветок обстежували природні акваторії в пониззі рік Дністер та Турунчук. Фіксували умови зимівлі (температуру та прозорість вод, швидкість течії, склад ґрунтів, вид укриттів тощо). Методом прямого обліку встановлювали кількість зимуючих особин та їхній фізичний стан.

У лабораторних умовах креветок утримували в УЗВ оригінальної конструкції, в яких підтримували параметри середовища, максимально наближені до зимівлі в природних умовах ріки.

У хронічних експериментах досліджували вибірковість та вплив на виживання креветок різних за скла-



ty and effect of the composition of natural substrates and the thickness of the soil bed on shrimp survival were investigated. The selection and effectiveness of the shrimp's use of above-ground shelters of various natural and anthropogenic origin for shrimp wintering was assessed depending on their physical condition (presence or absence of injuries).

Shrimps for experiments were caught in October — November with the help of dip nets and special traps in various water areas of the Lower Dniester River and the Dniester estuary. The selected individuals were delivered to the Aquarian Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture of Odesa State Ecological University and kept during the winter in experimental recirculation aquaculture systems, where environmental conditions were maintained as close as possible to natural ones during this period. The species identification to the shrimp was performed with the help of the appropriate identification keys [9].

The locations of mass wintering of shrimps were registered using a GPS navigator. Statistical processing of data was carried out in MS Excel.

## STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

A survey of the river bottom showed more than 1,000 wintering places of the shrimp *M. nipponense* on an area of more than 800 m<sup>2</sup>. The main ones were located in the coastal, shallow stretch of the river (up to a depth of 1.5–2.5 m) with a relatively slow current according to the coordinates: Dniester estuary - 46.209301, 30.774211; Dniester River (Mayaki village) - 46.411363, 30.261390; Karagol Bay - 46.327147, 30.326624; Turunchuk River - 46.445972, 30.206976; Hlyboky Turunchuk River e - 46.373239, 30.252123; Mertvyi Turunchuk River - 46.398180, 30.249746; Bile Lake - 46.447324, 30.187776. They practically

дом та товщиною ґрунтових подушок, які використовувались для формування ложа дна; вибір та ефективність використання креветкою надґрунтових укриттів різного природного та антропогенного походження для зимівлі особин у залежності від їхнього фізичного стану (наявність або відсутність травм).

Креветок для експериментів вилучували в жовтні–листопаді за допомогою сачків та спеціальних пасток в різних акваторіях пониззя р. Дністер та Дністровського лиману. Відібраних особин доставляли до акваріальної ОДЕКУ і утримували протягом зими в експериментальних рециркуляційних установках, де підтримувались умови середовища, максимально наближені до природних в цей період. Видову приналежність креветок визначали за допомогою відповідного довідника [9].

Локацію місць масової зимівлі креветок встановлювали за допомогою супутникового GPS-навігатора. Статистичну обробку даних проводили за допомогою програми «Microsoft Excel».

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У результаті обстеження дна ріки, на площі понад 800 м<sup>2</sup> було встановлено понад 1000 місць зимівлі креветки *M. nipponense*. Основні з них розміщувались в прибережній, мілководній смузі ріки (до глибини 1,5–2,5 м) з відносно повільною течією за координатами: Дністровський лиман — 46.209301, 30.774211; р. Дністер (с. Маяки) — 46.411363, 30.261390; Карагольська затока — 46.327147, 30.326624; р. Турунчук — 46.445972, 30.206976; р. Глибокий Турунчук — 46.373239, 30.252123; р. Мертвий Турунчук — 46.398180, 30.249746; оз. Біле — 46.447324, 30.187776. Вони практично



coincided with the places of the greatest concentration of shrimps in other seasons of the year.

The abundance of shrimps, which wintered in aboveground and soil shelters, was approximately the same (43–48 and 52–55%, respectively). The temperature of the river waters in the places where the shrimp wintered ranged within 4.2–0.8°C, the transparency - from 0.6 to 1.1 m. The length of wintering individuals varied from 3.5 to 13.5 cm. The modal group (67% of the wintering individuals) had a length of 9.7±0.5 cm.

The most common aboveground shelters of natural origin were: flooded snags, plant roots, flooded grass, cracks between stones. Aboveground shelters of anthropogenic origin included: car tires, plastic containers, bags and other garbage.

The frequency of shrimp use of aboveground shelters of different types of natural origin in river conditions during wintering depended on their physical condition. More than 45% of shrimps (injured and not injured) wintered in cracks between stones and soil, up to 27% of shrimps chose the root system of higher plants for wintering, flooded snags and sheaves of flooded grass were chosen for wintering by 17–18% and 11–13% of shrimps, respectively (Fig. 1).

Individuals with damages (absence of claws) chose the least protected but easily accessible shelters flooded snags and bundles of flooded grass). Uninjured shrimps used hard-to-reach but more protected shelters (cracks between stones, plant root systems, etc.) for wintering.

A significant part of the wintering shrimps were individuals, which used aboveground shelters of anthropogenic origin for wintering. Car tires were chosen by 77% of individuals, plastic containers – 11%, plastic bags – 4%, other plastic garbage – 8% (Fig. 2).

As with wintering in shelters of natu-

співпадали з місцями найбільшої концентрації креветок в інші сезони року.

Кількість креветок які зимували в надґрунтових та ґрунтових укриттях була приблизно однаковою (43–48 та 52–55% відповідно). Температура річкових вод в місцях, де зимували креветки, коливалась в межах 0,8–4,2°C, прозорість — від 0,6 до 1,1 м. Довжина зимуючих особин змінювалась від 3,5 до 13,5 см. Модальна група (67% зимуючих особин) мала довжину 9,7±0,5 см.

Найпоширенішими надґрунтовими укриттями природного походження були затоплені корчі, коріння рослин, затоплена трава, щілини між камінням. Надґрунтові укриття антропогенного походження включали: автомобільні покришки, пластикову тару, пакети та інше сміття.

Частота використання креветкою під час зимівлі надґрунтових укриттів природного походження різного типу в умовах ріки, залежала від їхнього фізичного стану. Понад 45% креветок (травмованих та нетравмованих) зимувало в щілинах між камінням і ґрунтом, до 27% обирало для зимівлі кореневу систему вищих рослин; затоплені корчі та снопи затопленої трави обирало для зимівлі відповідно 17–18% і 11–13% креветок (рис. 1).

Особини, які мали uszkodження (відсутність клешень), обирали найменш захищені, але легкодоступні укриття (затоплені корчі та снопи затопленої трави) Нетравмовані креветки використовували для зимівлі важкодоступні, але більш захищені укриття (щілини між камінням, кореневу систему рослин тощо).

Значну частину зимуючих креветок склали особини, які використовували для зимівлі надґрунтові укриття антропогенного походження. Автомобільні покришки обирало 77% особин, пластикову тару — 11%, пластикові пакети — 4%, інше пластикове сміття — 8% (рис. 2).



WINTERING OF THE EASTERN SUBTROPICAL FRESHWATER SHRIMP (*MACROBRACHIUM NIPPONENSE* DE HAAN, 1849) IN THE CONDITIONS OF THE DNISTER RIVER BASIN

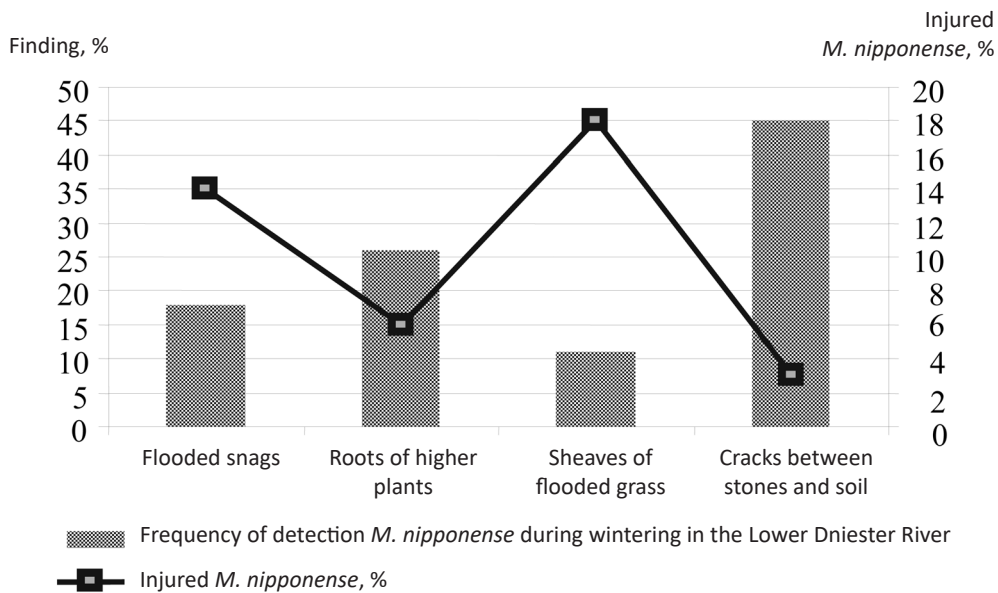


Fig. 1. Findings of *M. nipponense* during wintering in the Lower Dniester River basin in aboveground shelters of natural origin

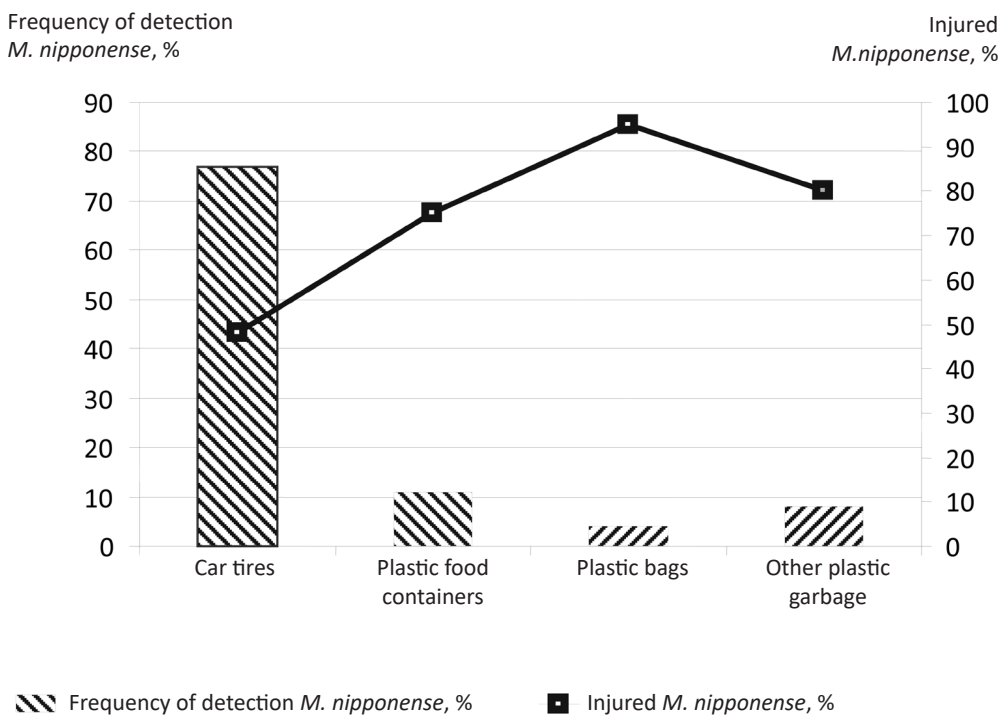


Fig. 2. Findings of *M. nipponense* during wintering in the Lower Dniester River basin in aboveground shelters of anthropogenic origin



ral origin, injured shrimp used less reliable but more accessible anthropogenic shelters (plastic containers, bags and other garbage).

The results of the study indicate the adaptation and unpretentiousness of shrimps in the selection of various substrates of anthropogenic origin in the Lower Dniester basin as shelters for wintering.

A significant share of the shrimps (more than 59%) was buried in the soil (soil shelters) for the winter. The mechanisms of burying in the soil as well as the advantages when choosing certain soil substrates during the wintering period were studied experimentally.

It was found that the vast majority of *M. nipponense* individuals, which were buried in the soil, had approximately the same typical body position (Fig. 3).

Shrimps were placed in the soil at different angles (in most cases – 45°), their whiskers were located in the upper part of the soil bed, and the tail part (telson) in the lower part.

To determine the advantages of *M. nipponense* when choosing the substrate of the soil bed for wintering, the experiment used soil mixtures of different composition, which were similar to natural

Як і при зимівлі в укриттях природного походження, травмовані креветки використовували менш надійні, але більш доступні антропогенні укриття (пластикову тару, пакети та інше сміття).

Результати досліджень свідчать про адаптацію та невибагливість креветок щодо вибору в якості укриттів для зимівлі різноманітних субстратів антропогенного походження в басейні нижнього Дністра.

Значна частина креветок (понад 59%) закопувалася на зимівлю в ґрунт (ґрунтові укриття). Механізми закопування в ґрунт, а також переваги при виборі тих чи інших ґрунтових субстратів у період зимівлі досліджувались експериментально.

Встановлено, що переважна більшість особин *M. nipponense*, які закопувались в ґрунт, мала приблизно однакове, характерне положення тіла (рис. 3).

Ракоподібні розміщувались у ґрунті під різним кутом (у більшості випадків — 45°), їхні вуса знаходились у верхній частині ґрунтової подушки, а хвостова частина (тельсон) в нижній.

Для визначення переваг *M. nipponense* при виборі субстрату ґрунтової подушки для зимівлі в експерименті використовували ґрунтові суміші різного складу, які були подібні природ-



Fig. 3. The common geometry of the body of *M. nipponense* in the soil bed (0 — the position of the body in the soil; 1 — whisker direction vector; 2 — telson direction vector; 3 — the upper part of the soil bed; 4 — the lower part of the soil bed)



substrates in places of mass wintering of shrimps (Table 1).

It was found that healthy (without defects) shrimps always preferred sandy soils – mixture No. 10 or those containing sand – mixtures No. 5, 6, 7 during the wintering period (Fig. 4).

The more shrimp were buried in the soil, the higher was the percentage of their sur-

нім субстратам в місцях масової зимівлі креветок (табл. 1).

Встановлено, що здорові (без вад) особини креветки в період зимівлі завжди віддавали перевагу піщаним ґрунтам — суміш № 10, або таким, до складу яких входив пісок, — суміші № 5, 6, 7 (рис. 4).

Чим більше креветок закопувалось в

Table 1. Composition of soil beds used in experimental installations during the wintering period of the shrimp *M. nipponense*

Composition of the soil bed	Soil composition, №
Clay (±) 90%, rubble (±) 10%	№1
Clay (±) 60%, rubble (±) 40%, Sand (±) 10%	№2
Chernozem (±) 90%, rubble (±) 10%	№3
Chernozem (±) 60%, rubble (±) 40%	№4
Sand (±) 90%, rubble (±) 10%	№5
Sand (±) 60%, rubble (±) 40%	№6
Sand (±) 50%, rubble (±) 30, clay (±) 20%	№7
Clay (±) 100%	№8
Chernozem (±) 100%	№9
Sand (±) 100%	№10
Rubble (±) 100%	№11

Number of individuals buried in the soil, %

Survival of *M. nipponense* during wintering, %

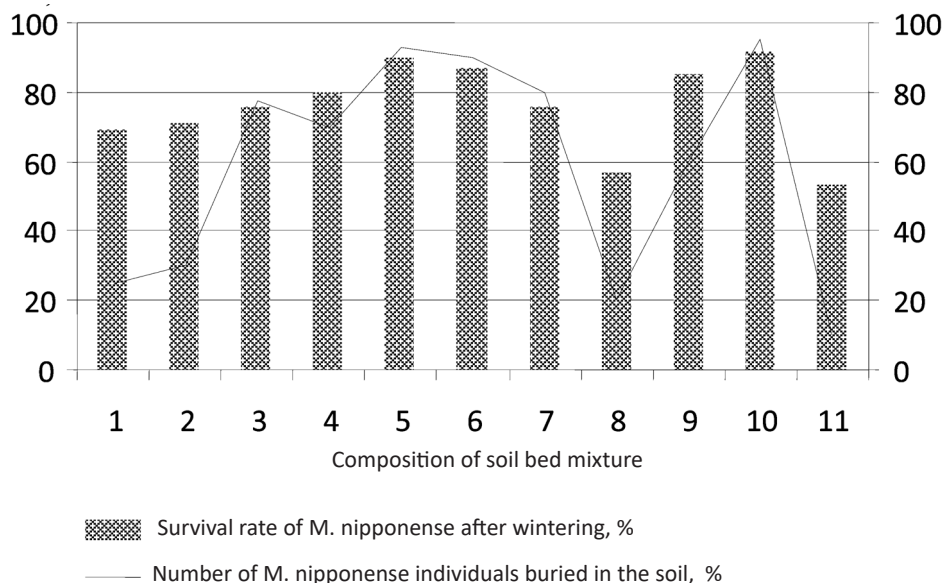


Fig. 4. Selection of soil for wintering and the effect of soil bed on the survival of *M. nipponense*



vival during the wintering period ( $r=0.926$ ).

Regardless of soil composition, there was a tendency ( $t_{st} = 0.685$ ) to increase the survival of healthy individuals of *M. nipponense* in the presence of a thicker soil layer at the bottom of tanks (Fig. 5).

The composition of the soil bed affected the depth of burial of *M. nipponense* during wintering (Fig. 6). Shrimps were buried to the maximum depth in the soil, which consisted of sand, sand-gravel mixture, and chernozem, or chernozem with gravel inclusions. At the same time, the survival of wintering individuals was inversely dependent on the depth of burial, the shallower the shrimp were buried, the higher was the percentage of survival of wintering individuals ( $r = 0.897$ ).

Approximately half (45–47%) of shrimps did not burrow into the soil but used aboveground shelters for wintering. In order to find out the effect of the physical condition of shrimps on the choice of the type of shelter (aboveground or soil) and survival during the wintering period,

грунт, там вище був відсоток їх виживання в період зимівлі ( $r = 0,926$ ).

Незалежно від складу ґрунтів, спостерігалась тенденція ( $t_{st} = 0,685$ ) до збільшення виживання здорових особин *M. nipponense* за наявності більш товстого шару ґрунту на дні басейнів (рис. 5).

Склад ґрунтової подушки впливав на глибину закопування *M. nipponense* під час зимівлі (рис. 6). На максимальну глибину креветки заковувались в ґрунт, який складався з піску, піщано-гравійної суміші та чорнозему або чорнозему із включеннями гравію. Разом з тим, виживання зимуючих особин знаходилось в зворотній залежності від глибини закопування: чим на меншу глибину заковувались креветки, тим вищим був відсоток виживання зимуючих особин ( $r = 0,897$ ).

Приблизно половина (45–47%) креветок не заковувалась у ґрунт, а використовувала для зимівлі надґрунтові укриття. Для з'ясування питання впливу фізичного стану креветок на вибір типу укриття

Survival rate of *M. nipponense* during wintering, %

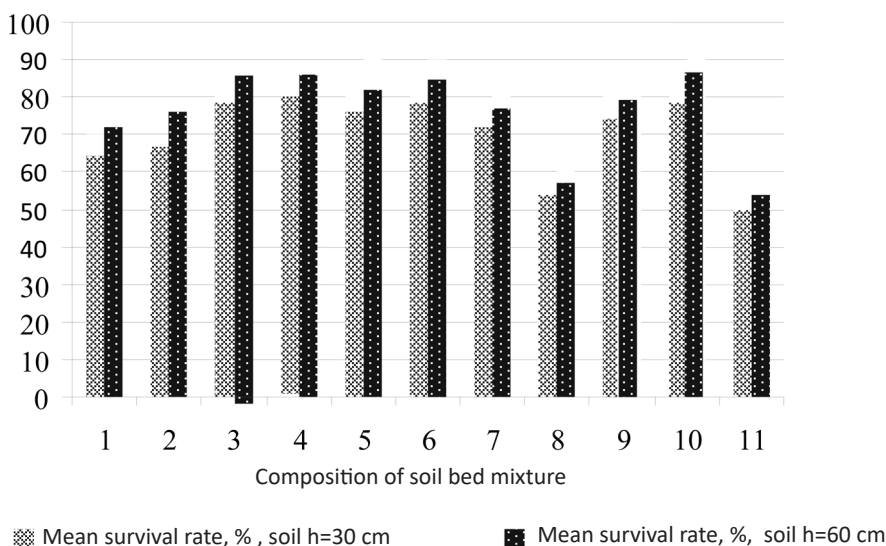


Fig. 5. Dependence of the survival of *M. nipponense* during the wintering period on the height of the soil bed



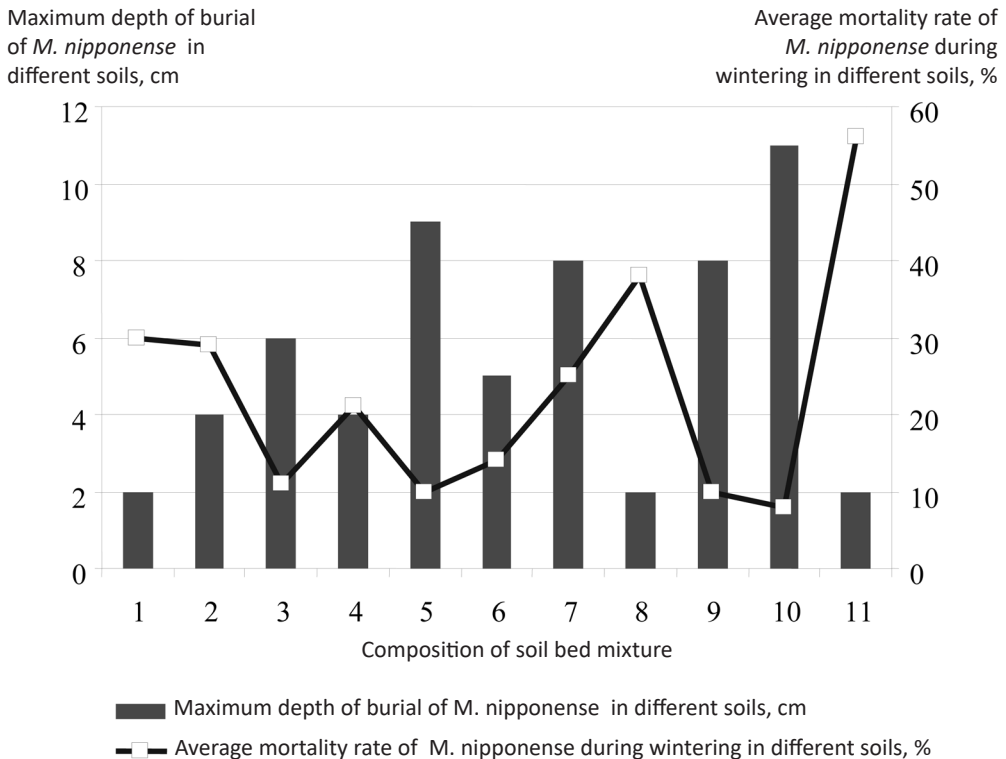


Fig. 6. Effect of the soil bed composition on the depth of burial of *M. nipponense* during wintering

we studied a group, which consisted of individuals without physical defects, those who lacked one claw, and both claws at a ratio of 1:1:1. It was found that injured *M. nipponense* preferred aboveground shelters, while non-injured ones, on the contrary, preferred to spend winter buried in the bottom soil (Fig. 7).

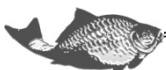
The maximum yield of uninjured individuals from wintering (76%) was observed when they were buried in the soil. Only up to 26% of uninjured individuals survived in aboveground shelters of various types.

The share of injured shrimps, which survived in soil shelters, decreased in proportion to the severity of their injury (from 41 to 3%). Aboveground shelters provided a higher survival rate (from 62 to 97%) of injured shrimps.

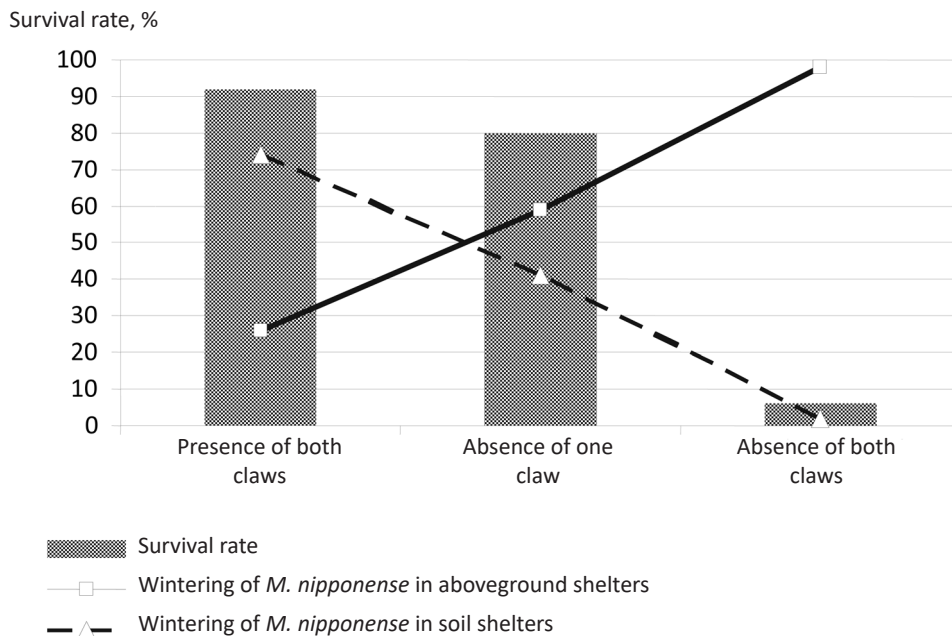
(надґрунтове або ґрунтове) та виживання в період зимівлі, досліджували групу, яка у співвідношенні 1:1:1 складалась з особи́ни без фізичних вад, таких, у яких були відсутні одна клешня та обидві клешні. Встановлено, що травмовані *M. nipponense* віддають перевагу надґрунтовим укриттям, а нетравмовані, навпаки, воліють провести зимівлю, закопавшись в ґрунт дна (рис. 7).

Максимальний вихід нетравмованих особин із зимівлі (76%) спостерігався при накопуванні в ґрунт. У надґрунтових укриттях різного типу виживало лише до 26% нетравмованих особин.

Частка травмованих креветок, які вижили в ґрунтових укриттях, зменшувалась пропорційно силі травмування (з 41 до 3%). Надґрунтові укриття забезпечували вищий відсоток виживання (від 62 до 97%) травмованих особин креветки.







**Fig. 7. The choice of the type of shelter of *M. nipponense* depending on the presence of injury and survival rate during wintering**

### CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

In the Lower Dniester and Turunchuk rivers, *M. nipponense* winters in aboveground shelters or by burrowing into the bottom soil.

The choice of aboveground shelters for wintering depends on the physical condition of the shrimp. Injured individuals (lost claws) prefer easily accessible aboveground shelters (sheaves of grass, flooded snags). Individuals without defects hide in cracks between plant roots and stones.

A significant part of shrimps winters in aboveground shelters of anthropogenic origin.

More than 59% of shrimps are buried in the soil wintering. Individuals without defects prefer sandy soils or soils that contain sand. The depth of burial of shrimp depends on the composition of the soil and the survival rate of wintering individuals is

### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

У пониззі рік Дністер і Турунчук креветка *M. nipponense* зимує в надгрунтових укриттях, або закопується у ґрунт дна.

Вибір для зимівлі надгрунтових укриттів залежить від фізичного стану креветок. Травмовані особини (втрачені клешні) віддають перевагу легкодоступним надгрунтовим укриттям (снопам трави, затопленим корчам). Особини без вад ховаються в щілинах між корінням рослин та камінням.

Значна частина креветок зимує в надгрунтових укриттях антропогенного походження.

Понад 59% креветок закопується на зимівлю в ґрунт. Особини без вад віддавали перевагу піщаним ґрунтам або таким, до складу яких входив пісок. Глибина закопування креветок залежала від складу ґрунту, а виживання зимуючих особин знаходилося у зворотній



inversely dependent on the depth of burial.

In the process of wintering, injured individuals prefer aboveground shelters, while uninjured ones - bury themselves in the soil. The survival rate of injured shrimp in soil shelters decreased in proportion to the severity of the injury. Maximum survival of injured individuals is ensured by wintering in aboveground shelters.

Taking into account the perspective of using *M. nipponense* in the aquaculture of southern Ukraine, we believe that further studies should be aimed at developing methods to keep these shrimps in artificial conditions during winter, capable of ensuring a high yield of individuals of various ages and physical conditions after wintering.

## REFERENCES

1. Salman, S. D., et al. (2006). The invasion of *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) (Caridea: Palaemonidae) into the Southern Iraqi marshes. *Aquat Invasions*, 1, 109-115.
2. Shekk, P., & Astafurov, Yu. (2017). Acclimation and ways of spreading the Eastern freshwater shrimp *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) as valuable and economically profitable foodstuff. *8-th Science Assembly Meeting Network of aquaculture centers in Central and Eastern Europe (NACEE)*. Daugavpils, 46-48
3. Cai, Y., & Shokita, S. (2006). Report on a collection of freshwater shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) from the Philippines, with descriptions of four new species. *Raffles B Zool.*, 54, 245-270.
4. De Grave, S., & Ghane, A. (2006). The establishment of the oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) in Anzali Lagoon. *Iran. Aquat Invasions*, 1, 204-208.
5. Feng, J. B., Li, J. L., & Cheng, X. (2008). Research progress on germplasm re-

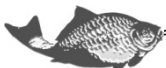
залежності від глибини закопування.

У процесі зимівлі травмовані особини віддають перевагу надгрунтовим укриттям, а нетравмовані — закопуються в ґрунт. Виживання травмованих креветок в ґрунтових укриттях зменшувалось пропорційно силі травмування. Максимальне виживання травмованих особин забезпечує зимівля в надгрунтових укриттях.

Зважаючи на перспективність використання креветки *M. nipponense* в аквакультурі півдня України, вважаємо, що подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку методів зимівлі креветки в штучних умовах, здатних забезпечити високий вихід зимуючих особин різного віку і фізичного стану.

## ЛІТЕРАТУРА

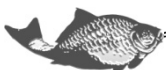
1. The invasion of *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) (Caridea: Palaemonidae) into the Southern Iraqi marshes / Salman S. D. et al. // *Aquat Invasions*. 2006. Vol. 1. P. 109—115.
2. Shekk P., Astafurov Yu. Acclimation and ways of spreading the Eastern freshwater shrimp *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) as valuable and economically profitable foodstuff // 8-th Science Assembly Meeting Network of aquaculture centers in Central and Eastern Europe (NACEE). Daugavpils, 2017. P. 46—48
3. Cai Y., Shokita S. Report on a collection of freshwater shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) from the Philippines, with descriptions of four new species // *Raffles B Zool*. 2006. Vol. 54. P. 245—270.
4. De Grave S., Ghane A. The establishment of the oriental river prawn, *Macrobrachium nipponense* (de Haan, 1849) in Anzali Lagoon, Iran // *Aquat Invasions*. 2006. Vol. 1. P. 204—208.
5. Feng J. B., Li J. L., Cheng X. Research progress on germplasm re-



- source exploitation and protection of *Macrobrachium nipponense*. *J Shanghai Fish Univ.*, 17, 371-376.
6. Vladymyrov, M. Z. (1989). Vostochnaia rechnaia krevetka (*Macrobrachium nipponense* De Haan) - novyi element hydrofauny Kuchurhanskoho vodokhranylyshcha. *Yzvestyia AN MSSR*, 1, 77-78.
  7. Fylypenko, S. Y. (2014). O poiavleny presnovodnoi vostochnoi krevetky *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) v Dnestre. *Academy of sciences of Moldova: International Symposium anniversary of Professor Andrei Munteanu: proceed.* Chişinău, 206-207.
  8. Kulesh, V. F. (1985). Perspektyvy vyrashchivanyia subtropicheskoi krevetky *Macrobrachium nipponense* (De Haan) v vodoemakh-okhladyteliakh TES. *Byolohycheskye resursy vodoemov v uslovyakh antropogennoho vozdeistviya*. Kiev: Naukova dumka, 34-36.
  9. Suprunovych, A. V., & Makarov, Yu. N. (1990). *Kul'tyvyruemye bespozvonochnye. Pyshchevye bespozvonochnye: ustrytsy, hrebeshky, raky y krevetky*. Kiev: Naukova dumka.
  10. Makarov, Yu. N. (2004). *Desiatynohye rakoobraznye*. Kiev: Naukova dumka.
  11. Mamontov, H. A. (2006). *Presnovodnye krevetky*. *Zoolohyia*. Kiev: VPTU, 20, 12-19.
  12. Stepanok, N. A. (2014). Vostochnaia rechnaia krevetka roda *Macrobrachium* v nyzove Dnestra. *Hydrobyolohycheskyi zhurnal*, 50, 2, 117-120.
  13. Shekk, P. V. (2018). Perspektyvy rozvytyia akvakultury vysshyykh rakoobraznykh. *Suchasni problemy ratsionalnoho vykorystannia vodnykh bioresursiv: I Mizhnar. nauk.-prakt. konf., Kyiv 15-17 trav. 2018 r.: zbirnyk mater.* Kyiv, 12-15.
  14. Shekk, P. V., & Astafurov, Yu. O. (2019). Mozhlyvict kul'tyvuvannia skhidnoi subtropichnoi prsnovodnoi resource exploitation and protection of *Macrobrachium nipponense* // *J Shanghai Fish Univ.* 2008. Vol. 17. P. 371—376.
  6. Владимиров М. З. Восточная речная креветка (*Macrobrachium nipponense* De Haan) — новый элемент гидрофауны Кучурганского водохранилища // *Известия АН МССР.* 1989. № 1. С. 77—78.
  7. Филипенко С. И. О появлении пресноводной восточной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) в Днестре // *Academy of sciences of Moldova : International Symposium anniversary of Professor Andrei Munteanu : proceed.* Chişinău, 2014. P. 206—207.
  8. Кулеш В. Ф. Перспективы выращивания субтропической креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan) в водоемах-охладителях ТЭС // *Биологические ресурсы водоемов в условиях антропогенного воздействия.* Киев : Наукова думка, 1985. С. 34—36.
  9. Супрунович А. В., Макаров Ю. Н. Культивируемые беспозвоночные. Пищевые беспозвоночные: устрицы, гребешки, раки и креветки. Киев : Наукова думка, 1990. 261 с.
  10. Макаров Ю. Н. Десятиногие ракообразные. Киев : Наукова думка, 2004. 430 с. (Фауна Украины ; т. 26, вып. 1/2).
  11. Мамонтов Г. А. Пресноводные креветки // *Зоология.* Киев : ВПТУ, 2006. № 20. С. 12—19.
  12. Степанок Н. А. Восточная речная креветка рода *Macrobrachium* в низовье Днестра // *Гидробиологический журнал.* 2014. Т. 50, № 2. С. 117—120.
  13. Шекк П. В. Перспективы развития аквакультуры высших ракообразных // *Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів : I Міжнар. наук.-практ. конф., Київ 15-*



- krevetky *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) v umovakh nyzhnoho Dnistra. *Suchasni problemy teoretychnoi ta praktychnoi ikhtiologii: XII Mizhnar. ikhtiol. nauk.-prakt. konf.: mater.* Dni-pro, 232-235.
15. Kulesh, V. F. (1982). Lychynochnyi rost subtropycheskoi presnovodnoi krevetky *Macrobrachium nipponense* (De Haan) v uslovyakh vodoema-okhladytelia Berezovskoi HRES. *Vestsi AN BSSR, 1*, 100-110.
16. Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2002). *Recirculation Aquaculture*. USA: Cayuga Aqua Ventures. (NRAC Publication ; No. 01-007).
17. Turanov, V. F. (2003). Razvedeniye y vyrashchyvaniye presnovodnoi krevetky *Macrobrachium rosenbergii* na Yuhe Ukrainy. *Rybne hospodarstvo Ukrainy, 3, 4* (26, 27), 47-48.
18. Beal, B. F., & Protopopescu, G. C. (2012). Ocean-based nurseries for cultured lobster (*Homarus americanus* Milne Edwards) postlarvae: field experiments off the coast of eastern maine to examine effects of flow and container size on growth and survival. *Journal of Shellfish Research, 31* (1), 177-193.
19. Stevens, B. (Ed.). (2014). *King Crabs of the World: Biology and Fisheries Management*. [S. 1.]: CRC Press, 2014. 636 p.
20. Wickins, J. F., & Lee, D. O'C. (Eds.). (2002). *Crustacean Farming Ranching and Culture*. Oxford (United Kingdom): Blackwell Science.
21. Shekk, P. V., & Astafurov, Yu. O. (2019). Problema biolohichnykh invazii, vse-lennia chuzhoridnykh vydiv na prykladi skhidnoi prisnovodnoi krevetky *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849). *Studentska naukova konferentsiia molydykh vchenykh Odeskoho derzhavnoho ekolohichnoho universytetu: zbirnyk mater.* Odessa, 7, 102-103.
22. Ma, K. Y., et al. (2011). The complete 17 трав. 2018 р. : збірник матер. Київ, 2018. С. 12—15.
14. Шекк П. В., Астафуров Ю. О. Возможіть культивування східної субтропічної прісноводної креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) в умовах нижнього Дністра // Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології : XII Міжнар. іхтіол. наук.-практ. конф. : матер. Дніпро, 2019. С. 232—235.
15. Кулеш В. Ф. Личиночный рост субтропической пресноводной креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan) в условиях водоема-охладителя Березовской ГРЭС // Весті АН БССР. 1982. № 1. С. 100—110.
16. Timmons M. B., Ebeling, J. M. *Recirculation Aquaculture*. USA : Cayuga Aqua Ventures, 2002. (NRAC Publication ; No. 01-007).
17. Туранов В. Ф. Разведение и выращивание пресноводной креветки *Macrobrachium rosenbergii* на Юге Украины // Рыбне господарство України. 2003. № 3, 4 (26, 27). С. 47—48.
18. Beal B. F., Protopopescu G. C. Ocean-based nurseries for cultured lobster (*Homarus americanus* Milne Edwards) postlarvae: field experiments off the coast of eastern maine to examine effects of flow and container size on growth and survival // *Journal of Shellfish Research*. 2012. No. 31 (1). P. 177—193.
19. King Crabs of the World: Biology and Fisheries Management / ed. Stevens B. [S. 1.] : CRC Press, 2014. 636 p.
20. Crustacean Farming Ranching and Culture / eds. Wickins J. F., Lee D. O'C. Oxford (United Kingdom) : Blackwell Science, 2002. 446 p.
21. Шекк П. В., Астафуров Ю. О. Проблема біологічних інвазій, вселення чужорідних видів на прикладі східної прісноводної креветки *Macrobrachium nipponense* (De Haan, 1849) // Студентська наукова конференція молодих



- mitochondrial genome of *Macrobrachium nipponense*. *Gene*, 487, 160-165.
23. Magalhães, C., & Walker, I. (1988). Larval development and ecological distribution of Central Amazonian palaemonid shrimps (Decapoda, Caridea). *Crustaceana*, 55, 279-292.
  24. Mashiko, K. (1990). Diversified egg and clutch sizes among local populations of the freshwater prawn *Macrobrachium nipponense*. *Journal of Crustacean Biology*, 10, 306-314.
  25. New, M. B., & Valenti, W. C. (2000). *Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, England: Blackwell Science.
  26. Rodriguez, G. (1982). Fresh-water shrimps (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Orinoco Basin and the Venezuelan Guayana. *Journal of Crustacean Biology*, 2, 378-391.
  27. Shokita, S. (1979). The distribution and speciation of the inland water shrimps and prawns from the Ryukyu Islands II. *Bulletin of the College of Science, University of Ryukyus*, 28, 193-278.
  28. Yu, H., & Miyake, S. (1972). Five species of the genus *Macrobrachium* (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) from Taiwan. *Ohmu*, 3, 45-55.
  22. The complete mitochondrial genome of *Macrobrachium nipponense* / Ma K.Y. et al. // *Gene*. 2011. Vol. 487. P. 160—165.
  23. Magalhães C., Walker I. Larval development and ecological distribution of Central Amazonian palaemonid shrimps (Decapoda, Caridea) // *Crustaceana*. 1988. Vol. 55. P. 279—292.
  24. Mashiko K. Diversified egg and clutch sizes among local populations of the freshwater prawn *Macrobrachium nipponense* // *Journal of Crustacean Biology*. 1990. Vol. 10. P. 306—314.
  25. New M. B., Valenti W. C. *Freshwater prawn culture: the farming of Macrobrachium rosenbergii*. Oxford, England : Blackwell Science, 2000. 215 p.
  26. Rodriguez G. Fresh-water shrimps (Crustacea, Decapoda, Natantia) of the Orinoco Basin and the Venezuelan Guayana // *Journal of Crustacean Biology*. 1982. Vol. 2. P. 378—391.
  27. Shokita S. The distribution and speciation of the inland water shrimps and prawns from the Ryukyu Islands II // *Bulletin of the College of Science, University of Ryukyus*. 1979. Vol. 28. P. 193—278.
  28. Yu H., Miyake S. Five species of the genus *Macrobrachium* (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) from Taiwan // *Ohmu*. 1972. Vol. 3. P. 45—55.



## ASSESSMENT OF THE CURRENT HYDROCHEMICAL STATE OF SOME FISHPONDS OF KYIV REGION

**L. Dragan**, dragan\_l@ukr.net, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences, Kyiv  
**N. Mikhailenko**, mikhailenko@ukr.net, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences, Kyiv  
**T. Bersan**, bersanto@ukr.net, Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences, Kyiv

**Purpose.** To assess the quality of the hydrochemical regime of fishponds, the territory of which suffered massive missile strikes or was directly a combat zone or close to the front line.

**Methodology.** Chemical parameters of water including the content of ammonium nitrogen, nitrites, nitrates, phosphates and total iron were measured by the photometric method, while chloride concentration of chlorides by the argentometric titration method. The hydrogen indicator (pH) was determined electrometrically, and sulfate content and mineralization by the gravimetric method. All the above-mentioned methods are generally accepted in the comprehensive assessment of the ecological state of fishponds.

**Findings.** The total amount of mineral salts dissolved in water was studied and analyzed in laboratory conditions, namely: the concentrations of calcium, magnesium, chlorine, bicarbonate ions and sulfate ions. The determined permanganate oxidizability in the investigated ponds exceeded the normative values by 72, 49, 31, and 42%, respectively. The concentration of nitrates ranged from 19.96 to 6.34 mg N/dm<sup>3</sup>, nitrites from 0.33 to 0.11 mgN/dm<sup>3</sup>, which indicates the intensity of decomposition of organic substances and indicates a certain degree of contamination of ponds. The amount of total iron in the studied ponds ranged from 1.98 to 1.17 mgFe/dm<sup>3</sup>, respectively. A slight increase in mineral phosphorus in ponds No. 1 and No. 2 was established by 31 and 26%, respectively, which can probably be related to both the decomposition of zooplankton and the input of pollutants from the outside from

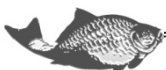
## ОЦІНКА СУЧАСНОГО ГІДРОХІМІЧНОГО СТАНУ ДЕЯКИХ РИБОГОСПОДАРСЬКИХ СТАВІВ КИЇВЩИНИ

**Л. П. Драган**, dragan\_l@ukr.net, Інститут рибного господарства НААН, м. Київ  
**Н. Г. Михайленко**, mikhailenko@ukr.net, Інститут рибного господарства НААН, м. Київ  
**Т. О. Берсан**, bersanto@ukr.net, Інститут рибного господарства НААН, м. Київ

**Мета роботи.** Дати оцінку якості гідрохімічного режиму рибогосподарських ставів, територія яких зазнавала масованих ракетних ударів або безпосередньо була зоною бойових дій чи близькою до лінії фронту.

**Методика.** Вимірювання хімічних показників води — вмісту амонійного азоту, нітритів, нітратів, фосфатів та загального заліза — здійснювали фотометричним методом, а концентрацію хлоридів — методом аргентометричного титрування. Електрометрично встановлювали водневий показник (pH), а вміст сульфатів і мінералізацію — гравіметричним методом. Усі вищезазначені методи є загальноприйнятими при комплексній оцінці екологічного стану рибницьких водойм.

**Результати.** В лабораторних умовах досліджено та проаналізовано сумарну кількість розчинених у воді мінеральних солей, а саме: концентрацію іонів кальцію, магнію, хлору, гідрокарбонат-іонів та сульфат-іонів. Встановлена перманганатна окиснюваність у досліджуваних ставах перевищувала нормативні значення на 72, 49, 31 та 42% відповідно. Концентрація нітратів у водоймах становила від 19,96 до 6,34 мг N/дм<sup>3</sup>, нітритів — від 0,33 до 0,11 мг N/дм<sup>3</sup>, що свідчить про інтенсивність розкладу органічних речовин, і вказує про певний ступінь забруднення водойми. Кількість загального заліза у досліджуваних ставах коливалась від 1,98 до 1,17 мг Fe/дм<sup>3</sup>. Встановлено незначне підвищення концентрації мінерального фосфору в



the surrounding areas. The obtained results of the laboratory analysis of the chemical composition of water samples as well as their comparison with the normative values for water bodies used for aquaculture provide a basis for assessing the current hydrochemical state of the investigated ponds of Kyiv region

**Originality.** For the first time, a hydrochemical analysis of fishponds in Kyiv Region was conducted, the territory of which suffered massive missile strikes or was directly a combat zone or close to the front line.

**Practical value.** The obtained results will contribute to a better understanding of the current ecological state of fishponds in Kyiv region.

**Keywords:** water body, chemical analysis of water, toxic substances, ecological condition.

ставах № 1 та № 2 на 31 та 26% відповідно, що, ймовірно, може бути пов'язано як із розкладанням зоопланктону, так і з надходженням забруднення ззовні, з прилеглих територій. Отримані результати лабораторного аналізу хімічного складу зразків води, а також порівняння їх з нормативними значеннями для водойм рибогосподарського призначення дають підставу для оцінки сучасного гідрохімічного стану досліджуваних ставів Київщини.

**Наукова новизна.** Вперше проведено гідрохімічний аналіз рибогосподарських ставів Київщини, територія яких потерпала від масованих ракетних ударів або безпосередньо була зоною бойових дій чи близькою до лінії фронту.

**Практична значимість.** Отримані результати сприятимуть кращому розумінню сучасного екологічного стану рибогосподарських ставів Київщини.

**Ключові слова:** водойма, хімічний аналіз води, токсичні речовини, екологічний стан.

## PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

The current state of fresh water bodies in Ukraine is of great concern due to the threatening man-made pollution of them with toxic substances as a result of the negative impact of Russian military aggression. The latter led to a large-scale negative ecological shift in the environment both in the territory, which was directly in the combat zone or was close to the front line, and in the entire territory of Ukraine, which suffered massive missile strikes. Due to the detonation and explosions of missiles and artillery shells of various calibers and types, unfavorable gases (carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen dioxide), compounds of nitrogen oxides, formaldehyde, water vapor and vapors of cyanic acid as well as a significant amount of mixtures of toxic chemicals were formed in the atmosphere. Due to this, induced oxidation reactions of sur-

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сучасний стан прісних водних об'єктів в Україні викликає значне занепокоєння через загрозливе техногенне забруднення їх токсичними речовинами внаслідок негативного впливу від російської воєнної агресії. Остання призвела до масштабного негативного екологічного зрушення навколишнього середовища як на території, що безпосередньо знаходилась у зоні бойових дій чи була наближеною до лінії фронту, так і на всій території України, що зазнавала масованих ракетних ударів. Через детонацію та вибухи ракет та артилерійських снарядів різного калібру і типу в атмосфері утворюються несприятливі гази (чадний, вуглекислий, бурий), сполуки оксидів азоту, формальдегід, водяна пара та пари ціаністої кислоти, а також значна кількість сумішей токсичних хімічних речовин. Завдяки цьому відбуваються індуковані окиснювальні



rounding soils, wood, infrastructure, etc. occur [1, 2].

During the explosion, all the substances listed above undergo complete or partial oxidation, and the products of chemical reactions are released into the environment and lead to significant changes in the environment. In addition, under these conditions, the appearance of sulfur and nitrogen oxides in the air causes acidic precipitations, which can change pH of the aquatic environment and soil [3]. In addition, acidic precipitations have a negative effect on the human body, mammals, birds and aquatic organisms [4].

Metal fragments of shells falling into the environment and littering it are also harmful, because the shell of ammunition contains not only iron, but also impurities of sulfur, copper and their compounds. These substances enter the soil and over time enter the groundwater in excessive quantities thereby contaminating the groundwater. Following factors should be taken into account: entering harmful substances into water bodies with surface sewage formed as a result of large spills and leaks of dangerous materials such as lubricants and diesel fuel from destroyed military equipment; direct contamination by residues of explosives of military and technical origin [2–4]. This can lead to a negative transformation of biotope diversity, impoverishment of fauna and flora in water bodies used for fish farming [2, 3].

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

The conditions for the existence of fish and their reproduction primarily depend on the ecological state of the water body [5, 6]. Due to military actions, mass shelling,

реакції навколишніх ґрунтів, деревини, інфраконструкції тощо [1, 2].

Під час вибуху всі перелічені вище речовини проходять повне або часткове окиснення, а продукти хімічних реакцій вивільняються у навколишнє середовище та призводять до суттєвих змін довкілля. Окрім того, за цих умов прояв у повітрі оксидів сірки та азоту спричиняє кислотні опади, які здатні змінювати рН водного середовища та ґрунту [3]. До того ж, кислотні опади справляють негативний вплив на організм людини, ссавців, птахів та гідробіонтів [4].

Металеві уламки снарядів, що потрапляють у навколишнє середовище та засмічують його, також є шкідливими, оскільки оболонка боєприпасів у своєму складі містить не лише залізо, а також домішки сірки, міді та їх сполуки. Ці речовини потрапляють в ґрунт і з часом надходять до ґрунтових вод у надмірних кількостях і тим самим забруднюють підземні води. Не варто нехтувати такими чинниками, як потрапляння до водойм із поверхневими стічними водами шкідливих речовин, що утворилися внаслідок великих розливів і витоків небезпечних матеріалів, таких як мастильне та дизельне паливо від знищеної військової техніки; безпосереднє забруднення залишками вибухових речовин воєнно-технічного походження [2–4]. Це може призводити до негативної трансформації біотопічного розмаїття, збіднення фауни і флори у водоймах рибогосподарського призначення [2, 3].

### **ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ**

Умови існування риби та її відтворення в першу чергу залежать від екологічного стану водойми [5, 6]. В зв'язку з воєнними діями, масованими обстрілами, ракетними ударами, засміченням





missile strikes, littering and mining of territories and the man-made pollution caused by them, many water bodies of Ukraine have suffered an abnormal impact on biodiversity [3, 4, 7]. Pollution of water bodies with harmful substances reduces their ability to self-clean, leads to a decrease in fish stocks and, as a result, exacerbates the problem of survival of aquatic organisms in adverse conditions of existence [8].

The current state of fresh water bodies in Ukraine causes considerable concern due to their threatening contamination with toxic substances in the zone of hostilities and massive missile strikes, which can lead to the destruction of hydroecosystems and the reduction of biodiversity. The state of the aquatic environment and the level of its pollution, especially in the liberated territories, requires effective and modern ways of restoration and improvement. Constant monitoring and control of the chemical composition of water contributes to the maintenance of the optimal technological process of fish farming and the prompt use of analysis results to prevent adverse conditions in the water body. Therefore, the main goal of the work was to assess the hydrochemical state of fishponds in Kyiv region, the territory of which was subjected to massive missile strikes or was directly a combat zone or close to the front line.

## MATERIALS AND METHODS

The object of the study were artificial ponds for fish growing in the polyculture of private farms in the Bucha district of the Kyiv region, which were located for some time in the zone of massive missile strikes. After the liberation of these territories, a one-time study of the hydrochemical state of fishponds was conducted in August 2022, namely: village of Gostomel (pond No. 1), the source of water supply

і мінуванням територій та спричинених ними техногенних забруднень, багато водних об'єктів України зазнали аномального впливу на біорізноманіття [3, 4, 7]. Забруднення шкідливими речовинами водойм зменшує здатність їх до самоочищення, призводить до зниження обсягу рибних запасів, і, як наслідок, загострює проблему виживання гідробіонтів у несприятливих умовах існування [8].

Сучасний стан прісних водних об'єктів в Україні викликає значне занепокоєння через їх загрозливе забруднення токсичними речовинами в зоні бойових дій та масованих ракетних ударів, що може призвести до руйнування гідроекосистем і зменшення біорізноманіття. Стан навколишнього водного середовища та рівень його забруднення, особливо на звільнених територіях, потребує ефективних та сучасних шляхів відтворення та покращення. Постійний моніторинг та контроль хімічного складу води сприяє підтриманню оптимального технологічного процесу вирощування риби та оперативному використанню результатів аналізів для попередження несприятливих умов у водоймі. Тому основна мета роботи полягала в оцінці гідрохімічного стану рибогосподарських ставів Київщини, територія яких зазнавала масованих ракетних ударів або безпосередньо була зоною бойових дій чи близькою до лінії фронту.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктом дослідження були штучні водойми для вирощування риби в полікультурі приватних господарств Бучанського району Київської області, що знаходились деякий час в зоні масованих ракетних ударів. Після звільнення цих територій, в серпні 2022 р. було проведено одноразове дослідження гідрохімічного стану рибогоспо-



of which is the Rokach River; village of Gorenka (pond No. 2), the source of water supply is the Koturka River; village of Havronshchyna (lake #3) and village of Plakhtyanka (pond No. 4), the source of water supply of which is the Zdvyzh River.

The laboratory of ecological research of the Institute of Fisheries of the National Academy of Sciences conducted chemical analysis of water material according to generally accepted methods in hydrochemistry [9]. The content of ammonium nitrogen, nitrites, nitrates, phosphates and total iron was determined by the photometric method [10-13]. The concentration of chlorides was determined by the argentometric titration method [14]. The active reaction of water (pH) was calculated electrometrically [15]. Sulfate content and total mineralization were calculated by the gravimetric method [16, 17]. The obtained values were checked in accordance with the standard SOU-05.01.-37-385:2013 [18] in order to establish the suitability of water for fish breeding.

## STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

The main components of the chemical composition of water were determined during the study, which provide a basis for assessing the current hydrochemical state of the studied ponds of Kyiv region (tab. 1).

It was found that the total amount of mineral salts dissolved in water in the investigated ponds No1-4 ranged from 237.6 to 503.5 mg/dm<sup>3</sup> (Table 1). The ionic composition was dominated by hydrocarbonate ions (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> — 231.9–331.88 mg/dm<sup>3</sup>) and calcium ions — (76.1–88.4 mg/dm<sup>3</sup>). The concentration of magnesium ions (Mg<sup>2+</sup>) ranged from 21.5 to 33.5 mg/dm<sup>3</sup>. The concentration of sulfate ions (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) turned out to be unstable and ranged from 74.8 to 144.03 mg/dm<sup>3</sup>, which is probably re-

дарських ставів, а саме: с. Гостомель — став № 1, джерелом водопостачання якого є річка Рокач; с. Горенка — став № 2, джерелом водопостачання є річка Котурка; с. Гавронщина — став № 3 та с. Плахтянка — став № 4, джерелом водопостачання яких є річка Здвиж.

У лабораторії екологічних досліджень Інституту рибного господарства НААН виконували хімічний аналіз водного матеріалу за загальноприйнятими методиками в гідрохімії [9]. Вміст амонійного азоту, нітритів, нітратів, фосфатів та загального заліза визначали фотометричним методом [10–13]. Концентрацію хлоридів встановлювали за методом аргентометричного титрування [14]. Електрометрично виявляли активну реакцію води (pH) [15]. Вміст сульфатів та загальну мінералізацію обчислювали гравіметричним методом [16, 17]. За вказаними показниками, з метою встановлення придатності води для риборозведення, перевіряли відповідність її стандартам згідно із СОУ-05.01.-37-385:2013 [18].

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В процесі проведення експериментальних досліджень були визначені основні компоненти хімічного складу води, що дають підставу для оцінки сучасного гідрохімічного стану досліджуваних ставів Київщини (табл. 1).

Встановлено, що сумарна кількість розчинених у воді мінеральних солей у досліджуваних ставах №№ 1–4 коливалася від 237,6 до 503,5 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 1). В іонному складі переважали гідрокарбонат-іони (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> — 231,9–331,88 мг/дм<sup>3</sup>) та іони кальцію (76,1–88,4 мг/дм<sup>3</sup>). Концентрація іонів магнію (Mg<sup>2+</sup>) коливалася від 21,5 до 33,5 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст сульфат-іонів (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) виявився несталим і складав від 74,8 до 144,03 мг/дм<sup>3</sup>, що, ймо-

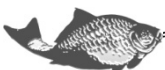


Table 1. Chemical composition of water of the studied ponds of Kyiv region

№	Water quality parameter	Studied ponds №				Normative values [18]
		1	2	3	4	
1	pH, units	8.7	8.6	8.3	8.1	6.5-8.5
2	Free ammonium, NH <sub>3</sub> , mgN/dm <sup>3</sup>	0.16	0.11	0.08	0.17	up to 0.05
3	Permanganate oxidizability, mgO/dm <sup>3</sup>	25.8	22.4	19.7	21.3	up to 15.0
4	Bichromate oxidizability, mgO/dm <sup>3</sup>	64.5	56.1	49.3	53.9	up to 50.0
5	Ammonium nitrogen, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , mgN/dm <sup>3</sup>	3.54	2.79	1.83	2.99	up to 2.00
6	Nitrites, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , mgN/dm <sup>3</sup>	0.33	0.24	0.18	0.11	up to 0.1
7	Nitrates, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mgN/dm <sup>3</sup>	19.96	15.61	10.12	6.34	up to 2.00
8	Mineral phosphorus, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , mgP/dm <sup>3</sup>	0.92	0.88	0.56	0.42	up to 0.70
9	Total iron, Fe <sup>2+</sup> + Fe <sup>3+</sup> , mgFe/dm <sup>3</sup>	1.98	1.65	1.35	1.17	up to 1.00
10	Calcium, Ca <sup>2+</sup> , mg/dm <sup>3</sup>	86.2	76.1	79.2	88.4	up to 70.0
11	Magnesium, Mg <sup>2+</sup> , mg/dm <sup>3</sup>	32.15	27.0	21.5	33.5	up to 30.0
12	Sodium + potassium, Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> , mg/dm <sup>3</sup>	22.5	11.8	29.0	18.8	up to 50.0
13	Hydrocarbonates, HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , mg/dm <sup>3</sup>	331.88	234.2	231.9	285.8	up to 400.0
14	Chlorides, Cl <sup>-</sup> , mg/dm <sup>3</sup>	43.61	56.9	30.3	24.2	up to 70.0
15	Sulfates, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , mg/dm <sup>3</sup>	144.03	111.6	83.9	74.8	up to 70.0
16	Total hardness, mg-eq/dm <sup>3</sup>	5.3	3.2	4.9	3.8	5.0-7.0
17	Mineralization, mg/dm <sup>3</sup>	400.1	237.6	445.8	503.5	up to 1000.0

lated to underground runoff. The content of chlorine ions (Cl<sup>-</sup>) in water was within the normal range. Thus, according to the nature of the ionic composition, water of experimental ponds No. 1–4 belongs to the hydrocarbonate type of the calcium group [9].

In the investigated ponds No. 1–4, some parameters exceeded the normative values. For example, the active reaction (pH) of water in ponds No. 1–4 was 8.7; 8.6; 8.3; 8.1, respectively, which did not exceed the normative values.

It should be noted that the possible pH limit at which aquatic organisms can exist under the same conditions depends on the species. The most resistant in this regard are crucian carp (*Carassius carassius* Linnaeus, 1758) and common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), which can withstand fluctuations in water pH from 4.3 to 10.8. Pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) can withstand pH of water in the range from 4.8 to 8.0; and brown trout (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758) 4.5–9.5. At the same time, it should be not-

вірно, пов'язано з підземним стоком. Вміст іонів хлору (Cl<sup>-</sup>) у воді знаходився в межах норми. Таким чином, за характером іонного складу вода дослідних ставів №№ 1–4 належить до гідрокарбонатного типу кальцієвої групи [9].

У досліджуваних ставках №№ 1–4 деякі параметри перевищували нормативні значення. Так, активна реакція води (рН) у ставках №№ 1–4 складала 8,7; 8,6; 8,3 та 8,1 відповідно, що не перевищувало нормативні значення.

Слід відмітити, що можлива межа рН, за якої можуть існувати гідробіонти за однакових умов, залежить від їх видової приналежності. Найбільш витривалими у цьому сенсі є карась (*Carassius carassius* Linnaeus, 1758) і короп (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), які витримують коливання рН води від 4,3 до 10,8. Щука (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) витримує рН води у межах від 4,8 до 8,0; струмкова форель (*Salmo trutta* Linnaeus, 1758) — 4,5–9,5. При цьому слід зауважити, що нейтральне або



ed that neutral or slightly alkaline water pH is considered the optimal environment for the development and growth of fish [5, 6].

However, the established increase in water pH values in the studied ponds No. 1-4 in August probably indicates that intensive photosynthesis occurred in the water body, as a result of which the pH value shifts to the alkaline side [19]. In this case, an excessive amount of free ammonia ( $\text{NH}_3$ ), which is formed mainly by ammonium ions under the conditions of increasing pH values of water, is dangerous for fish [20, 21].

It was found that free ammonia concentration in the studied water bodies reached maximum values of 0.16; 0.11; 0.08 and 0.17 mg N/dm<sup>3</sup>, respectively. Literature data show that ammonia at pH 8.0 in an aqueous environment is 10 times more toxic than in water at pH 7.0 [20]. This phenomenon is explained by a sharp increase in the concentration of non-ionized molecules ( $\text{NH}_3$ ) [20, 21, 22]. Under the conditions of an increase in the pH of aquatic environment as well as the accompanying deficiency of oxygen dissolved in the water and the influence of other adverse environmental factors on fish the excretion of ammonia through the gills of fish is inhibited. The latter leads to its accumulation in the body, especially in the gills causing their damage, hemorrhages on the surface of the body and on the fins [5, 20, 21].

It is common knowledge that an excessive level of ammonium nitrogen accumulates in water due to the arrival of protein breakdown products with effluents or organic nitrogen-containing substances. At the same time, in summer, the toxic effect of ammonia depends on the concentration of oxygen, temperature and water hardness. Also, it should be noted that the ammonium nitrogen ion is unstable and quickly oxidizes to nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) and nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), the amount of which in the

слабколужне значення рН води вважається оптимальним середовищем для розвитку та росту риб [5, 6].

Проте, встановлене збільшення значень рН води, у досліджуваних ставках №№ 1–4 в серпні, ймовірно, вказує на те, що у водоймі відбувався інтенсивний фотосинтез, внаслідок чого відбувся зсув значення рН в лужний бік. [19]. У цьому випадку небезпечним для риб є надмірна кількість вільного аміаку ( $\text{NH}_3$ ), який за умов збільшення значень рН води утворюється переважно за рахунок іонів амонію [20, 21].

Встановлено, що концентрація вільного аміаку у досліджуваних водоймах досягала максимальних значень — 0,16; 0,11; 0,08 та 0,17 мг N/дм<sup>3</sup> відповідно. Літературні дані свідчать, що аміак при рН 8,0 у водному середовищі у 10 разів токсичніший, ніж у воді за рН 7,0 [20]. Це явище пояснюється різким підвищенням концентрації неіонізованих молекул ( $\text{NH}_3$ ) [20–22]. За умов підвищення рН водного середовища, а також одночасного дефіциту розчиненого у воді кисню та впливу на риб інших несприятливих чинників середовища, екскреція аміаку через зябра риб гальмується. Останнє призводить до накопичення його в організмі, особливо у зябрах, викликаючи їх пошкодження, крововиливи на поверхні тіла та на плавцях [5, 20, 21].

Загальновідомо, що надмірний рівень амонійного азоту накопичується у воді внаслідок надходження продуктів розпаду білків зі стоками або органічних азотовмісних речовин. Разом із цим, в літній період від концентрації кисню, температури та твердості води залежить токсична дія аміаку. Також, слід відмітити, що іон амонійного азоту нестійкий і швидко окиснюється до нітритів ( $\text{NO}_2^-$ ) та нітратів ( $\text{NO}_3^-$ ), кількість яких у водоймі може перевищувати нормативні значення та свідчити про поси-



water body may exceed the normative values and indicate the strengthening of the processes of decomposition of organic substances in conditions of slower oxidation [5, 19, 20].

It was found that the concentration of nitrites, as intermediate products of the biochemical oxidation of ammonia and other nitrogen-containing organic substances, in experimental water bodies No. 1–4 varied from 0.33 to 0.11 mgN/dm<sup>3</sup>, which indicates the intensity of the decomposition of organic substances and indicates a certain degree of water pollution. It is known that NO<sub>2</sub><sup>-</sup> leads to disruption and development of trophic changes in parenchymal organs of fish. It should be noted that the level of resistance of fish to NO<sub>2</sub><sup>-</sup> correlates with the hemoglobin content and the concentration of NO<sub>2</sub><sup>-</sup> in the blood plasma [20].

Nitrates are biogenic compounds capable of supporting and stimulating eutrophication (overgrowth) of water bodies [5, 8, 23]. In the studied ponds, the concentration of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> varied from 19.96 to 6.34 mg N/dm<sup>3</sup>, respectively, which significantly exceeds the normative values.

The value of nitrate concentration in water bodies are influenced by many factors. Nitrates enter water together with rainwater from fields treated with mineral fertilizers, livestock and poultry farms, cesspools and yard latrines, etc. [5, 8, 20]. Now the water quality is affected by the situation related to military operations. It should be noted that the situation in the liberated territories may still be unsatisfactory. However, nitrates are used by plants as the main component of nutrition, so a high level of nitrates in the aquatic environment can cause a rapid increase in the abundance of phytoplankton in water bodies that receive sunlight [5, 23, 24].

The value of permanganate oxidizability determines the presence of easily

лення процесів розкладу органічних речовин в умовах повільнішого їхнього окиснення [5, 19, 20].

З'ясовано, що концентрація нітритів, як проміжних продуктів біохімічного окиснення аміаку та інших азотовмісних органічних речовин у дослідних водоймах №№ 1–4 коливалася від 0,33 до 0,11 мгN/дм<sup>3</sup>, що свідчить про інтенсивність розкладу органічних речовин і вказує про певний ступінь забруднення водойми. Відомо, що NO<sub>2</sub><sup>-</sup> призводить до порушень та розвитку трофічних змін у паренхіматозних органах риб. Слід зазначити, що рівень витривалості риб до NO<sub>2</sub><sup>-</sup> корелює із вмістом гемоглобіну і концентрацією NO<sub>2</sub><sup>-</sup> в плазмі крові [20].

Нітрати — біогенні сполуки, які здатні підтримувати та стимулювати евтрофікацію (заростання) водойм [5, 8, 23]. У досліджуваних водоймах концентрація NO<sub>3</sub><sup>-</sup> перебувала в межах від 19,96 до 6,34 мг N/дм<sup>3</sup> відповідно, що значно перевищує нормативні значення.

На кількісний показник концентрації нітратів у водних об'єктах впливає багато чинників. Нітрати потрапляють у воду разом з дощовими зливами з полів, що оброблялися мінеральними добривами, тваринницьких та птахоферм, вигрібних ям та дворових вбиралень тощо [5, 8, 20]. Зараз на якість води впливає ситуація, пов'язана із військовими діями. Необхідно зазначити, що на звільнених територіях ситуація все ще може бути незадовільною. Втім, нітрати використовуються рослинами як основний компонент живлення, тому високий рівень нітратів у водному середовищі може викликати стрімке збільшення кількості фітопланктону у водоймах, до яких потрапляє сонячне світло [5, 23, 24].

Значення перманганатної окиснюваності визначає наявність у воді легкоокиснюваних органічних речовин і є одним з важливих показників ступеня



oxidizable organic substances in water and is one of the important indicators of the degree of contamination of the water body with residues of organic substances [6, 8, 21]. The permanganate oxidizability in the experimental ponds exceeded the normative values by 72, 49, 31, and 42%, respectively. This may be related to the accumulation of organic matter (residues of artificial feed, products of excretion of aquatic organisms, dead algae, etc.) [23, 24]. Another reason for this can be the input of harmful substances into water bodies with surface runoff, which were formed as a result of the spillage of lubricants and fuel products, missiles and diesel fuel from destroyed military equipment [1–3].

It is known that the increased content of phosphates is a sign of organic pollution of water bodies. Thus, the study showed a slight increase in mineral phosphorus in ponds No. 1 and No. 2 by 31 and 26%, respectively, which can probably be related to both the decomposition of zooplankton and the pollution from the outside from the soils of the adjacent territories. The amount of total iron in the studied ponds ranged from 1.98 to 1.17 mgFe/dm<sup>3</sup>, respectively, which indicates the beginning of deviations from the normative values.

The ratio of the content of different forms of biogenic elements allows characterizing the direction of biochemical processes occurring in the water body, the possibility of limiting the primary production by one or another element, and thereby drawing a conclusion about the trophic status of the water body.

### CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

The hydrochemical state of the studied fishponds of the Kyiv region, the territory of which suffered massive missile strikes or was directly a combat zone or close to the front line, was studied and an assess-

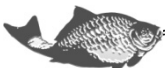
забруднення водойми їх залишками [6, 8, 21]. Показник перманганатної окиснюваності в дослідних ставах перевищував нормативні значення на 72, 49, 31 та 42% відповідно. Це може бути пов'язано з накопиченням органічної речовини (залишків штучних кормів, продуктів виділення гідробіонтів, відмерлих водоростей тощо) [23, 24]. Іншою причиною цього може бути потрапляння у водойми з поверхневим стоком шкідливих речовин, що утворилися внаслідок розливу паливно-мастильних продуктів, ракетного та дизельного палива від знищеної воєнної техніки [1–3].

Відомо, що підвищений вміст фосфатів є ознакою органічного забруднення водойм. Так, дослідженнями було встановлено незначне підвищення мінерального фосфору в ставах № 1 та № 2 на 31 та 26% відповідно, що, ймовірно, може бути пов'язано як із розкладанням зоопланктону, так і з надходженням забруднення ззовні, з ґрунтів прилеглих територій. Кількість загального заліза у досліджуваних ставах коливалась від 1,98 до 1,17 мг Fe/дм<sup>3</sup> відповідно, що вказує на початок відхилень від нормативних значень.

Відношення вмісту різних форм біогенних елементів дозволяє характеризувати спрямованість біохімічних процесів, що відбуваються у водоймі, можливість лімітування первинної продукції тим чи іншим елементом, і тим самим робити висновок про трофічний статус водойми.

### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Досліджено і надано оцінку гідрохімічного стану рибогосподарських водойм Київщини, територія яких зазнавала масованих ракетних ударів або безпосередньо була зоною бойових дій чи близькою до лінії фронту.



ment was provided.

It was experimentally shown that the chemical composition of water of all studied ponds belongs to the hydrocarbonate type of the calcium group, which is typical for this physiographic zone of Polissia.

It was found that the fishponds of Kyiv region, the territory of which suffered massive anti-aircraft missile strikes or was directly a combat zone or close to the front line, are eutrophicated, characterized by significant toxicity of abiotic components, low self-purification ability, which can further lead to toxicosis and degradation of the ecosystem and will negatively affect the status of fish resources.

It was found that the high storage capacity of the investigated ponds, which have a slow water exchange, causes the retention of incoming pollutants, and an increase in their concentration leads to the occurrence of secondary pollution in it.

Prospects for further studies primarily involve establishing the dynamics of environmental changes. For this purpose, it is planned to carry out systematic control of the chemical state of water in the fishponds of Kyiv region. In this way, the goal of optimizing the cultivation environment of aquaculture objects will be achieved. In particular, by detecting violations (various natural phenomena and negative human impact) for the timely elimination of various deviations.

## REFERENCES

1. Drahan, L. P., Mykhaylenko, N. H., & Bersan, T. O. (2022). Naslidky aktyvnykh viys'kovykh diy na ekolohichnyy stan gruntovykh ta vodnykh resursiv Ukrainy. *Suchasni problemy ratsional'noho vykorystannya vodnykh bioresursiv: IV Mizhnarodna naukovo-praktychna*

Експериментально встановлено, що за хімічним складом вода усіх досліджуваних ставів відноситься до гідрокарбонатного типу кальцієвої групи, що є характерним для даної фізико-географічної зони Полісся.

Виявлено, що рибогосподарські стави Київщини, територія яких зазнавала масованих зенітно-ракетних ударів або безпосередньо була зоною бойових дій чи близькою до лінії фронту, евтрофіковані, характеризуються значною токсичністю абіотичних компонентів, низькою здатністю до самоочищення, що в подальшому може призвести до токсифікації і деградації екосистеми і негативно позначатиметься на статусі рибних ресурсів.

З'ясовано, що висока акумуляційна здатність досліджуваних ставів, що мають уповільнений водообмін, спричиняє затримання забруднювальних речовин, які надходять, а збільшення їх концентрації призводить до виникнення вторинного забруднення.

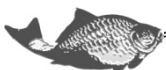
Перспективи подальших досліджень насамперед передбачають встановлення динаміки екологічних змін. Для цього заплановано проводити систематичний контроль хімічного стану води у рибогосподарських ставах Київщини. Таким чином буде досягнута мета оптимізації середовища культивування об'єктів аквакультури, зокрема, шляхом виявлення порушень (різного роду природних явищ та негативного антропогенного впливу) для своєчасного усунення різноманітних відхилень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Драган Л. П., Михайленко Н. Г., Берсан Т. О. Наслідки активних військових дій на екологічний стан ґрунтових та водних ресурсів України // Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів : IV Міжнар. наук.-практ. конф., 26-28 груд. 2022 р.



- konferentsiya, 26-28 hrudnya 2022 r.: materialy.* Kyiv, 51-53.
2. Tsyhanenko-Dzyubenko, I. YU., Handzyura, V. P., & Alpatova, O. M., et al. (2023). Hidrokhimichnyy status post-militarnykh vodnykh ekosystem s. Moshchun, Kyivs'koyi oblasti. *Ekolohichni nauky, 1(46)*, 53-58. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.1-46.9>.
  3. Kardash D. M., & Lazebna O. M. (2018). Naslidky vplyvu viys'kovykh diy na navkolyshnye seredovyshe. *Ekolohichni naslidky viys'kovykh diy: materialy naukovo-praktychnoyi konferentsiyi, m. Kyiv 17-18 kvit. 2018 r.* Kyiv, 79-81. *cutt.ly*. Retrieved from: <https://cutt.ly/SKOcfk4>.
  4. Pryroda ta viyna: yak viys'kove vtorhennya Rosiyi vplyvaye na dovkillya Ukrayiny (2022). *Ekodiya (ukr.)*, 1 kvitnya. *ecoaction.org.ua*. Retrieved from: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html>.
  5. Yevtushenko, M. YU., & Dudnyk, S. V. (2018). *Vodna toksykologiya: pidruchnyk.* Kherson: OLDI-PLYUS.
  6. Hrynevych, N. YE., Slyusarenko, A. O., Khom'yak, O. A., Svitel's'kyu, M. M., & Semanyuk, N. V. (2021). Monitorynh osnovnykh parametriv stavovoyi vody zadlya oderzhannya bezpechnoyi produktsiyi za sumisnoho vyroshchuvannya osetrovnykh i koropovykh ryb. *Naukovyy visnyk LNUVMB imeni S.Z. Gzhyts'koho. Seriya: Sil's'kohospodars'ki nauky, 23, 94*, 73-80.
  7. Odosiy, L. I., Stadnichuk, O. M., Sviderok, S. M., Nadala, O. S., & Hychko, O. S. (2015). Vplyv tekhnohennoho navantazhennya viys'kovoyi diyal'nosti na stan gruntovo-vodnoho seredovyscha. *Viys'kovo-tekhnichnyy zbirnyk, 12*, 91-96.
  8. Handzyura, V. P., & Hrubinko, V. V. (2008). *Kontseptsiya shkodochynnosti v ekolohiyi.* Kyiv-Ternopil': TNPU im. : матер. Київ, 2022. С. 51—53.
  2. Гідрохімічний статус пост-мілітарних водних екосистем с. Мошчун Київської області / Циганенко-Дзюбенко І. Ю. та ін. // Екологічні науки. 2023. № 1(46). С. 53—58. DOI : <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.1-46.9>.
  3. Кардаш Д. М., Лазебна О. М. Наслідки впливу військових дій на навколишнє середовище // Екологічні наслідки військових дій : наук.-практ. конф., м. Київ, 17-18 квіт. 2018 р. : матер. Київ, 2018. С. 79—81. URL : <https://cutt.ly/SKOcfk4> (дата звернення : 18.09.2023).
  4. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України // Екодія (укр.). 1 квітня 2022. URL : <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html> (дата звернення : 19.07.2022)
  5. Євтушенко М. Ю., Дудник С. В. Водна токсикологія : підручник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. 606 с.
  6. Моніторинг основних параметрів ставової води задля одержання безпечної продукції за сумісного вирощування осетрових і коропових риб / Гриневич Н. Є. та ін. // Науковий вісник ЛНУ-ВМБ імені С.З. Гжицького. 2021. Т. 23, № 94. С. 73—80. (Серія : Сільськогосподарські науки).
  7. Вплив техногенного навантаження військової діяльності на стан ґрунтово-водного середовища / Одосій Л. І. та ін. // Військово-технічний збірник. 2015. № 12. С. 91—96.
  8. Гандзюра В. П., Грубінко В. В. Концепція шкочочинності в екології. Київ — Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. 144 с.
  9. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Ленинград : Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
  10. МВВ 081/12-0106-03. Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика

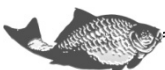




- V. Hnatyuka.
9. Alekin, O. A. (1970). *Osnovy gidrokhymii*. Leningrad: Hydrometeoyzdat.
  10. Poverkhnevi, pidzemni ta zворотni vody. *Metodyka vykonannya vymiryuvan' masovoyi kontsentratsiyi amoniy - ioniv foto kolorymetrychnym metodom z reaktivom Nesslera*. [Poverkhnya, pidzemna ta zворотna voda. Metod vymiryuvannya masovoyi kontsentratsiyi ioniv amoniyu fotokolorymetrychnym metodom z reaktivom Nesslera] (2003). *MVV 081/12 - 0106 - 03*. Kyiv: Ministerstvo okhorony navkolyshn'oho sere-dovyshcha Ukrayiny.
  11. *Metodyka vykonannya vymiryuvannya masovoyi kontsentratsiyi rozchynenykh ortofosfativ fotometrychnym metodom*. [Sposib vymiryuvannya masy kontsentratsiya rozchynenykh ortofosfativ fotometrychnym metodom]. (2002). *MVV 081/12-0005-01*. Kyiv: Ministerstvo okhorony navkolyshn'oho sere-dovyshcha Ukrayiny.
  12. *Metodyka fotometrychnoho vyznachen-nya nitryt-ioniv z reaktivom Hrysa v poverkhnevyykh ta ochyshchenyykh stychnykh vodakh*. [Metod fotome-trychnoho vyznachen-nya ioniv nitryt-iv z reaktivom Hrysa u poverkhnevyy ta ochyshcheniy stichniy vodi]. (1995). *KND 211.1.4.023-95*. Kyiv: Minpryro-dy Zakhyst Ukrayiny.
  13. *Metodyka fotometrychnoho vyznachen-nya zahal'noho zaliza z ortofenantrolinom v poverkhnevyykh i stychnykh vodakh*. [Metod fotometrychnoho vyznachen-nya zahal'noho zaliza za dopo-mohoyu ortofenantrolinu u poverkh-nevyykh ta stichnykh vodakh]. (1995). *KND 211.1.4.034-95*. Kyiv: Minpryro-dy Zakhyst Ukrayiny.
  14. *Metodyka vykonannya vymiryuvann-ya masovoyi kontsentratsiyi khlorydiv u poverkhnevyykh ta ochyshchenyykh stichnykh vodakh tytrometrychnym metodom* [Sposib vykonannya vy-vikonannya vymiryuvan' masovoyi kon-центрації амоній - іонів фото коло-риметричним методом з реактивом Несслера. [Поверхня, підземна та зворотна вода. Метод вимірювання масової концентрації іонів амонію фотоко-лориметричним методом з реактивом Несслера] Київ : Міні-стерство охорони навколишнього се-редовища України, 2003.
  11. МВВ 081/12-0005-01. *Методика ви-конання вимірювання масової кон-центрації розчинених ортофосфатів фотометричним методом*. [Спосіб вимірювання маси концентрація роз-чинених ортофосфатів фотометрич-ним методом]. Київ : Міністерство охорони навколишнього середовища України, 2002.
  12. КНД 211.1.4.023-95. *Методика фото-метричного визначення нітрит-іонів з реактивом Гриса в поверхневих та очищених стичних водах*. [Метод фо-тометричного визначення іонів нітри-тів з реактивом Гриса у поверхневій та очищеній стічній воді]. Київ : Мін-природи Захист України, 1995.
  13. КНД 211.1.4.034-95. *Методика фото-метричного визначення загального заліза з ортофенантроліном в поверх-невих і стичних водах*. [Метод фото-метричного визначення загального заліза за допомогою ортофенантро-ліну у поверхневих та стічних водах]. Київ : Мінприроди Захист України, 1995.
  14. МВВ 081/12-0007-02. *Методика ви-конання вимірювання масової кон-центрації хлоридів у поверхневих та очищених стічних водах титроме-тричним методом* [Спосіб виконання вимірювання масової концентрації хлоридів у поверхневих та очище-них стічних водах титрометричним методом]. (2003). Київ : Міністерство охорони навколишнього середовища України.



- miryuvannya masovoyi kontsentratsiyi khlorydiv u poverkhnelykh ta ochyshchennykh stichnykh vodakh tytrometrychnym metodom]. (2003). *MVV 081/12-0007-02*. Kyiv: Ministerstvo okhorony navkolyshn'oho seredovyshcha Ukrainy.
15. Metodyka vykonannya vymiryuvannya vodnevoho pokaznyka rN elektrometrychnym metodom. [Metod vykonannya vymiryuvan' rN vodnyu elektrometrychnym metodom]. (2006). *MVV 081/12-0317-06*. Kyiv: Minprirody Zakhyst Ukrainy.
16. Metodyka vykonannya vymiryuvannya masovoyi kontsentratsiyi sukhoho zalyshku (rozchynenykh rehovyn) hravimetrychnym metodom. [Metod vymiryuvannya masovoyi kontsentratsiyi sukhoho zalyshku (rozchynenykh rehovyn) hravimetrychnym metodom]. (2005). *MVV 081/12-0109-03*. Kyiv: Ministerstvo okhorony navkolyshn'oho seredovyshcha Ukrainy.
17. Metodyka vykonannya vymiryuvannya masovoyi kontsentratsiyi sul'fatnym hravimetrychnym metodom. [Metod vymiryuvannya masovoyi kontsentratsiyi sul'fativ hravimetrychnym metodom]. (2002). *MVV 081/12-0007-01*. Kyiv: Minprirody Zakhyst Ukrainy.
18. Voda rybohospodars'kykh pidpryyemstv. Zahal'ni vymohy ta normy (2013). *SOU-05.01.-37-385:2006*. Kyiv: Ministerstvo ahraryoi polityky Ukrainy.
19. Romanenko, O. V., et al. (2015). *Ekolohichni problemy Kyivs'kykh vodoym i prylehlykh terytoriy*. Kyiv.
20. Potrokhov, A. S. (2010). Raznorodnost' vyzhyvaemosti karpovykh ryb pry toksychemom deystvyi ammonyya. *Hidrobiologicheskii zhurnal*, 46, 4, 75-83.
21. Drahan, L. P., Mykhaylenko, N. H., & Bersan, T. O. (2021). Toksychna diya azotovmisykh spolyuk na vodni orhanizmy. *Suchasni problemy ratsional'noho vykorystannya vodnykh bioresursiv: III*
15. МВВ 081/12-0317-06. Методика виконання вимірювання водневого показника рН електрометричним методом. [Метод виконання вимірювань рН водню електрометричним методом]. Київ : Мінприроди Захист України, 2006.
16. МВВ 081/12-0109-03. Методика виконання вимірювання масової концентрації сухого залишку (розчинених речовин) гравіметричним методом. [Метод вимірювання масової концентрації сухого залишку (розчинених речовин) гравіметричним методом]. Київ : Міністерство охорони навколишнього середовища України, 2005.
17. МВВ 081/12-0007-01. Методика виконання вимірювань масової концентрації сульфатним гравіметричним методом. [Метод вимірювання масової концентрації сульфатів гравіметричним методом]. Київ : Мінприроди Захист України, 2002.
18. СОУ-05.01.-37-385:2006. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми. Київ : Міністерство аграрної політики України, 2013. 7 с. (Стандарт Мінагрополітики України).
19. Екологічні проблеми Київських водойм і прилеглих територій / Романенко О. В. та ін. Київ, 2015. 189 с.
20. Потрохов А. С. Разнородность выживаемости карповых рыб при токсическом действии аммония // Гидробиологический журнал. 2010. Т. 46, № 4. С. 75—83.
21. Драган Л. П., Михайленко Н. Г., Берсан Т. О. Токсична дія азотовмісних сполук на водні організми // Сучасні проблеми раціонального використання водних біоресурсів : III Міжнарод. наук.-практ. конф., 25-27 жовт. 2021 р. : матер. Київ, 2021. С. 57—59.
22. Контроль за абіотичними факторами ставків Сумської області / Петров Р. В. та ін. // Вісник Сумського національного аграрного університету.



- Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 25-27 zhovt. 2021 r.: mater. Kyiv, 57-59.*
22. Petrov, R. V., Kutakh, O. A., Matviyevs'ka, T. P., & Petrov, V. V. (2020). Kontrol' za abiotychnymy faktoramy stavkiv sums'koyi oblasti. *Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu vyпуск, 1 (48), 37-43.*
  23. Krazhan, S. A., & Khyzhnyak, M. I. (2009). *Pryrodna kormova baza staviv. Kherson: Oldi-Plyus.*
  24. Krazhan, S. A., & Lupacheva, L. Y. (1991). *Estestvennaya kormovaya baza vodoemov y metody ee opredelenyya pry yntensyvnom vedenyy rybnoho khozyaystva. L'vov.*
  2020. Вип. 1 (48). С. 37—43.
  23. Кражан С. А., Хижняк М. І. Природна кормова база ставів. Херсон : Олді-Плюс, 2009. 328 с.
  24. Кражан С. А., Лупачева Л. И. Естественная кормовая база водоемов и методы ее определения при интенсивном ведении рыбного хозяйства. Львов, 1991. 105 с.



## TECHNOLOGIES IN AQUACULTURE / ТЕХНОЛОГІЇ В АКВАКУЛЬТУРІ

Ribogospod. nauka Ukr., 2023; 3(65): 34-56  
DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2023.03.034>  
UDC 639.371.5:597.554.3 (477)

Received: 31.07.23  
Received in revised form: 17.08.23  
Accepted: 20.09.23

### PERSPECTIVES OF ARTIFICIAL REPRODUCTION OF THE VYREZUB (*RUTILUS FRISII FRISII* NORDMAN, 1840) IN UKRAINE (A REVIEW)

**V. Gurbyk**, viktoriagurbyk@gmail.com,  
Institute of Fisheries of the National  
Academy of Sciences, Kyiv

**A. Mruk**, amruk@ukr.net, Institute of  
Fisheries of the National Academy of  
Sciences, Kyiv

**A. Kucheruk**, anna-kycheryk@ukr.net,  
Institute of Fisheries of the National  
Academy of Sciences, Kyiv

**Purpose.** *The main goal of the thematic review was the analysis and generalization of literary sources on the peculiarities of its biology, technological aspects of artificial reproduction and growing of vyrezub (*Rutilus frisii frisii* Nordman, 1840) for the restoration of its natural population in water bodies of Ukraine. To evaluate the perspectives of artificial reproduction and growing of vyrezub in aquaculture of Ukraine.*

**Findings.** *As a result of human impact on river networks of Ukraine, the abundance of vyrezub significantly decreased, it has become a rare and at the same time an endangered species. According to retrospective data, vyrezub previously belonged to the widespread commercial species of the Dnipro and Southern Bug rivers. The biological features of this species have been analyzed, the observance of which can allow obtaining viable fish seeds in aquaculture conditions. The adaptive possibilities of vyrezub to artificial conditions of reproduction have been reviewed. Historical information on the reproduction of this species over the last century has been analyzed. On the territory of Ukraine, first attempts to artificially reproduce vyrezub were carried out by spe-*

### БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ШТУЧНОГО ВІДТВОРЕННЯ ВИРЕЗУБА (*RUTILUS FRISII FRISII* NORDMAN, 1840) В УКРАЇНІ (ОГЛЯД)

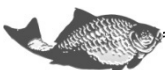
**В. В. Гурбик**, viktoriagurbyk@gmail.com,  
Інститут рибного господарства НААН,  
м. Київ

**А. І. Мрук**, amruk@ukr.net, Інститут риб-  
ного господарства НААН, м. Київ

**А. І. Кучерук**, anna-kycheryk@ukr.net,  
Інститут рибного господарства НААН,  
м. Київ

**Мета.** *Завданням тематичного огляду є аналіз і узагальнення літературних джерел щодо особливостей біології, технологічних аспектів штучного відтворення і вирощування вирезуба (*Rutilus frisii frisii* Nordman, 1840) з метою відновлення чисельності його природних популяцій у водоймах України. Оцінити перспективи штучного відтворення та вирощування вирезуба в аквакультурі України.*

**Результати.** *Внаслідок антропогенного навантаження на річкові мережі України чисельність вирезуба значно зменшилась, він став рідкісним та, водночас, видом, що зникає. За ретроспективними даними, вирезуб належав до розповсюджених промислових об'єктів річок басейнів Дніпра та Південного Бугу. Проаналізовано біологічні особливості цього виду, врахування яких сприятиме організації робіт з отримання життєстійкої молоді вирезуба в умовах аквакультури. Розглянуто адаптаційні можливості вирезуба до штучних умов відтворення. Узагальнено історичні відомості з використання цього виду упродовж останнього столітнього періоду. На території України*



specialists of Ukrcherrybvod. According to the results of studies of Ukrainian scientists, several stages of artificial reproduction of vyrezub have been identified, namely: taking spawners from natural water bodies, obtaining eggs and sperm, incubation of eggs in incubation devices, obtaining 6 g fish seeds, release of viable juveniles into natural water bodies. However, the works on artificial reproduction of vyrezub were not successful, which was the reason for their complete cessation. In particular, this species is promising for growing in polyculture, as it does not create intense trophic competition with most objects of freshwater aquaculture, and as a result of the consumption of mollusks will reduce the likelihood of the spread of some invasive fish diseases.

**Practical value.** The review of information sources on various aspects of the use of vyrezub in aquaculture will contribute to the development of a system of separate links of the technology of its cultivation for the needs of rearing in the conditions of aquaculture enterprises and stocking of internal water bodies with viable juveniles.

**Key words:** vyrezub (*Rutilus frisii frisii* Nordman, 1840), aquaculture, biocontrol effect, artificial reproduction, viable juveniles, stocking, restoration of population abundance.

## PROBLEM STATEMENT

Significant changes in the ichthyofauna of Ukrainian rivers occurred as a result of the construction of hydroelectric power plants and the creation of reservoirs. The transformation of the lotic system into the lentic system took place due to the regulation of water bodies, [1,2]. Migratory and rheophilic fish species turned out to be the most vulnerable to changes in the hydrological regime of rivers, since the change in the abiotic environment directly affects spawning conditions. Therefore, in order to preserve the hydrobiocenosis in such water

перші спроби штучного відтворення вirezуба проведені фахівцями Укрчоррибводу. За результатами цих експериментів, виділено низку етапів технологічного процесу штучного відтворення вirezуба, а саме: вилучення плідників з природних водойм, отримання ікри та сперми, запліднення ооцитів, інкубація ікри в апаратах, вирощування цьоголіток масою до 6 г, зариблення життєстійкою молоддю природних водойм. Проте роботи зі штучного відтворення вirezуба не набули істотного поширення, характеризувались недостатньою ефективністю і припинились.

Розширення видового набору об'єктів аквакультури за рахунок вirezуба сприятиме отриманню додаткового біомеліоративного ефекту. Зокрема, цей вид є перспективним для вирощування у полікультурі, оскільки не створює напружену трофічну конкуренцію з більшістю об'єктів прісноводного рибицтва, а в результаті споживання молюсків зменшуватиме імовірність поширення деяких інвазійних захворювань риб.

**Практична значимість.** Зроблений огляд інформаційних джерел за різними аспектами використання вirezуба в аквакультурі сприятиме розробленню системи окремих ланок технології його культивування для потреб вирощування в умовах рибгосподарських підприємств та зариблення внутрішніх водойм життєстійкою молоддю.

**Ключові слова:** вirezуб (*Rutilus frisii frisii* Nordman, 1840), аквакультура, біомеліоративний ефект, штучне відтворення, життєстійка молодь, відновлення чисельності популяції.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Значні зміни в іхтіофауні річок України відбулись внаслідок будівництва гідроелектростанцій (ГЕС) та створення водосховищ. У зв'язку із зарегулюванням водойм, відбулась трансформація лотичної системи на лентичну [1, 2]. Найбільш вразливими до змін гідрологічного режиму річок виявились прохідні та реофільні види риб, оскільки зміна абіотичного середовища безпосередньо впливає на нерестові умови. Тому з метою збереження гідробіоценозу на таких водних об'єктах необхідні постійні наукові дослідження



bodies, it is necessary to carry out studies aimed at determining the state and preservation of local ichthyofauna [3,4].

Vyrezub or Black Sea roach (*Rutilus frisii frisii* Nordman, 1840) is one of the species of the genus *Rutilus* Rafinesque, 1820. According to literary data, it got its name due to the presence of large pharyngeal teeth, which are connected with the nature of its nutrition. There are representatives of two ecological forms including semi-migratory and non-migratory, which constantly remains within the limits of the corresponding river network [5,6]. The intraspecific variability of the semi-migratory ecological form, namely the one that migrates during the spawning period, is characterized by a variable onset of the run, due to which winter and spring groups are distinguished. Spawning is characterized by synchronous development of oocytes and single spawning [7,8].

The abundance of vyrezub has significantly decreased as a result of the human impact and it became a rare and at the same time an endangered species. According to generally known data, vyrezub previously belonged to the widespread commercial species of the Dnipro and Southern Bug rivers [9,10]. For example, the largest commercial catch of this species in the Dnipro River of 104 tons was registered in 1955. In the following years, a decrease in the commercial catch of vyrezub and the minimum of 1 ton was achieved in 1959 [11,12].

Due to a decrease in the abundance and the reduction of the area of distribution of vyrezub, it belongs to the list of species, which were included in the Red Book of Ukraine and neighboring countries in 2009 [13,14]. One of the measures to preserve natural reserves of vyrezub is its protection by the Berne Convention [15]. In recent years, the presence of a local population of vyrezub in the Dniester reservoir as well as in the upper reaches of the Dniester [16,17] has been established.

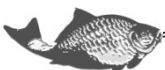
щодо визначення стану та збереження локальної іхтіофауни [3, 4].

Вирезуб причорноморський (*Rutilus frisii frisii* Nordman, 1840) є одним з видів роду плітки *Rutilus* Rafinesque, 1820. Згідно з літературними даними, вид отримав назву завдяки наявності великих глоткових зубів, які зумовленні характером живлення. Зустрічаються представники двох екологічних форм, а саме — напівпрохідної та жилої, яка постійно перебуває в межах відповідної річкової мережі [5, 6]. Внутрішньовидова мінливість напівпрохідної екологічної форми, а саме тієї, що здійснює міграції в період нересту, характеризується варіативним початком нерестової активності, завдяки чому розрізняють озимі та ярівні групи. Нерест характеризується синхронним розвитком ооцитів та одноразовим ікрометанням [7, 8].

Внаслідок антропогенного навантаження, чисельність вирезуба значно зменшилась, він став рідкісним та, водночас, видом, що зникає. За загальновідомими даними раніше вирезуб належав до розповсюджених промислових об'єктів річок Дніпро та Південний Буг [9, 10]. Так, найбільший промисловий вилов у річці Дніпро цього виду зареєстровано у 1955 р. на рівні 104 т. У наступні роки спостерігалось зниження промислового вилову вирезуба до мінімальних показників, а саме — 1 т у 1959 р. [11, 12].

У зв'язку зі зниженням чисельності та скороченням ареалу поширення вирезуба, він належить до списку видів, які занесені у 2009 р. до Червоної книги України та суміжних країн [13, 14]. Одним із заходів щодо збереження природних запасів вирезуба є занесення до списків Бернської конвенції [15]. За останні роки встановлено наявність локальної популяції вирезуба у Дністровському водосховищі, а також у верхній течії Дністра [16, 17].

Вселення у водні об'єкти рідкісних



The introduction of rare native species of fish into water bodies is beyond the scope of standard measures to increase commercial fish productivity, but it can be of significant importance for ensuring a stable structure of the ichthyocenosis and preserving the biodiversity of water bodies. Artificial reproduction of vyrezub in the aquaculture of Ukraine may allow obtaining an additional biocontrol effect, which is planned to be provided due to the peculiarities of its nutrition, which is dominated by mollusks [32]. Additional use of a mollusk-eater in pond polyculture will contribute to reducing the spread of some invasive fish diseases with the achievement of a certain resource-saving result.

The existing technologies of artificial reproduction of vyrezub are insufficiently studied and developed, in particular, they are accompanied by a number of additional difficulties at the stage of early ontogenesis [18,19]. The study of the technological aspects of artificial reproduction of vyrezub in order to obtain viable juveniles to replenish its local population is particularly important [20, 21].

Thus, the aim of the work is to assess the prospects of artificial reproduction of vyrezub in aquaculture in Ukraine, which will allow restoring and preserving its local populations.

#### ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

The vyrezub (*Rutilus frisii* Nordman, 1840) is one of the fish listed in the Red Book of Ukraine due to the decrease in its abundance caused by a number of anthropogenic factors [5]. However, according to literature data, this species was found in many inland water bodies of our country at the beginning of the 20th century [12, 16]. А

аборигенних видів риб знаходиться поза системою стандартних заходів з підвищення промислової рибпродуктивності, однак воно може мати істотне значення для забезпечення сталої структури іхтіоценозу та збереження біорізноманіття водойм. Штучне відтворення вирезуба за його введення в аквакультуру України, можливо, дасть змогу отримати додатковий біомеліоративний ефект, який планується забезпечити за рахунок особливостей його живлення, в якому домінують молюски [32]. Додаткове використання споживача молюсків у ставовій полікультурі сприятиме зменшенню поширення деяких інвазійних захворювань риб із досягненням певного ресурсощадного результату.

Існуючі технології штучного відтворення вирезуба є недостатньо опрацьованими, зокрема, характеризуються низкою додаткових труднощів і специфічних недоліків на етапах раннього онтогенезу цього об'єкта риборозведення [18, 19]. Особливо актуальними є дослідження технологічних аспектів штучного відтворення вирезуба з метою отримання життєстійкої молоді для поповнення чисельності його локальних популяцій [20, 21].

Отже, основною метою роботи є оцінка перспектив штучного відтворення вирезуба в аквакультурі України, що дозволить відновити та зберегти його локальні популяції.

#### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Вирезуб причорноморський (*Rutilus frisii* (Nordman, 1840)) належить до риб, що занесені до Червоної книги України, у зв'язку зі зниженням чисельності, що спровоковано низкою антропогенних чинників [5]. Однак, за літературними даними, ще на початку ХХ ст. цей вид зустрічався у багатьох внутрішніх водоймах нашої держави [12, 16]. Стрімке



rapid decrease in the number of populations of this species occurred as a result of active regulation of river flow [22].

According to retrospective data, the fossil remains of the vyrezub were found during excavations of ancient human settlements near the Desna River, namely in the area of the town of Novgorod-Siverskyi [23]. According to the study of paleoichthyological material from two early Neolithic settlements on the Dniester and Danube rivers, numerous bone remains of vyrezub were found [23, 24]. It was found that its average sizes, according to the obtained specimens, which were harvested by the inhabitants of ancient settlements, exceeded the corresponding sizes of today's vyrezub [24].

As early as at the beginning of the 19th century, the area of distribution of vyrezub was the river basins of the Black and Azov Seas from Eastern Bulgaria to Western Transcaucasia. Local populations were found in the rivers of Ukraine: Dniester, Southern Bug, Dnipro [25,26]. Already by the end of the 19th — beginning of the 20th century, a tendency to decrease in the size of the vyrezub population in commercial catches was observed, which caused an increase in its economic value [25].

Fattening of semi-migratory forms of vyrezub occurred in the Black Sea, namely in the brackish area of the northwestern region, in particular in the Dnipro-Bug estuary. During the spawning period, this species migrated to the upper part of the Dnipro River, an identical trend was observed in the Desna River. Among the tributaries of the Dnipro River, vyrezub was most often found in the Styr River, less often in the Horyn, Pripyat, Iput, Desna, and Sula rivers [26,27,28].

The rapid decrease in the abundance of vyrezub in rivers was preceded by the creation of hydroelectric power stations. Deterioration of the conditions of natural re-

зменшення чисельності популяцій цього виду відбулось внаслідок активного зарегулювання стоку річок [22].

За ретроспективними даними, викопні рештки вирезуба зустрічались під час розкопок поселень стародавньої людини поблизу річки Десна, а саме в районі міста Новгород-Сіверський [23]. Згідно з дослідженням палеоіхтіологічного матеріалу з двох поселень раннього неоліту на Дністрі та Дунаї, виявлені численні кісткові рештки вирезуба [23, 24]. Встановлено, що його середні розміри, за отриманими зразками, які добували мешканці стародавніх поселень, перевищували відповідні розміри вирезуба сьогодення [24].

Ще на початку XIX ст. ареалом поширення вирезуба були басейни річок Чорного та Азовського морів від Східної Болгарії до Західного Закавказзя. Місцеві локальні популяції зустрічались у річках України: Дністер, Південний Буг, Дніпро [25, 26]. Вже до кінця XIX — початку XX ст. спостерігалась тенденція до зменшення чисельності популяції вирезуба у промислових уловах, що спричинило зростання його економічної вартості [25].

Нагул напівпрохідних форм вирезуба відбувався у Чорному морі, а саме на солонуватоводній ділянці північно-західного району, зокрема в Дніпро-Бузькому лимані. У період нересту цей вид мігрував до верхньої частини річки Дніпро, ідентична тенденція спостерігалась і в річці Десна. Серед приток річки Дніпро найчастіше вирезуб зустрічався в річці Стир, рідше — в річках Горині, Прип'яті, Іпуті, Десні, Сулі [26–28].

Стрімкому зменшенню чисельності вирезуба у ріках передувало створення гідроелектростанцій. Погіршення умов природного відтворення вирезуба спровоковано зарегулюванням перекатів річок, які слугували місцями нерестовищ та міграцій. Так, у результаті створення Дубосарської ГЕС, середня ділянка





production of this species was provoked by the regulation of river riffles, which served as places for spawning and migrations. For example, as a result of the creation of the Dubossary HPP, the middle section of the Dniester was blocked by a dam, which caused a significant change in the local ichthyofauna in this section of the river [29].

Before the impoundment of the Southern Bug, vyrezub occupied a prominent place in commercial catches in this river [21, 30]. As a result of the creation of the Oleksandrivka HPP, the construction of the dam of which began in 1927, an obstacle was created on the migration routes of this species. As a result, during the spawning migration, it accumulated under the dam of the power plant. The main places of its natural reproduction in Southern Bug turned out to be inaccessible [31].

The spawning migration in the Dnipro River took place until the upper reaches, as the river was characterized by a turbulent current. However, after the creation of the Dnipro HPP, the migration routes of this species were blocked [32].

Today, within the borders of Ukraine, there are several localities of vyrezub in the Dniester River basin and the Dniester Reservoir. Favorable factors for the preservation of these populations are the presence of an unregulated upper part of the Dniester, which enables it to perform spawning migrations. In addition, in this part of the Dniester River, there are most spawning grounds suitable for this fish species. Fattening and wintering of vyrezub also take place in the Dniester Reservoir [33–35].

According to size characteristics, the Dniester population of vyrezub was characterized by a tendency to increase the body length of fish. According to the latest studies conducted in 2007, the average length of specimens of this species was 25–30 cm [36–38].

Дністра виявилась перекритою греблею, що спричинило суттєву зміну місцевої іхтіофауни на цій ділянці ріки [29].

До зарегулювання Південного Бугу у промислових уловах у цій річці вирезуб займав визначне місце [21, 30]. В результаті створення Олександрівської ГЕС, спорудження греблі якої розпочалось у 1927 р., створилась перепона на міграційних шляхах цього виду. В результаті в період нерестової міграції вирезуб скупчувався під греблею електростанції. Основні місця природного відтворення вирезуба у Південному Бузі виявились недоступними [31].

Нерестову міграцію у Дніпрі вирезуб здійснював до верхньої частини, оскільки річка характеризувалась бурхливою течією. Однак після створення Дніпровської ГЕС міграційні шляхи цього виду виявились перекритими [32].

На сьогодні в межах України залишилось декілька місцевих локалітетів вирезуба у басейні річки Дністер та Дністровському водосховищі. Сприятливими чинниками для збереження цих популяцій є наявність незарегульованої верхньої частини Дністра, що дає змогу вирезубу здійснювати нерестові міграції. До того ж, в цій частині ріки Дністер існує більшість прийнятних для цього виду риб нерестовищ. Нагул та зимівля вирезуба також відбуваються у Дністровському водосховищі [33–35].

За розмірними характеристиками дністровська популяція вирезуба характеризувалась тенденцією до збільшення довжини тіла риб. За останніми дослідженнями, проведеними у 2007 р., середня довжина представників цього виду становила 25–30 см [36–38].

У дністровської популяції вирезуба встановлено зміни мерестичних та пластичних ознак тіла в результаті зарегулювання річки Дністер, а саме — у кількості розгалужених променів спинних та анальних плавців. Серед пластичних оз-



In the Dniester population of vyrezub, changes in merestic and plastic body features have been found as a result of the impoundment of the Dniester River. Namely, in the number of branched rays of the dorsal and anal fins. Among the plastic signs, an increase in the maximum height of the body, a decrease in the postdorsal distance, and a shortening of the relative length of the caudal peduncle were detected. Ukrainian scientists associate changes in the body features of this species with the adaptation of this species to the hydrological regime of the reservoir [39–41].

Deterioration of conditions of natural reproduction for rheophilic fish species in the reservoirs of Ukraine necessitates the development of technological methods of their artificial reproduction, thanks to which prerequisites are created for improving the core of the biocenosis of populations. Accordingly, the problem of determining the main difficulties in the artificial reproduction of vyrezub in order to replenish local populations becomes important.

In addition to vyrezub, another representative of this genus is known — the Caspian kutum (*Rutilus kutum* Kamensky, 1901) [8], which is sometimes considered a Caspian subspecies of vyrezub [42]. It is characterized by a semi-migratory lifestyle, the population mainly inhabits the southern and western part of the Caspian Sea. This species migrates to the Atrek, Gyurgen, Kuru, Terek, Volga, Kama, and Ural rivers [43,44].

In Ukraine, vyrezub (*Rutilus frisii* Nordman, 1840) inhabits the Azov-Black Sea basin, in the rivers of which there are known semi-migratory and resident populations [45,46].

Today, kutum is the most studied. Individuals of this species reach a maximum weight of 2.6–4.0 kg, length of 54–67 cm. Its population according to commercial catches is based on 0.5–2.5 kg fish.

нак установлено збільшення найбільшої висоти тіла, зменшення постдорсальної відстані, вкорочення відносної довжини хвостового стебла. Українські науковці пов'язують зміни в ознаках тіла вирезуба з адаптаційними особливостями виду до гідрологічного режиму водойми [39–41].

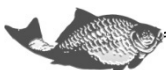
Погіршення умов природного відтворення для реофільних видів риб у водоймах України зумовлює необхідність розроблення технологічних методів їх штучного відтворення, завдяки яким створюються передумови для поліпшення ядра біоценозу популяцій. Відповідно, набуває актуальності проблема щодо визначення основних труднощів у штучному відтворенні вирезуба з метою поповнення місцевих популяцій.

Крім вирезуба відомий інший представник цього роду — кутум (*Rutilus kutum* Kamensky, 1901) [8], якого іноді вважають каспійським підвидом вирезуба [42]. Його особини характеризуються напівпрохідним способом життя, популяція населяє переважно південну та західну частину Каспійського моря. Міграції кутум здійснює у річки Атрек, Гюрген, Куру, Терек, Волгу, Каму, Урал [43, 44].

В Україні вирезуб (*Rutilus frisii* Nordman, 1840) населяє Азово-Чорноморський басейн, у річках якого відомі напівпрохідні та жилі (туводні) популяції [45, 46].

На сьогодні найбільш вивченим є кутум. Представники цього виду досягають максимальної маси 2,6–4,0 кг, довжини — 54–67 см. Основу популяції кутума за промисловими виловами складають риби з масою 0,5–2,5 кг. Кутум дозріває на 3–5 році, вирезуб — на 1–2 роки пізніше. Нерестові міграції цих риб відбуваються у березні–травні за температури 8–15°C. За цієї температури ембріональний розвиток кутума і вирезуба триває близько 12–15 діб [8, 47].

На території України вперше спроби зі штучного відтворення вирезуба прове-



Maturation occurs at 3–5 years of age, while vyrezub reaches it 1–2 years later. Spawning migrations of both fish species take place in March–May at a temperature of 8–15°C. At this temperature, their embryonic development lasts about 12–15 days [8,47].

On the territory of Ukraine, first attempts of artificial reproduction of vyrezub were carried out in 1945 by specialists of the Ukrcherrybvod. Brood fish caught from natural water bodies served as the starting brood stock [48]. In order to preserve local stocks of rare and endangered fish species, it is necessary to act with maximum caution in order to reduce injury to spawners and their return to the natural environment.

The average age of vyrezub maturation is 5 years. According to literature data, this species belongs to fish with high fecundity, inferior in this parameter only to some cyprinids [48,49]. The average population fecundity ranges from 89 to 260 thousand eggs [8, 50].

The study of sexual demorphism of vyrezub requires special attention. According to literary sources, the main sign of males is the appearance of epithelial formations on the body, which indicate readiness for spawning activity [51]. According to morphometric features, the merestic features of the body is relevant for identifying females, namely, they have 10 branched rays in their ventral fins. According to plastic features, males are characterized by a smaller eye diameter and a larger anteventral distance [52].

Spawning activity of vyrezub is observed at a water temperature of 8–10 °C, during this period the males begin to migrate to the spawning grounds. During the migration to the river, they become covered with tubercles, which they use to rub against stones of the river bottom by cleaning the future spawning places from the eggs of other fish, slime, and algae. When the spawning temperature is reached, the fe-

дені у 1945 р. фахівцями Укрчоррибводу. Вихідним маточним стадом слугували плідники вилвлені з природних водойм [48]. Для збереження локальних стад рідкісних і зникаючих видів риб необхідно діяти з максимальною обережністю з метою зменшення травмування плідників та їх повернення у природне середовище.

Середній вік дозрівання вирезуба становить 5 років. За літературними даними, цей вид належить до високоплодючих риб, поступаючись за цим показником лише деяким корошовим видам риб [48, 49]. Середня популяційна плодючість коливається в межах від 89 до 260 тис. ікринок [8, 50].

Особливої уваги потребує вивчення статевого диморфізму вирезуба. За літературними джерелами, головною ознакою самців є поява на тілі епітеліальних утворень, які засвідчують готовність до нерестової активності [51]. За морфометричними ознаками для визначення самок актуальною є мерестична характеристика тіла, а саме в них встановлено 10 розгалужених променів у черевних плавцях. За пластичними ознаками самці характеризуються меншим показником діаметра ока та більшою антевентральною відстанню [52].

Нерестова активність вирезуба спостерігається за температури води 8–10°C, у цей період самці починають мігрувати до нерестовищ. Під час міграції у річку вони вкриваються епітеліальними наростами (горбками), якими труться об каміння дна річки, очищаючи майбутні місця нересту від ікри інших риб, слизу, водоростей. За досягнення нерестових температур самиця у супроводі двох-трьох самців починає тертись об каміння та викидає ікру. Нерест одноразовий. Першими нерестяться більш за розміром особини, потім дрібніші. Нерест продовжується близько двох-трьох тижнів, залежно від температури води та її коливань [49].



male, accompanied by two or three males, begins to rub against stones and throw out eggs. Spawning is one-time. Larger individuals spawn first, then smaller ones. Spawning continues for about two to three weeks, depending on water temperature and its fluctuations [49].

The technology of artificial reproduction of kutum is sufficiently developed. In order to obtain viable kutum seeds, harvest of broodstock continues during its migration into the river system. According to some researchers, the peak of spawning of this species is observed at a water temperature of 10-16°C [53]. Eggs and milt during this period are at the IV-V stages of maturity. The average length of males is 38-55 cm, females - 40-60 cm, the average weight of males is 0.7-1.5 kg, females - 1.0-2.0 kg. The average age of breeders ranges from 3 to 7 years [54].

Brood kutum with a ratio of females to males 1:1 are kept in cages, which are installed on the stream. After transporting broodstock to the hatchery, males are kept separately from females. According to some literary sources, eggs and milk are collected in kutum without injection. Eggs are fertilized in a "dry" way. Eggs are sticky, it is washed from sticky substances for 1-2 hours. Spawning of kutum is one-time [53].

According to literature sources, ecological methods of stimulating the maturation of eggs in females of vyrezub did not have a positive result during artificial reproduction. The most effective method for their maturation was the use of pituitary injections. The response of breeders to hormonal stimulation was up to 90% [55].

An important practical issue for carrying out hormonal stimulation of brood vyrezub is the dosage of the drug. During artificial reproduction, it is possible to stimulate the spermatozoa with synthetic gonadotropic drugs [53]. In order to minimize injury to broodstock caught from the natural environ-

Достатньо опрацьованою є технологія штучного відтворення кутума. З метою отримання життєстійкого посадкового матеріалу заготівля його плідників триває під час міграції у річкову систему. За даними деяких дослідників, розпал нересту цього виду спостерігається за температури води 10–16°C [53]. Статеві продукти в цей період знаходяться на IV–V стадіях зрілості. Середня довжина самців становить 38–55 см, самиць — 40–60 см, середня маса самців — 0,7–1,5 кг, самиць — 1,0–2,0 кг. Середній вік плідників коливається у межах 3–7 років [54].

Виловлених плідників кутума за співвідношення самок і самців 1:1 перетримують у садках чи прорізах, які встановлюють на течії. Після перевезення плідників до інкубаційного цеху, самців утримують окремо від самиць. За даними деяких літературних джерел, ікру і молоки у кутума відбирають без ін'єктування. Запліднюється ікра «сухим» способом. Ікра клейка, відмивають її від клейких речовин упродовж 1–2 год. Нерест у кутума одноразовий [53].

За даними літературних джерел, екологічні методи стимулювання дозрівання статевих продуктів у самок вирезуба, причорноморського не мали позитивного результату за штучного відтворення. Для їх дозрівання найефективнішим методом виявилось застосування гіпофізарних ін'єкцій. Відповідь плідників на гормональну стимуляцію становила до 90% [55].

Важливим практичним питанням за проведення гормонального стимулювання плідників вирезуба є дозування препарату. За штучного відтворення можлива стимуляція плідників вирезуба синтетичними гонадотропними препаратами [53]. З метою мінімізації травмування виловлених з природного середовища плідників доцільно застосовувати стимулювання дозрівання гонад за допомогою еколого-фізіологічного методу [56].



ment, it is advisable to use the stimulation of gonad maturation using an ecological and physiological method [56]. Considering the ethological status of vyrezub, the most appropriate method for obtaining ripe eggs is abdominal massage. In order to reduce the stress factor, it is necessary to use anesthesia in the technological works, which will allow preserving the broodstock for future processes of artificial reproduction or ensure their release into the natural environment. At the same time of collecting eggs from females, sperm is collected from males.

During the artificial reproduction of kutum, incubation of eggs is recommended to be carried out in Yushchenko's apparatus. About 0.6 kg of eggs (150-200 thousand pieces) are loaded into one device. Usually, eggs from two females are fertilized with the sperm of three males. Incubation at 20°C lasts 5-6 days, at 8-16°C — 12-15 days [53].

Fertilization of vyrezub eggs during artificial reproduction, given the biological features of the species, is best carried out by the dry method proposed by V.P. Vraskey. Once in water, fish eggs instantly changes shape due to the development of a perivitelline space. It arises as a result of the activation of the egg, due to the release of cortical bodies and substances localized in the deeper layers of the cytoplasm. This adaptation to the conditions of the aquatic environment is necessary for the mechanical protection of the fish embryo and is a favorable environment for its development [57].

Vyrezub belongs to fish of the lithophilic group. In natural water bodies, brood fish lay eggs on stony, pebble or sand-pebble substrate [21]. An additional condition for the successful spawning of vyrezub is the surrounding factors, namely the presence of a current and clean water. After fertilization, the eggs are characterized by weak development of the perivitelline space, which increases its weight. Eggs sink to the bottom and stick to the substrate [58]. Taking into

З огляду на етологічний статус вирезуба, найбільш доцільним методом для отримання дозрілої ікри є відвіджування. З метою зменшення стресового чинника необхідним є використання в технологічних роботах анестезії, що дозволить зберегти плідників для майбутніх процесів зі штучного відтворення або забезпечить їх випуск у природне середовище. Одночасно з рибницькими роботами із самицями, здійснюють отримання сперми від самців.

Під час штучного відтворення кутума, інкубацію ікри рекомендовано проводити в апаратах Ющенка. В один апарат завантажують близько 0,6 кг ікри (150–200 тис. шт.). Зазвичай ікру від 2 самок запліднюють спермою 3 самців. Інкубація при 20°C триває 5-6 діб, при 8–16°C — 12-15 діб [53].

Запліднення ікри вирезуба причорноморського за штучного відтворення, з огляду на біологічні особливості виду, краще проводити сухим способом, запропонованим В.П. Враським. Ікра риби, опиняючись у воді, миттєво змінює форму, через утворення перивітелінового простору. Виникає він внаслідок активізації ікри, через виділення кортикальних тілець і речовин, локалізованих в глибших шарах цитоплазми. Ця адаптація до умов водного середовища необхідна для механічного захисту ембріону риби та забезпечує сприятливе середовище для його розвитку [57].

Вирезуб належить до риб літофільної групи. У природних водоймах плідники відкладають ікру на кам'янистий, гальковий або піщано-гальковий субстрат [21]. Додатковою умовою успішного нересту вирезуба є наявність течії та чистої води. Після запліднення ікра характеризується слабким розвитком перивітелінового простору, що підвищує її масу. Вона опускається на дно та приклеюється до субстрату [58]. З огляду на еколого-фізі-



account the ecological and physiological adaptation of vyrezub eggs to obtain larvae in artificial conditions, its deglutination is mandatory.

In 1956, a study was carried out on the territory of Ukraine with the aim of creating a broodstock of vyrezub [60]. Egg fertilization and subsequent incubation took place in Sess-Green devices, which were placed in water of the Southern Bug River. During the embryonic development of vyrezub, temperature fluctuations were 11-18°C. As a result of the study, embryo survival exceeded 30%, but it was not high enough for further work on obtaining viable material. Therefore, the works on artificial reproduction of vyrezub were not successful, which was the reason for their termination in 1957 [59, 60].

According to the results of studies by Ukrainian scientists, several stages of the artificial reproduction of vyrezub as of 1964 have been identified, namely: collection of broodstock from natural water bodies, production of eggs and sperm, fertilization of oocytes, incubation of eggs in Yushchenko apparatus, production of 6 g fish seeds, release of viable juveniles into natural water bodies [48].

When obtaining viable material of kutum after hatching of free embryos, they are kept in Yushchenko's apparatus for 2-3 days, adapting to mixed nutrition [53].

In 1949, with the assistance of the Ukrainian Rice Sowing Research Station, which was located on the bank of the Southern Bug, an experimental cultivation of viable material of vyrezub was carried out in rice fields [61]. To increase the number of young-of-the-years, rearing of larvae in floating cages was used. As a result of this experiment, the survival rate of young-of-the-years was 21.3% at a high stocking density and 60.5% at a low sticking density. Before stocking rice checks, the researchers focused special attention on the qual-

ологічну адаптацію ікри вирезуба, для отримання личинок в штучних умовах обов'язковим є її знеклеювання.

У 1956 р. на території України проводились дослідження з метою формування маточного стада вирезуба [60]. Запліднення ікри та подальша інкубація проходила в апаратах Сес-Гріна, які розміщували у воді річки Південний Буг. В період ембріонального розвитку вирезуба коливання температури становили 11–18°C. В результаті дослідження виживаність ембріонів перевищила 30%, однак вона була недостатньо високою для подальших робіт з отримання життєстійкого матеріалу. Тому роботи зі штучного відтворення вирезуба не мали успіху, що стало причиною для їх припинення у 1957 р. [59, 60].

За результатами досліджень українських науковців виділено декілька етапів зі штучного відтворення вирезуба станом на 1964 р., а саме: вилучення плідників з природних водойм, отримання ікри та сперми, запліднення ооцитів, інкубація ікри в апаратах Ющенка, отримання рибопосадкового матеріалу масою 6 г, випуск життєстійкої молоді в природні водойми [48].

Під час отримання життєстійкого матеріалу кутума після вилуплення вільних ембріонів їх перетримують в апаратах Ющенка 2–3 доби, адаптуючи до змішаного живлення [53].

У 1949 р. за сприяння Української дослідницької станції рисосіяння, яка розташовувалась на березі Південного Бугу, проводилось експериментальне вирощування життєстійкого матеріалу вирезуба причорноморського у рисових чеках [61]. Для збільшення кількості цьоголіток використовували підросування личинок у плавучих садках. У результаті даного експерименту встановлена виживаність цьоголіток за високої густоти посадки на рівні 21,3%, за розрідженої густоти посадки — відповідно, 60,5%.



itative and quantitative parameters of the development of the natural food supply. In view of the relatively low yield of young-of-the-year vyrezub under the conditions of cultivation in rice paddies, the available feed resources could not provide the necessary intensity of fish nutrition. An additional factor in reducing the yield of viable juveniles as a result of experimental cultivation was the significant daily fluctuations of water temperature in the rice paddies, the difference between morning and evening measurements was sometimes more than 14 degrees. As a result of the study conducted on producing viable material of vyrezub in rice checks, it was found that young-of-the-years were characterized by a sufficiently high survival rate under the conditions of a specific temperature regime during the experiment [61].

The acquired experience of researchers allows us to state that in conditions of limited supply of fish with natural food, juvenile vyrezub grow better under low stocking density [62]. Study of Ukrainian scientists have proven the resilience of vyrezub to significant temperature fluctuations in the first year of life, which gives grounds for predicting the suitability for effective cultivation of young-of-the-years in pond farms [63]. An additional topical issue is the possibility of growing vyrezub in the conditions of pond polyculture, since it can perform the function of a valuable biocontrol agent in aquaculture, which is determined by its type of nutrition [32]. In the early stages of ontogenesis, vyrezub consumes mixed food. For example, algae, insect larvae and remains of bivalve mollusks were found in the intestinal tract of its juveniles. According to the literature, the intestinal tract of adults vyrezub was filled with the remains of mollusks, stones and a small amount of chironomids [32].

Opinions have been expressed regarding the possible absence of intense trophic

Перед зарибленням рисових чеків дослідники зосередили особливу увагу на якісних та кількісних показниках розвитку природної кормової бази. З огляду на відносно невисокий вихід цьоголіток вирезуба за умов вирощування у рисових чеках, наявні кормові ресурси не змогли забезпечити необхідну інтенсивність живлення риб. Додатковим чинником зменшення виходу життєстійкої молоді в результаті експериментального вирощування були істотні добові коливання температури води у рисових чеках: різниця між ранковими та вечірніми замірами іноді становила понад 14°C. У результаті проведеного дослідження з отримання життєстійкого матеріалу вирезуба у рисових чеках, встановлено, що цьоголітки характеризувались досить високою виживаністю за умов специфічного температурного режиму в період досліду [61].

Отриманий досвід науковців дозволяє стверджувати, що в умовах обмеженого забезпечення риб природною їжею молодь вирезуба краще росте за розріджених посадок [62]. Дослідженнями українських науковців засвідчена стійкість вирезуба до істотних температурних коливань на першому році життя, що дає підстави прогнозувати придатність для ефективного вирощування цьоголіток у ставових господарствах [63]. Додатковим актуальним питанням є можливість вирощування вирезуба в умовах ставової полікультури, оскільки він може виконувати функцію цінного біомеліоратора в аквакультурі, що зумовлено його типом живлення [32]. На ранніх етапах онтогенезу вирезуб споживає змішану їжу за походженням. В кишковому тракті молоді знайдено водорості, личинки комах та поодинокі рештки двостулкових молюсків. Кишковий тракт дорослих особин вирезуба, за літературними даними, був наповнений рештками молюсків, камінням та невеликою кількістю хірономід [32].



competition of vyrezub with other valuable objects of aquaculture in the process of growing in polyculture, but these assumptions require additional experimental clarification [62].

There are literary data on the cultivation of young-of-the-year kutum in ponds with an area of 3–5 hectares and a depth of 1.5–1.8 m, with shallow areas (0.5 m) up to 30% of the pond area. The stocking density was from 150 to 250 thousand specimens/ha, depending on plankton biomass [47]. Larvae 9–10 mm in size feed on microzooplankton and periphyton, later on phytoplankton and nauplii, and upon reaching a length of 13 mm, they switch to feeding on zooplankton and insect larvae. At a length of 17–20 mm, at the age of one month, they switch to feeding on benthos and larger forms of plankton [53]. At the above-mentioned stocking density, they are grown for 2–2.5 months until reaching an average weight of 4.5 g. Young-of-the-years are harvested with a fish trap, into which they fall during the period of water discharge [59].

The survival rate of vyrezub after introduction into natural water bodies depends on the body weight of the stocking material, since an increase in the size of juveniles reduces the trophic pressure of predators. In order to increase the term of growing viable stocking material of this species, it is advisable to conduct studies on various aspects of its winter hardiness. For example, in 2009, scientists carried out winter maintenance of young-of-the-year vyrezub [62]. Wintering of vyrezub took place in cages, which were located in a natural water body. During wintering, the amount of dissolved oxygen content was not lower than 7.5 mg O<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. As a result of the winter retention of vyrezub, no significant loss was found in the experimental groups of fish [57, 60].

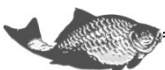
Among the positive factors of winter keeping in cages, following should be not-

Висловлювались думки щодо можливої відсутності напруженої трофічної конкуренції вирезуба з іншими цінними об'єктами аквакультури у процесі вирощування у полікультурі, проте ці припущення потребують додаткового експериментального уточнення [62].

Існують літературні дані щодо вирощування цьоголіток кутума у ставах площею 3–5 га глибиною 1,5–1,8 м, з мілководними ділянками (0,5 м) до 30% площі ставу. Густота посадки — від 150 до 250 тис. екз./га, у залежності від біомаси планктону [47]. Личинки розміром 9–10 мм живляться мікрозоопланктоном та перифітоном, пізніше — фітопланктоном та наупліями, а за досягнення довжини 13 мм переходять на живлення зоопланктоном та личинками комах. За довжини 17–20 мм, у віці одного місяця вони переходять на живлення бентосом та більшими формами планктону [53]. За вищезазначеної густоти посадки їх вирощують 2,0–2,5 місяці — до досягнення середньої маси 4,5 г. Відловлюють цьоголіток рибовловлювачем, у який вони самі потрапляють у період скидання води [59].

Рівень виживання вирезуба в результаті вселення в природні водойми залежить від маси тіла посадкового матеріалу, оскільки збільшення розмірних показників молоді знижує трофічний тиск хижаків. З метою збільшення терміну вирощування життєстійкого матеріалу вирезуба доцільно провести дослідження за різними аспектами його зимостійкості. Так, у 2009 р. науковцями проведено зимове утримання цьоголіток вирезуба [62]. Зимівля риб відбувалась у садках, які розташовувались у природній водоймі. Під час зимівлі кількість розчиненого у воді кисню не була нижчою 7,5 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В результаті зимового утримання вирезуба не виявлено значного відходу в експериментальних групах риб [57, 60].

Серед позитивних чинників зимово-





ed: increased adaptation to the environmental conditions of young-of-the-year vyrezub, an increase in the size characteristics of the fish's body. During the winter keeping in cages, it is necessary to comply with the technological requirements to prevent the nets and water within nets from freezing.

### CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

Thus, taking into account the data, in particular, from a review of literary sources, on the nature of the distribution and dynamics of the age-length parameters of vyrezub in the ichthyofauna of the Dniester River and the Dniester Reservoir, it can be expected that young-of-the-years will have a sufficient ability to adapt, both in the conditions of aquaculture and in the process of stocking into heterogeneous types of inland water bodies of Ukraine.

In order to increase the abundances of local populations of vyrezub, it is important to ensure the improvement of all aspects of the technology of cultivation of this member of the aboriginal ichthyofauna in controlled fish farming enterprises by working out effective methods of growing its different age groups in ponds and, if necessary, using modern methods of industrial aquaculture.

The development of methods of reproduction and cultivation of vyrezub must be carried out taking into account the principles of sustainable development of aquaculture in Ukraine for the rational use of aquatic biological resources in the conditions of ecologically safe nature management.

At the initial stages of solving the problem of restoration of the abundance of vyrezub in the ichthyofauna of inland water bodies of Ukraine, it is necessary to ensure:

- development of a principal scheme for the implementation of scientific studies and practical work on the preservation of the gene pool and artificial reproduction of

го утримання в садках слід відзначити: підвищену адаптацію до умов навколишнього середовища цьоголіток вирезуба, збільшення розмірних характеристик тіла риб. Під час зимового утримання в садках необхідно дотримуватись технологічних вимог щодо недопущення обмерзання сіток та водного плеса садків.

### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Отже, зважаючи на дані, зокрема, з огляду літературних джерел, на характер розповсюдження та динаміку розмірно-вікових показників вирезуба в іхтіофауні ріки Дністер та Дністровського водосховища, можна очікувати, що цей вид матиме достатню здатність до адаптації, як в умовах аквакультури, так і в процесі вселення у різні типи внутрішніх водойм України.

З метою збільшення чисельності локальних популяцій вирезуба важливо забезпечити удосконалення усіх ланок технології культивування цього представника аборигенної іхтіофауни у контрольованих рибогосподарських підприємств за відпрацювання ефективних методів вирощування його різних вікових груп у ставах та, в разі необхідності, із застосуванням сучасних методів індустріального рибництва.

Розроблення методів відтворення та вирощування вирезуба необхідно проводити з урахуванням принципів сталого розвитку аквакультури в Україні за раціонального використання водних біоресурсів в умовах екологічно безпечного природокористування.

На початкових етапах розв'язання проблеми відновлення чисельності вирезуба в іхтіофауні внутрішніх водойм України необхідно забезпечити:

- розроблення принципової схеми виконання науково-дослідних і практичних робіт із збереження генофонду та штучного відтворення чисельності популяцій



the abundance of populations of vyrezub adapted to the modern conditions of the development of aquaculture in the country;

– identification of water bodies (their parts) that meet the ecological needs for grazing and reproduction of vyrezub in natural conditions with the determination of the necessary amounts of stocking with its viable juveniles;

– carrying out complex studies of biological parameters of different age groups of vyrezub in water bodies of the Dniester basin and in the conditions of pond and industrial aquaculture farms;

– development of advanced technologies for the creation of broodstocks and artificial reproduction of vyrezub in aquaculture conditions using modern means of complex water treatment in the process of exaptation of broodfish and raising the produced fish larvae to viable stages;

– development of effective methods of cultivation in aquaculture of different size and age groups of stocking material of vyrezub intended for stocking of selected water bodies (their parts) taking into account the peculiarities of their ichthyocenoses;

– experimental stocking of specific water bodies with viable juveniles of vyrezub, collection and processing of relevant data on the effectiveness of the implementation of applied measures;

– conducting exploratory studies on the use of vyrezub as an additional object of freshwater aquaculture in Ukraine.

вирезуба, адаптованої до сучасних умов розвитку аквакультури в країні;

– виявлення водойм (їх ділянок), що відповідають екологічним потребам для нагулу та розмноження вирезуба у природних умовах із визначенням необхідних обсягів вселення його життєстійкої молоді;

– проведення комплексних досліджень біологічних показників різних вікових груп вирезуба у водоймах басейну Дністра і в умовах господарств ставової та індустріальної аквакультури;

– розроблення удосконалених технологій формування маточних стад та штучного відтворення вирезуба в умовах аквакультури із використанням сучасних засобів комплексної водопідготовки у процесі експлуатації плідників і підрощування отриманих личинок риб до життєстійких стадій;

– відпрацювання ефективних методів вирощування в аквакультурі різних розмірно-вікових груп посадкового матеріалу вирезуба, призначених для зариблення обраних водних об'єктів (їх ділянок) з урахуванням особливостей їхніх іхтіоценозів;

– здійснення експериментального зариблення конкретних водойм життєстійкою молоддю вирезуба, збір та опрацювання відповідних даних щодо ефективності реалізації застосованих рибогосподарських заходів;

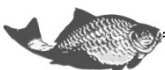
– проведення пошукових досліджень щодо використання вирезуба як додаткового об'єкта прісноводної аквакультури України.

## REFERENCES

1. Kryvonos, I. V., & Khyzhniak, M. I. (2021). *Vodoskhovyshcha yak vodni ekosystemy ta yikh osoblyvosti. Suchasni tekhnologii u tvarynnytstvi ta rybnytstvi: navkolyshnie seredovyshe – vyrobnytstvo produktsii – ekolohichni problemy: zbirnyk materialiv 75-oi*

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кривонос І. В., Хижняк М. І. Водосховища як водні екосистеми та їх особливості // Сучасні технології у тваринництві та рибистві // Навколишнє середовище – виробництво продукції – екологічні проблеми : 75-а Всеукр. наук.-практ. конф. : тези доп.



- Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii.: tezy dop.* Kyiv.
- Korzhov, Ye. I. (2018). *Naukovo-praktychni rekomendatsii shchodo pokrashchennia stanu vodnykh ekosystem hyrlovoi dilianky Dnipra shliakhom rehulivannia yikh zovnishnoho vodoobminu.* Kherson.
  - Yakovleva, T. V., Khandozhivskaia, A. Y., Mruk, A. Y., & Buzevych, Y. Yu. (2014). Osnovni napriamky robit iz shtuchnoho vidtvorennia tsinnykh vydiv ryb u vnutrishnikh vodoimakh Ukrainy. *Pytannia rybnoho hospodarstva Bilorusi*, 30.
  - Demchenko, N. (2009). Dynamika ikhtiofauny richok pivnichno-zakhidnoho Pryazovia XX st. *Visnyk Lviv. un-tu. Serii biologichna*, 50, 72-84.
  - Korotkyi, Y. I. (1937). Ikhtiofauna porozhystoi chastyny r. Dnipra ta yii zminy pid vylyvom pobuduvannia hrebli. *Visn. Dnipropetr. hidrobiol. Stantsii*, 11, 133-141.
  - Khudyi, O. I., & Tkebuchava, I. (2017). Vyrezub prychnomorskyi *Rutilus frisii* (Nordman, 1840) u zoologichnykh kolektsiiakh pryrodnychoho muzeiu Chernivetskoho natsionalnoho universytetu imeni Yurii Fedkovycha. *Suchasni problemy teoretychnoi ta praktychnoi ikhtiolohii: mater. X mizhnarodnoi ikhtiolohichnoi naukovo-praktychnoi konf., 19-21 veresnia 2017 r.: tezy dop.* Kherson, 359-363.
  - Movchan, Yu. V. (2008-2009). Ryby Ukrainy (taksonomiia, nomenklatura, zauvazhennia). *Zbirnyk prats Zoologichnoho muzeiu*, 40, 47-86.
  - Movchan V. Yu. (2011). *Ryby Ukrainy.* Kyiv.
  - Vasylkivskyi, I. V. (2022). Znyshchennia ikhtiofauny Pivdennoho buhu v pezultati budivnytstva malykh HES. *Nauko-vo-tekhnichnyi zhurnal*, 2 (26). Київ, 2021. 257 с.
  - Korzhov S. I. Науково-практичні рекомендації щодо покращення стану водних екосистем гирлової ділянки Дніпра шляхом регулювання їх зовнішнього водообміну. Херсон, 2018. 52 с.
  - Основні напрямки робіт із штучного відтворення цінних видів риб у внутрішніх водоймах України / Яковлева Т. В. та ін. // Питання рибного господарства Білорусі. 2014. Вип. 30. С. 289—300. (Російською мовою).
  - Демченко Н. Динаміка іхтіофауни річок північно-західного Приазов'я у ХХ ст. // Вісник Львів. ун-ту. 2009. Вип. 50. С. 72—84. (Серія біологічна).
  - Короткий Й. І. Іхтіофауна порожищої частини р. Дніпра та її зміни під впливом побудування греблі // Вісн. Дніпропетр. гідробіол. станції. 1937. Т. 11. С. 133—141.
  - Худий О. І., Ткебучава І. Б. Вирезуб причорноморський *Rutilus frisii* (Nordman, 1840) у зоологічних колекціях природничого музею Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича // Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології: X Міжнар. іхтіологічна наук.-практ. конф., 19-21 вер. 2017 р.: тези доп. Херсон, 2017. С. 359—363.
  - Мовчан Ю. В. Риби України (таксономія, номенклатура, зауваження) // Збірник праць Зоологічного музею. 2008–2009. Вип. 40. С. 47—86.
  - Мовчан В. Ю. Риби України. Київ, 2011. 421 с.
  - Васильківський І. В. Знищення іхтіофауни Південного Бугу в результаті будівництва малих ГЕС // Науково-технічний журнал. 2022. № 2 (26).
  - Бенінг Д. О. Дніпро та його рибні багатства. Київ, 1935. 164 с.
  - Оперативний звіт про діяльність органів рибоохорони Української РСР за 1959 рік. Київ: Укрводрибгосп, 1960.



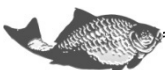
10. Bening, D. O. (1935). *Dnipro ta yoho rybni bahatstva*. Kyiv.
11. Ukrvodrybhos (1960). *Operatyvnyi zvit pro diialnist orhaniv rybookhorony Ukrainskoi RSR za 1959*. Kyiv.
12. Boldyrev, V. S. (2022). Life Strategies of Vyrezub *Rutilus frisii* (Cyprinidae) in the Black Sea Basin. *Journal of Ichthyology*, 62, 3, 446–456.
13. Akimov, I. A. (Ed.). (2009). *Chervona knyha Ukrainy Tvarynnyi svit*. Kyiv: Hlobalkonsaltnh.
14. Kachanovskyi, I. M. (Ed.). (2015). *Chervona knyha Respubliki Bilorus. Tvaryny: ridkisni ta ti, yaki перебувають під загрозою зникнення види диких тварин / попер. ред. І. М. Качановський*. Мінськ : Білоруська Енциклопедія імені Петруса Броуки, 2015. 317 с. (Російською мовою).
15. Про приєднання України до Конвенції 1979 року про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі: Закон України від 29.10.1996 № 436/96-VR. [zakon.rada.gov.ua](https://zakon.rada.gov.ua). Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/436/96-%D0%B2%D1%80#Text>.
16. Romanchych, O. O., & Khudyi, O. I. (2012). Структура локальних угруповань риб у мілководних рдестових заростях Дністровського водосховища // Оцінка екологічного стану території та перспективи розвитку туризму і рекреації Чернівецької області // Горбуновські читання, м. Чернівці, 19 квітня 2012 р. Чернівці : ХПІ, 2012. С. 70—71.
17. Khudyi, O. I. (2005). Stan ikhtiofauny Dnistrovskoho vodoshkovyshcha za dii faktoriv antropohennoi pryrody. Extended abstract of candidate's thesis. Chernivtsi.
18. Khudyi, O. I., Khuda, L. V., & Tsapok, O. L. (2008). Kharakterystyka rostovykh protsesiv vyrezuba *Rutilus frisii* (Nordmann) v umovakh Dnistrovskoho vodoshkovyshcha. *Dopovidi Natsional-*
- 103 с.
12. Boldyrev V. S. Life Strategies of Vyrezub *Rutilus frisii* (Cyprinidae) in the Black Sea Basin // *Journal of Ichthyology*. 2022. Vol. 62, No. 3. P. 446—456.
13. Про затвердження переліків видів тварин, що заносяться до Червоної книги України (тваринний світ), та видів тварин, що виключені з Червоної книги України (тваринний світ) : наказ Міндовкілля. Перелік від 19.01.2021, № 29.
14. Червона книга Республіки Білорусь. Тварини: рідкісні та ті, які перебувають під загрозою зникнення види диких тварин / попер. ред. І. М. Качановський. Мінськ : Білоруська Енциклопедія імені Петруса Броуки, 2015. 317 с. (Російською мовою).
15. Про приєднання України до Конвенції 1979 року про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі : Закон України від 29.10.1996 № 436/96-ВР. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/436/96-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення : 23.09.2023).
16. Романчич О. О., Худий О. І. Структура локальних угруповань риб у мілководних рдестових заростях Дністровського водосховища // Оцінка екологічного стану території та перспективи розвитку туризму і рекреації Чернівецької області // Горбуновські читання, м. Чернівці, 19 квітня 2012 р. Чернівці : ХПІ, 2012. С. 70—71.
17. Худий О. І. Стан іхтіофауни Дністровського водосховища за дії факторів антропогенної природи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: 03.00.10. Чернівці, 2005. 22 с.
18. Худий О. І., Худа Л. В., Цапок О. Л. Характеристика ростових процесів вирезуба в умовах Дністровського водосховища // Доповіді Національної академії наук України. 2008. № 7. С. 175—178.



- noi akademii nauk Ukrainy, 7, 175-178.
19. Myshkin, A. V., & Razhukov, R. S. (2012). Tekhnolohichni osoblyvosti vyroshchuvannya ta formuvannya remontno-matkovoho stada vyrizuba v umovakh riznykh typiv hospodarstv. *Zbirnyk naukovykh prats Naukovo-doslidnoho instytutu prysnovodnoho rybnoho hospodarstva*, 13, 3-51, 643-651.
  20. Mikhieiev, V. P. (2011). Vidtvorennia vyrezuba u zviazku iz zberezhenням біорізноманіття / Міхеєв В. П. та ін. / Таврійський науковий вісник 2011. № 76. С. 252—256.
  21. Dziuban, N. A., & Dudkin, A. D. (1952). Vidtvorennia vyrezuba. *Rybne hospodarstvo*, 1, 33-35.
  22. Khudyi, O. (2016). Fish biodiversity of the Dniester, Prut and Siret basin systems within western region of Ukraine. *Academician Leo Berg – 140: Collection of Scientific Articles*. Chisinau: Eco-TIRAS, 557-561.
  23. Lebedev, V. D. (1944). Do pytannia pro zminu ikhtiofauny richky Desny v period vid ostannoї mizhlohodovkovoї do suchasnoї epokhy. *Zoolohichnyi zhurnal*, 23, 5, 240-249.
  24. Živaljević, Ivana, Popović, Danijela, Snaj, Aleš, & Marić, Saša (2017). Ancient DNA analysis of cyprinid remains from the Mesolithic-Neolithic Danube Gorges reveals an extirpated fish species *Rutilus frisii* (Nordmann, 1840). *Journal of Archaeological Science*, 79, 1-9.
  25. Tsepkin, E. A. (1995). Zmina promyslovoi fauny ryb kontynentalnykh vodoim Skhidnoi Yevropy ta Pivnichnoi Azii u chetvertynnomu periodi. *Pytannia ikhtiolohii*, 35, 1, 3-17.
  26. Khudyi, A. I. (2018). Adaptivni zminy v eksterieri vyrizuba u zviazku iz zarehuliuivanniam peredhirnoi dilianky Dnistra. *Pytannia rybnoho hospodarstva Bilorusi*, 34, 268-275.
  27. Artiukhova, N. (2021). Zahalna kharak-
  19. Мишкін А. В., Ражуков Р. С. Технологічні особливості вирощування та формування ремонтно-маткового стада вирезуба в умовах різних типів господарств // Збірник наукових праць Науково-дослідного інституту прісноводного рибного господарства. 2012. Т. 13, № 3–51. С. 643—651. (Російською мовою).
  20. Відтворення вирезуба у зв'язку із збереженням біорізноманіття / Міхеєв В. П. та ін. / Таврійський науковий вісник 2011. № 76. С. 252—256.
  21. Дзюбан Н. А., Дудкін А. Д. Відтворення вирезуба // Рибне господарство. 1952. № 1. С. 33—35. (Російською мовою).
  22. Khudyi O. Fish biodiversity of the Dniester, Prut and Siret basin systems within western region of Ukraine. // Academician Leo Berg – 140: Collection of Scientific Articles. Chisinau: Eco-TIRAS, 2016. P. 557—561.
  23. Лебедев В. Д. До питання про зміну іхтіофауни річки Десни в період від останньої міжльодовикової до сучасної епохи // Зоологічний журнал. 1944. Т. 23, № 5. С. 240—249. (Російською мовою).
  24. Ancient DNA analysis of cyprinid remains from the Mesolithic-Neolithic Danube Gorges reveals an extirpated fish species *Rutilus frisii* (Nordmann, 1840) / Živaljević Ivana et al. // Journal of Archaeological Science. 2017. Vol. 79. P. 1—9.
  25. Цепкин Е. А. Зміна промислової фауни риб континентальних водойм Східної Європи та Північної Азії у четвертинному періоді // Питання іхтіології. 1995. Т. 35, № 1. С. 3—17. (Російською мовою).
  26. Худий А. І. Адаптивні зміни в екстер'єрі вирезуба у зв'язку із зарегулюванням передгірної ділянки Дністра // Питання рибного господарства Білорусі. 2011. Вип. 34. С. 268—275.



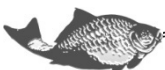
- terystyka baseinu richky Pivdennyi Buh ta yoho ikhtiofauny. *Akademiku L.S. Berhu—145 let. Mizhnarodna konferentsiia. Bendery: Eco-TIRAS*, 286-289.
28. Berh, L. S. (1932). *Ryby prisnykh vod SRSR ta sumizhnykh krain. Part 1. Leningrad: Vsesoiuznyi instytut ozernoho ta richkovoho rybnoho hospodarstva.*
29. Tomnatik, Ye. N. (1959). Do pytannia pro formuvannia ikhtiofauny Dubossarskoho vodoskhovyshcha. *Pratsi VI narady z problem biologii vnutrishnykh vod*, 378-382.
30. Sabanieiev, L. P. (1965). *Zhyttia ta lov prisnovodnykh ryb.* Kyiv: Derzh. vydavnytstvo silskohospodarskoi literatury URSR, 388-393.
31. Ambroz, A. I. (1965). Vyryzub - *Rutilus frisii* Nordmann. *Ryby Dnipra, Pivdennoho Buhu ta Dniprovsko-Buzkoho lymanu.* Kyiv: AN URSR, 98-106.
32. Syrovatska, N. I. (1933). *Vyrozub Rutilus frisii (Nordmann).* Kharkiv: Vydavnytstvo Narkompostachannia URSR.
33. Khuda, L. V., & Khudyi, A. I. (2011). Kharakterystyka hidrokhimichnoho rezhymu verkhiviv Dnistrovskoho vodoskhovyshcha. *Akademiku L.S. Berhu - 135 rokov: Zbirnyk naukovykh statei.* Bendery: Eco-TIRAS, 191-194.
34. Khudyi, O. (2007). Suchasnyi stan ikhtiotsenoziv transkordonnykh vodotokiv Chernivetskoï oblasti. *Ukraina – Rumunii: transkordonne spivrobitnytstvo. Zbirnyk naukovykh prats.* Chernivtsi: Ruta, 209-220.
35. Domanchuk, A. H., Korzyk, V. P., & Khudyi, O. I. (2017). Vidtvorennia aboryhennykh vydiv ryb u Dnistri: pershi kroky. *Rehionalni aspekty florystychnykh i faunistychnykh doslidzhen: materialy Chetvertoi mizhnar. nauk.-prakt. konf. (28–29.04.2017).* Chernivtsi: Druk Art, 7-14.
36. Khudyi, A. I., Krysko, I. S., & Khu- (Російською мовою).
27. Артюхова Н. Загальна характеристика басейну річки Південний Буг та його іхтіофауни // Академіку Л. С. Бергу—145 лет : Міжнар. конф. : матер. Бендери : Eco-TIRAS, 2021. С. 286—289. (Російською мовою).
28. Берг Л. С. Рыбы прісних вод СРСР і суміжних країн. Ч. 1. Ленінград : Всесоюзний інститут озерного та річкового рибного господарства, 1932. С. 327. (Російською мовою).
29. Томнатік Є. Н. До питання про формування іхтіофауни Дубоссарського водосховища // Праці VI наради з проблем біології внутрішніх вод. Москва – Ленінград : АН СРСР, 1959. С. 378—382. (Російською мовою).
30. Сабанєєв Л. П. Життя та лов прісноводних риб. Київ : Держ. видавництво сільськогосподарської літератури УРСР, 1965. С. 388—393. (Російською мовою).
31. Амброз А. І. Вирезуб — *Rutilus frisii* Nordmann // Рыбы Дніпра, Південного Бугу та Дніпровсько-Бузького лиману. Київ : АН УРСР, 1956. С. 98—106. (Російською мовою).
32. Сироватська Н. І. Вирозуб *Rutilus frisii* (Nordmann). Харків : Видавництво Наркомпостачання УРСР, 1933. 80 с.
33. Худа Л. В., Худий А. І. Характеристика гідрохімічного режиму верхів'їв Дністровського водосховища // Академіку Л.С. Бергу — 135 років : збірник наукових статей. Бендери : Eco-TIRAS, 2011. С. 191—194. (Російською мовою).
34. Худий О. Сучасний стан іхтіоценозів транскордонних водотоків Чернівецької області // Україна – Румунія: транскордонне співробітництво : збірник наукових праць. Чернівці : Рута, 2007. С. 209—220.
35. Доманчук А. Г., Коржик В. П., Худий О. І. Відтворення аборигенних видів



- da, L. V. (2017). Vydova struktura ta killisnyi sklad uloviv rybalok-amatoriv na Dnistrovskomu vodoskhovyshchi. *Intehrovane upravlinnia baseinom transkordonnoho Dnistra: platforma dlia spivpratsi ta suchasni vyklyky: tezy dop.* Tyraspil, 26-27 zhovtnia, 403-409.
37. Khudyi, O. I., Khuda, L. V., & Tsapok, O. L. (2008). Kharakterystyka rostovykh protsesiv vyrezuba *Rutilus frisii* (Nordmann) v umovakh Dnistrovskoho vodoskhovyshcha. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*, 7, 175-178.
38. Khudyi, A. I., Krysko, I. S., & Khuda, L. V. (2017). Vydova struktura ta killisnyi sklad uloviv rybalok-amatoriv na Dnistrovskomu vodoskhovyshchi. *Intehrovane upravlinnia baseinom transkordonnoho Dnistra: platforma dlia spivpratsi ta suchasni vyklyky: konf., Tyraspil, 26-27 zhovt. 2017 r.: tezy dop.* Tyraspil, 403-409.
39. Khudyi, O. I. (2019). Biotekhnolohichni zasady zberezhennia ta vidtvorennia rybnykh resursiv vodoim Karpatskoho rehionu. *Extended abstract of candidate's thesis.* Kyiv.
40. Khudyi, A. I. (2018). Adaptivni zminy v eksterieri vyrezuba u zviazku iz zarehuliuvanniam peredhirnoi dilianky Dnistra. *Pytannia rybnoho hospodarstva Bilorusi*, 34, 268-275.
41. Podushka, S. B. (2004). *Naukovo-tekhnichnyi biuletyn z laboratorii ikhtiologii INZKO*, 8.
42. Mahdieh, Rahbar, Majidreza, Khoshkholgh, & Sajad, Nazari (2023). Population structure of Caspian Kutum (*Rutilus frisii*, Nordmann, 1840) in the southern coast of Caspian Sea using Genome-wide single nucleotide polymorphism markers. *Fisheries Research*, 257.
43. Frank, St. (1975). *Illustrovana entsyklopediia ryb.* Praha: Atria.
44. Berh, L. S. (1949). *Ryby prisnykh vod* ryb u Dnistri: pershi kroki // Regionalni aspekty florystychnykh i faunistychnykh doslidzhen' : Четв. Міжнар. наук.-практ. конф., 28–29.04.2017 : матер. Чернівці : Друк Арт, 2017. С. 7—14.
36. Скільський І., Хлус Л., Худий А. Раритетна фауна хребетних північно-західної частини Прут-Дністровського міжріччя // Інтегроване управління природними ресурсами транскордонного басейну Дністра : Міжнар. конф., Кишинів, 16-17 вер. 2004 р. : матер. Кишинів, 2004. С. 298—302. (Російською мовою).
37. Худий О. І., Худа Л. В., Цапок О. Л. Характеристика ростових процесів вирезуба *Rutilus frisii* (Nordmann) в умовах Дністровського водосховища // Доповіді Національної академії наук України. 2008. № 7. С. 175—178.
38. Худий А. І., Крисько І. С., Худа Л. В. Видова структура та кількісний склад уловів рибалок-аматорів на Дністровському водосховищі. // Інтегроване управління басейном транскордонного Дністра: платформа для співпраці та сучасні виклики : конф., Тираспіль, 26-27 жовт. 2017 р. : тези доп. Тираспіль, 2017. С. 403—409. (Російською мовою).
39. Худий О. І. Біотехнологічні засади збереження та відтворення рибних ресурсів водойм Кarpatsького регіону : дис. ... доктора біол. наук : спец. 03.00.10 «Екологія». Київ, 2019. 383 с.
40. Худий А. І. Адаптивні зміни в екстер'єрі вирезуба у зв'язку із регулюванням передгірної ділянки Дністра // Питання рибного господарства Білорусі. 2011. Вип. 34. С. 268—275. (Російською мовою).
41. Подушка С. Б. Науково-технічний бюлетень з лабораторії іхтіології ІНЗНКО. 2004. № 8. 73 с. (Російською мовою).
42. Mahdieh Rahbar, Majidreza



- SRSR ta sumizhnykh krain.* Ch. 2. Lenigrad: AN SRSR, 532-534.
45. Podushka, S. B. (2000). Pro dotsilnist orhanizatsii vidtvorennia vyrizuba na azovskykh rybovodnykh pidpriemstvakh. *Pytannia rybalstva*, 1, 2-3(2), 90.
46. Velykokhatko, F. D. (1931). Novi dani pro poshyrennia ta biolohii vyrizuba *Rutilus frisii* Nordmann. *Zvistky NDI ikhtiologii*, 12, 1, 270-272.
47. Rozvedennia ta vyroshchuvannia vyrizuba i kutuma. (2004). *Haluzevyi zbirnyk normatyvno-tekhnologichnoi dokumentatsii z rozvedennia ta vyroshchuvannia promyslovo-tsinykh ryb*. Kyiv: Ukrrybproekt,
48. Smyrnova, O. M., & Trushynska, M. B. (1964). Osnovni завдання shchodo vidnovlennia ta zbilshennia chyselnosti zapasiv vyrizuba. *Visti DerzhNDORH*, 57, 69-76.
49. Movchan, Yu. V., & Smirnov, A. I. (1981). *Fauna Ukrainy*. (Vol. 8. Ryby. Iss. 2. Koropovi. Part 1). Plitka, yalets, holian, krasnopirka, amur, bilyzna, verkhovka, lyn, chebachok amurskyi, pidust, pichkur, marena. Kyiv.
50. Khudyi, O. I., Khuda, L. V., & Tsapok, O. L. (2009). Histologichna kharakterystyka yaiechnykh statevozirlykh samok tuvodnoi formy vyrizuba Dnistrovskoho vodoskhovyshcha. *Suchasni problemy teoretychnoi ta praktychnoi ikhtiologii: II Mizhnar. ikhtiol. nauk.-prakt. konf., Kaniv, 16-19 ver. 2009 r.: tezy*. Sevastopol: Instytut biolohii pivdennykh moriv im. O.O. Kovalevskoho, 165-167.
51. Khudyi, O. I. (2011). Proiavy statevoho dymorfizmu v populiatsii vyrizuba *Rutilus frisii* iz Dnistrovskoho vodoskhovyshcha. *Zberezhennia henofondu ta vidnovlennia populiatsii tsinykh vydiv ryb*. Kyiv: DIIa, 103-107.
52. Gaygusuz, Ç. G. (2008). Biometric Re-  
Khoshkholgh, Sajad Nazari. Population structure of Caspian Kutum (*Rutilus frisii*, Nordmann, 1840) in the southern coast of Caspian Sea using Genome-wide single nucleotide polymorphism markers // *Fisheries Research*. 2023. Vol. 257.
43. Франк Ст. Ілюстрована енциклопедія риби. Прага : Атрія, 1975. 150 с. (Російською мовою).
44. Берг Л. С. Риби прісних вод СРСР і суміжних країн. Ч. 2. Ленінград : АН ССРСР, 1949. С. 532—534. (Російською мовою).
45. Подушка С. Б. Про доцільність організації відтворення вирезуба на азовських рибоводних підприємствах // *Питання рибальства*. 2000. Т. 1, № 2–3, ч. 2. С. 90. (Російською мовою).
46. Великохатко Ф. Д. Нові дані про поширення та біології вирезуба *Rutilus frisii* Nordmann // *Вісті НДІ іхтіології*. 1931. Т. 12, вип. 1. С. 270—272. (Російською мовою).
47. Розведення та вирощування вирезуба і кутума // *Галузевий збірник нормативно-технологічної документації з розведення та вирощування промислово-цінних риби*. Київ : Укррибпроєкт, 2004. С. 249.
48. Смирнова О. М., Трушинська М. Б. Основні завдання щодо відновлення та збільшення чисельності запасів вирезуба // *Вісті ДержНДОРГ*. 1964. Т. 57. С. 69—76. (Російською мовою).
49. Фауна України в 40 томах. Том 8. Риби. Вип. 2. Коропові. Част. 1. Плітка, ялец, гольян, краснопірка, амур, білизна, верховка, лин, чебачок амурський, підуст, пічкур, марена / Мовчан Ю. В., Смірнов А. І. Київ : Наукова думка, 1981. 423 с.
50. Худий О. І., Худа Л. В., Цапок О. Л. Гістологічна характеристика яєчників статевозрілих самок туводної форми вирезуба Дністровського водосховища // *Сучасні проблеми теоретичної*





- lationship between body size and bone lengths of *Carassius gibelio* and *Rutilus frisii* from Iznik Lake. *Journal of Fisheries Sciences*, 2 (2), 146-152.
53. Rabazanov, N. Y. (2017). Sostoianye zapasov, promysel y uskusstvennoe razvedeniye kutuma. *Promysloveye vyde y ykh byolohiya Trudy VNYRO*, 166, 55-71.
  54. Kashefi, P., Bani, A., & Ebrahimi, E. (2012). Morphometric and meristic variations between non-reproductive and reproductive kutum females (*Rutilus frisii kutum*, Kamensky, 1901), in the southwest Caspian Sea. *Italian journal of zoology*, 79, 3, 337-343.
  55. Kovalkov, D. V., Myshkin, O. V., & Saltanov, Yu. M. (2016). Osoblyvosti otrymannia ta inkubatsii ikry vyrizuba (*Rutilus frisii frisii*). *Tvarynnytstvo ta veterynarna medytsyna*, 3(2).
  56. Krushelnytska, O. V., Kravets S. I., & Senechyn, V. V. (2021). *Fiziolohiia ryb*. Lviv: Lvivskiy natsionalnyi universytet veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S.Z. Gzhytskoho.
  57. Vodianskyi, O. M. (2018). Morfofiziolohichni ta tsytohenetychni osoblyvosti embriohenezu ryb pry riznykh ekolohichnykh umovakh vodnoho sere-dovyscha. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv.
  58. Rozvedennia ta vyroshchuvannia vyrizuba i kutuma. (2004). *Haluzevyi zbirnyk normatyvno-tekhnologichnoi dokumentatsii z rozvedennia ta vyroshchuvannia promyslovo-tsinnnykh ryb*. Kyiv: Ukrrypprojekt.
  59. Smyrnova, O. M. (1957). Morfo-ekolohichni osoblyvosti rozvytku vyrizuba *Rutilus frisii frisii* (Nordman). *Pratsi Instytutu morfolohii tvaryn im. O.M. Sievertsova*, 20, 95-120.
  60. Mikhieiev, V. P. (2010). Dosvid vidt-vorennia vyrizuba metodamy industri-ta praktichnoi ikhtiolohii : II Mižnar. ikhtiol. nauk.-prakt. konf., Kaniv, 16-19 ver. 2009 r. : tezi. Sevastopol : Institut biolohii pivdenних moriv im. O.O. Kovalevs'kogo, 2009. С. 165—167.
  51. Худий О. І. Прояви статевого диморфізму в популяції вирезуба *Rutilus frisii* із Дністровського водосховища // Збереження генофонду та відновлення популяцій цінних видів риби. Київ : ДІА, 2011. С. 103—107.
  52. Biometric Relationship between body size and bone lengths of *Carassius gibelio* and *Rutilus frisii* from Iznik Lake / Gaygusuz Ç. G. et al. // *Journal of Fisheries Sciences*. 2008. Vol. 2 (2). P. 146—152.
  53. Стан запасів, промисел та штучне розведення кутума / Рабазанов Н. І. та ін. // *Промислові види та їх біологія // Праці ВНІРО*. 2017. Т. 166. С. 55—71. (Російською мовою).
  54. Kashefi P., Bani A., Ebrahimi E. Morphometric and meristic variations between non-reproductive and reproductive kutum females (*Rutilus frisii kutum*, Kamensky, 1901), in the southwest Caspian Sea // *Italian journal of zoology*. 2012. Vol. 79, iss. 3. P. 337—343.
  55. Ковальков Д. В., Мишкін О. В., Салтанов Ю. М. Особливості отримання та інкубації ікри вирезуба (*Rutilus frisii frisii*). Особливості отримання та інкубації ікри вирезуба (*Rutilus frisii frisii*) // *Тваринництво та ветеринарна медицина*. 2016. № 3(2).
  56. Крушельницька О. В., Кравець С. І., Сенечин В. В. Фізіологія риби // *Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2021. 129 с.
  57. Водяницький О. М. Морфологічні та цитогенетичні особливості ембріогенезу риби при різних екологічних умовах водного середовища : дис. ...



- alnoho rybnystva. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia: suchasnyi pohliad, tendentsii ta perspektyvy: Mizhnar. nauk.-prakt. konf., Kherson, 17-19 travnia 2010 r.: mater.* Kherson: Kolos, 55-57.
61. Alimov, I. A. (2013). Vyroshchuvannia vyrezuba (*Rutilus frisii*) v rybovodnykh stavkakh. *Rybnystvo ta rybne hospodarstvo, 10*, 26-30.
62. Dokuchaiev, A. S. (2010). Vyroshchuvannia matochnoho stada vyrezuba v stavovykh umovakh dlia shtuchnoho vidtvorennia. *Vnesok molodykh uchenykh u rybohospodarsku nauku: Molodizhna konf., 12-14 zhovt. 2010 r.: tezy dokl.*, 47-49.
- кандидата біол. наук : спец. 03.00.10 «Іхтіологія». Київ, 2018. 208 с.
58. Розведення та вирощування вирезуба і кутума // Галузевий збірник нормативно-технологічної документації з розведення та вирощування промислово-цінних риб. Київ : Укррибпроект, 2004. С. 249.
59. Смирнова О. М. Морфо-екологічні особливості розвитку вирезуба *Rutilus frisii frisii* (Nordman) // Праці Інституту морфології тварин ім. О.М. Северцова. 1957. Вип. 20. С. 95—120. (Російською мовою).
60. Досвід відтворення вирезуба методами індустріального рибництва / Міхеєв В. П. та ін. // Збалансоване природокористування: сучасний погляд, тенденції та перспективи : Міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 17-19 трав. 2010 р. : матер. Херсон : Колос, 2010. С. 55—57. (Російською мовою).
61. Алімов І. А. Вирощування вирезуба (*Rutilus frisii*) в рибоводних ставках // Рибництво та рибне господарство. 2013. № 10. С. 26—30. (Російською мовою).
62. Докучаєв А. С. Вирощування маточного стада вирезуба в ставових умовах для штучного відтворення // Внесок молодих учених у рибогосподарську науку : Молодіжна конф., 12-14 жовт. 2010 р. : тези доп. С. 47—49. (Російською мовою).



**BIOLOGICAL PECULIARITIES  
OF ARTIFICIAL REPRODUCTION  
OF STURGEONS  
(ACIPENSERIFORMES)  
(A REVIEW)**

**O. Kuzmenko**, kuzmenkoolexandrm@gmail.com, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv  
**N. Vovk**, nvovk@ukr.net, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

**Purpose.** To analyze the scientific data of domestic and foreign authors regarding the peculiarities of artificial reproduction of sturgeons (*Acipenseriformes*). To investigate the state of study of the phenomenon of polyspermic fertilization in sturgeons and the factors that induce it in the conditions of artificial reproduction and cultivation.

**Findings.** A review analysis of the results of scientific studies by domestic and foreign authors was carried out on the peculiarities of artificial reproduction of sturgeons and the phenomenon of polysperm fertilization of their eggs in controlled conditions of aquaculture. It is shown that information on the problems of sturgeon polyspermy and its induction by various factors was practically absent in the available professional literature in recent years. Since during the artificial reproduction of sturgeons, a significant number of embryos have atypical development, which leads to their death even before hatching, it has been suggested that atypical forms of cell division were caused by polyspermy. The conducted studies added to the knowledge about the peculiarities of the structure of the sturgeon egg envelope and the processes that occur during fertilization. Despite the fact that there is a natural mechanism to prevent the possibility of polyspermic fertilization, this phenomenon occurs quite often, causing an impairment of zygote fragmentation at the initial stages of embryogenesis, and therefore a decrease in the yield of larvae. Understanding of the mechanism of blocking polyspermy in sturgeons and the factors that induce it requires further

**БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ  
ШТУЧНОГО ВІДТВОРЕННЯ  
ОСЕТРОПОДІБНИХ  
(ACIPENSERIFORMES) ВИДІВ  
РИБ (ОГЛЯД)**

**О. М. Кузьменко**, kuzmenkoolexandrm@gmail.com, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ  
**Н. І. Вовк**, nvovk@ukr.net, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

**Мета.** Здійснити аналіз наукових даних вітчизняних та зарубіжних авторів щодо особливостей штучного відтворення осетрових риб. Дослідити стан вивчення явища поліспермного запліднення у осетрових та чинники що його індукують, в умовах штучного відтворення і вирощування.

**Результати.** Здійснено оглядовий аналіз даних результатів наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів щодо особливостей штучного відтворення осетрових риб та явища поліспермного запліднення їхньої ікри у контрольованих умовах аквакультури. Показано, що за останні роки в доступній фаховій літературі інформація з проблем поліспермії осетрових та її індукування різними чинниками практично була відсутня. Оскільки при штучному відтворенні осетрових риб значна кількість ембріонів має атиповий розвиток, що призводить до їх загибелі ще до вилуплення, висловлено припущення, що атипові форми поділу клітин були викликані поліспермією. Проведені дослідження доповнили знання щодо особливості будови оболонки ікри осетрових та процесів, що відбуваються при заплідненні. Незважаючи на те, що існує природний механізм запобігання ймовірності поліспермного запліднення, дане явище зустрічається досить часто, викликаючи порушення дроблення зиготи на початкових етапах ембріогенезу, а, отже, і зниження виходу личинок. З'ясування механізму блокування поліспермії у осетрових риб та чинників, що її індукують, потребує по-



studies. The list of scientific articles includes 61 sources, 58 in English. The published publications mainly cover the period of the last twenty years.

**Practical value.** A review of data from scientific and professional sources on the specified topic will allow a comprehensive approach to the understanding of the peculiarities of artificial reproduction of sturgeons, the phenomenon of polyspermy and increasing the yield of larvae in sturgeon farming. Review material on this topic can be interesting and useful for scientists, practitioners, students whose interests are related to aquaculture and used in the educational process of training specialists in specialty 207 "Aquatic bi-resources and aquaculture".

**Keywords:** aquaculture, sturgeons (*Acipenseriformes*), eggs, egg envelope, micropyle, fertilization, cortical reaction, polyspermy, embryos.

## PROBLEM STATEMENT. AIM OF THE STUDY

Sturgeons are one of the most ancient representatives of the «relict» ichthyofauna, chordate fishes, which after millions of years of evolution have practically not changed their morphological features compared to the original forms. Among them there are freshwater species — beluga (*Huso huso* Linnaeus 1758) and kaluga (*Huso dauricus* Georgi, 1775), which are quite large in size, and their life span can be more than a hundred years. Anthropogenic pollution, disruption of biological rhythms of reproduction, a decrease in the number of representatives of the *Acipenseridae* family led to a reduction in the number and deterioration of the quality of broodstock and their offspring. There is a real threat of loss of species diversity and preservation of heterogeneity of the population structure of this valuable ichthyofauna. Due to a significant decrease in sturgeon stocks, their natural reproduction cannot satisfy the existence and dynamic growth of populations. Therefore, in order to maintain species and population diversity, there is an urgent need for their reproduction and cultivation under

дальших досліджень. Перелік наукових статей налічує 61 джерело, англомовних — 58. Опрацьовані публікації переважно охоплюють період за останні двадцять років.

**Практична значимість.** Огляд даних наукових фахових джерел з вказаної тематики дозволить комплексно підійти до розуміння особливостей штучного відтворення осетрових, явища поліспермії та підвищення виходу личинок в осетрівництві. Оглядовий матеріал з даної тематики може бути цікавим і корисним для науковців, практиків, студентів, інтереси яких пов'язані з аквакультурою, та використаний у навчальному процесі з підготовки фахівців за спеціальністю 207 «Водні біоресурси та аквакультура».

**Ключові слова:** аквакультура, осетрові риби, статеві продукти, ікра, оболонка ікри, мікропіле, запліднення, кортикальна реакція, поліспермія, ембріони.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Осетрові види риб є одними з найдревніших представників «реліктової» іхтіофауни хордових риб, які через мільйони років еволюції практично не змінили своїх морфологічних ознак, порівняно з вихідними формами. Серед них є види прісноводних риб — білуга (*Huso huso* Linnaeus 1758) та калуга (*Huso dauricus* Georgi, 1775), які мають досить великі розміри, а тривалість їхнього життя може складати понад сто років. Антропогенне забруднення, порушення біологічних ритмів розмноження, зниження чисельності представників родини *Acipenseridae* призвели до скорочення кількості і погіршення якості плідників та їхнього потомства. Існує реальна загроза втрати видового різноманіття та збереження неоднорідності популяційної структури цієї цінної іхтіофауни. Через значне зменшення запасів осетрових риб, їх природне відтворення не може задовольнити існування та динамічний ріст чисельності популяцій. Тому, для підтримання видового та популяційного різноманіття існує нагальна необхідність



controlled conditions. Since sturgeons are slow-maturing species, this puts certain restrictions on the intensity of restoration of their population [1–4].

The purpose of this work is to analyze the scientific data of domestic and foreign authors on the peculiarities of artificial reproduction of sturgeons. As well as a study of the phenomenon of polyspermy and the factors that induce it in the conditions of artificial reproduction and cultivation. In the future, taking into account the results of studies on the peculiarities of polyspermic fertilization, to propose new technological approaches of artificial insemination of sturgeons to reduce cleavage disorders at the first stages of embryo development and increase the yield of larvae.

#### ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

Sturgeons belong to the phylum Chordata, class of *Actinopterygii* (ray-finned fish), order of *Acipenseriformes* (sturgeon-like), which includes three families: *Chondrosteidae* (now extinct species), *Acipenseridae* (sturgeons including 4 genera and 24 species) and *Polypteridae* (paddlefish including 2 genera, one species in each). Members of the order of sturgeons spawn in 85 rivers of the world. There are 7 species endemic to the Black Sea basin [4].

In aquaculture, about 20 species of sturgeon (including hybrids) are grown for caviar. Of them, 90% of its production is based on five species and two hybrids, of which half of the caviar obtained is provided by two species — siberian *Acipenser baerii* Brandt, 1869 (31%) and Russian *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzenburg, 1833 (20.4%) [5].

It is known that sturgeon karyotypes are unique compared to other fishes. The inherent heterosis of hybrids is both a boon for

їх відтворення та вирощування у контрольованих умовах. Оскільки осетрові риби є повільно дозріваючими видами, це ставить певні обмеження щодо інтенсивності поповнення їх чисельності [1–4].

Мета даної роботи — здійснити аналіз наукових даних вітчизняних та зарубіжних авторів щодо особливостей штучного відтворення осетрових риб; дослідити стан вивчення явища поліспермії та чинники, що її індукують, в умовах штучного відтворення і вирощування. У подальшому, враховуючи результати досліджень особливостей поліспермного запліднення, запропонувати нові технологічні підходи штучного осіменіння осетрових для зменшення порушення дроблення на перших етапах розвитку ембріонів та підвищення виходу личинок.

#### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Осетрові риби належать до типу хордові (*Chordata*), класу *Actinopterygii* (променепері риби), ряду *Acipenseriformes* (осетроподібні), який включає три родини: *Chondrosteidae* (нині вимерлі види), *Acipenseridae* (власне осетрові риби, включають 4 роди і 24 види) та *Polypteridae* (веслоноси, включають 2 роди, по одному виду у кожному). Нерестяться представники ряду осетроподібних у 85 річках світу. Ендемічними для басейну Чорного моря є 7 видів [4].

В аквакультурі близько 20 видів осетрових (в тому числі гібридів) вирощують заради їхньої ікри. З них 90% її виробництва припадає на п'ять видів і два гібриди, з яких половина отриманої ікри забезпечується двома видами — *Acipenser baerii* Brandt, 1869 (31%) і *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzenburg, 1833 (20,4%) [5].

Відомо, що каріотиби осетроподібних є унікальними, в порівнянні з іншими рибами. Притаманний гетерозис



sturgeon aquaculture and a challenge for preserving natural diversity. Hybrids as a rule have better phenotypic characteristics that can contribute to adaptation to the environment. In this regard, hybridization has been proposed as a short-term strategy to increase the gene pool among wild populations, but the impact of negative anthropogenic factors on sturgeon habitats (dams, uncontrolled fishing, maritime traffic) remains significant [6].

Historically, the development of sturgeon aquaculture has focused exclusively on caviar production and efforts to restore populations in natural reservoirs. Sturgeon are grown all over the world both in pond fish farming and in industrial aquaculture — from ponds, open cages to recirculating aquaculture systems (RAS). Due to their small abundance and the threat of extinction in the wild, sturgeons are subject to strict environmental regulations for the protection of populations, including from genetic introduction from farms. These bans limit the transport of live sturgeon and encourage companies to increase their reproduction [7].

The experience of restoring sturgeon stocks in Canadian rivers has shown that government-funded efforts in this direction and barriers to their transportation have not had significant success due to significant pressure on wild populations [8].

Among the species inhabiting the Black Sea two groups of sturgeons can be distinguished — the first group includes the beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1758), the starry sturgeon or stellate sturgeon (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771), the sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758), and the bastard sturgeon (*Acipenser nudiventris* Lovetzky, 1828) and atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815) with the number of chromosomes  $2n = 120$ , i.e. tetraploid. The second group includes Russian (*Acipenser*

гібридів є одночасно благом для аквакультури осетрових і викликом для збереження природного різномайття. Гібриди, як правило, мають кращі фенотипові ознаки, що можуть сприяти адаптації до навколишнього середовища. У зв'язку з цим, гібридизація була запропонована як короткострокова стратегія для збільшення генофонду серед диких популяцій, але вплив негативних антропогенних чинників на умови існування осетрових (греблі, неконтрольований лов, морський трафік) залишається значним [6].

Історично розвиток аквакультури осетрових риб був зосереджений виключно на виробництві ікри та зусиллях з відновлення популяцій у природних водоймах. Вирощують осетрів в усьому світі як в умовах ставового рибництва, так і в умовах індустріальної аквакультури — від ставів, відкритих садків до рециркуляційних аквакультурних систем (РАС). Через їх малочисельність, загрозу зникнення у дикій природі осетрові підпадають під суворі природоохоронні норми захисту популяцій, в тому числі і від генетичної інтродукції з ферм. Ці заборони обмежують транспортування живих осетрових і заохочують компанії активізувати їх відтворення [7].

Досвід відновлення запасів осетрових риб в ріках Канади показав, що фінансовані державою зусилля в цьому напрямку та бар'єри для їх транспортування не мали значних успіхів через значний тиск на дикі популяції [8].

З видів, які живуть у Чорному морі, можна виділити дві групи осетрових — до першої групи належать білуга (*Huso huso* Linnaeus, 1758), севрюга (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771), стерлядь (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758), шип (*Acipenser nudiventris* Lovetzky, 1828) та атлантичний осетер (*Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815) з числом хромосом  $2n = 120$ , тетраплоїдні. До другої групи належать російський (*Acipenser guldenstadti* Brandt



*guldenstadtii* Brandt & Ratzenburg, 1833) and Persian sturgeons (*Acipenser persicus* Borodin, 1897) with a chromosome number close to  $4n = 240$ , i.e. octoploid [9]. In sturgeon biology, their genetic peculiarity is the biggest challenge for scientists. The genetic regulation underlying sex determination and early development is poorly understood, and previous studies have not been successful, including attempts to learn what changes in the genome affect larval survival. Exceptional polyploidization leads to a huge number of chromosomes and a very plastic genome. Currently, some hybrids of Russian and Siberian sturgeon have the highest number of chromosomes among vertebrates (up to 520) [10–13].

It has been shown that injury to eggs leads to genetic disorders. Thus, a connection between mechanical impact and an increase in cases of spontaneous autopolyploidy was found, which leads to a 1.5-fold increase in the size of the genome with negative consequences for the offspring [14].

The main reason for the reduction of sturgeon stocks is their significant fishing and insufficient restoration of populations. Therefore, there is an urgent need for the creation of their brood stocks, artificial reproduction and cultivation in controlled conditions. To solve this problem, two main directions are possible - domestication of fish taken from natural water bodies and cultivation of sexually mature spawners in artificial conditions according to the principle “from egg to egg” [15].

After adoption of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES, 1998), the transboundary movement of sturgeon and paddlefish is regulated. More recently, tools such as SturSNiP have appeared, which allowed more accurate determination of the origin of the species of market caviar, which makes it easier for legitimate producers to

& Ratzenburg, 1833) та перський осетри (*Acipenser persicus* Borodin, 1897) з числом хромосом, близьким до  $4n = 240$ , октоплоїдні [9]. У біології осетрових їхня генетична особливість є найбільшим викликом для науковців. Генетична регуляція, що лежить в основі визначення статі та раннього розвитку, мало вивчена, а попередні дослідження не були успішними, в тому числі і спроби дізнатися, які зміни в геномі впливають на виживаність личинок. Виняткова поліплоїдизація призводить до величезної кількості хромосом і дуже пластичного їхнього геному. На даний час деякі гібриди російського та сибірського осетрів мають найвищу серед хребетних кількість хромосом (до 520) [10–13].

Показано, що травмування ікри призводить до генетичних порушень. Так виявлено зв'язок між механічним ударом і підвищенням випадків спонтанної автополіплоїдії, що призводить до 1,5-кратного збільшення розміру геному з негативними наслідками для потомства [14].

Основною причиною скорочення запасів осетрових є значний вилов та недостатнє відновлення популяцій. Тому наявна нагальна необхідність у формуванні їх маточних стад, штучному відтворенні і вирощуванні у контрольованих умовах. Для вирішення цієї проблеми можливі два основних напрямки — одомашнення риби, відловленої з природних водойм та культивування статевозрілих плідників у штучних умовах за принципом «від ікринки до ікринки» [15].

Після прийняття Конвенції про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, які перебувають під загрозою зникнення (CITES, 1998 р.), транскордонне пересування осетрових та веслоносих регулюється. Зовсім недавно з'явилися такі засоби, як SturSNiP, та дозволили точніше визначити походження виду ринкової ікри, що полегшує до-



access the market [16, 17].

#### **Methods of examination of brood fish**

Sturgeons (*Acipenseridae*) and paddlefishes (*Polyodontidae*) do not have clearly visible external sexual characteristics. In this regard, the description of the reproductive part of the population or brood stocks potentially takes a lot of time, while modern methods (biopsy, laparoscopy of the gonads, endoscopy, ultrasonography, analysis of sex steroids in plasma) allow determining the sex and stage of maturity of eggs relatively quickly, safely and reliably by non-invasive or minimally invasive methods, separating animals by sex. In addition, the collection of biological samples for laboratory studies can be difficult in cases where the population is threatened with extinction [18, 19].

When using an invasive method, a tissue sample is taken from the fish or its examination is carried out using instruments in the body cavity. Such methods include, in particular, endoscopic LED studies, selection of body parts or blood for laboratory analysis, determination of deoxyribonucleic acid (DNA), hormone concentrations, and tissue microstructure. Technologies used for examination without direct and stressful intervention (visual observation of external signs of fetuses, X-ray and ultrasound examination) belong to non-invasive methods. Invasive methods are cheaper, but their use can cause fish injury and death. They are opposed by non-invasive methods, namely, studies using ultrasound diagnostics (USD), which is based on the ability of various tissues and liquid structures to absorb or reflect high-frequency waves. Ultrasonic waves emitted by the sensor are received by it and converted into electrical impulses, as a result of which the image on the monitor screen is illuminated. This method is more expensive than a biopsy, but it does not injure the fish, is much faster and more accurate, and is necessary when working

ступ до ринку для законних її виробників [16, 17].

#### **Методи обстеження плідників**

В осетрових риб та веслоносів відсутні яскраво виявлені зовнішні статеві ознаки. У зв'язку з цим, опис репродуктивної частини популяції чи стада плідників потенційно займає багато часу, тоді як сучасні методи (біопсія, лапароскопія гонад, ендоскопія, ультрасонографія, аналіз статевих стероїдів у плазмі) дають можливість відносно швидко, безпечно та надійно визначити стать і стадію зрілості статевих продуктів неінвазивним або мінімально інвазивним методами, розділити тварин за статевою ознакою. Окрім того, відбір біологічних зразків для лабораторних досліджень може бути складним у випадках, коли популяція знаходиться під загрозою зникнення [18, 19].

При використанні інвазивного методу у досліджуваної особини береться проба тканини або проводиться її обстеження за допомогою інструментів в порожнині тіла. До таких способів, зокрема, відносять ендоскопічні світлодіодні дослідження, відбір частин тіла або крові для лабораторного аналізу, визначення дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК), концентрації гормонів, мікроструктури тканин. Технології, що використовують для обстеження без прямого і стресового втручання (візуальне спостереження зовнішніх ознак плідників, рентгенівське і ультразвукове обстеження) належать до неінвазивних методів. Інвазивні методи є дешевшими, але їх застосування може спричинити травмування риби та її загибель. На противагу їм виступають неінвазивні методи, а саме — дослідження за допомогою ультразвукової діагностики (УЗД), що базується на здатності різних тканин та рідких структур поглинати або відбивати хвилі високої частоти. Ультразвукові хвилі, що випромінюються датчиком, сприймаються ним та пере-





with valuable and endangered fish species in which sexual dimorphism is not clearly expressed [20].

Sex determination at the early stages of fish development when working with sturgeons remains a topical issue, which is quite successfully solved using the ultrasonography method. When using it, the volumes of loading and unloading work and the effect of stress on the examined objects are significantly reduced [21]. In this direction, in 2019, an ultrasound examination of 21 specimens of 18-month-old beluga fish (*Huso huso* Linnaeus, 1758) was carried out using an ultrasonograph with a 9-13 MHz linear sensor for sexing. The overall accuracy of sexing using ultrasound was 80.95% [20].

Sturgeons belong to fish with a one-time type of spawning and synchronous maturation of oocytes during the vitellogenesis period. The type of spawning is closely related to the nature of oogenesis. During one-time spawning, all eggs in female sturgeon mature at the same time, so the wave of spermatogenesis in males also naturally has a seasonal character. Analysis of the histological structure of gametes in females during oogenesis and during spermatogenesis in males is used to clarify the time of reproduction of fish, to find out the duration of the pre-spawning, spawning, and post-spawning periods and the rhythm of reproduction of individuals under various abiotic factors of the environment.

It was established that the histological characteristics of spermatogenesis of sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) and Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) are similar. It shows the course of annual sexual cycles, a pattern of natural processes of asynchronous development of germ cells, successive transformations of mature and overripe sperm. Histological analysis allows to determine not only the indicators of maturity of the testes, but

творюються на електричні імпульси, в результаті чого висвітлюється зображення на екрані монітора. Цей метод є більш вартісним, порівняно з біопсією, проте він не призводить до травмування риби, є значно швидшим та точнішим, необхідний в роботі з цінними та зникаючими видами риб, у яких статевий диморфізм нечітко виражений [20].

Визначення статі на ранніх етапах розвитку риб при роботі з осетровими видами і на сьогоднішній час залишається актуальним питанням, яке досить успішно вирішують за допомогою методу ультразвукографії. При його використанні значно зменшуються обсяги вантажно-розвантажувальних робіт, та дія стресу для об'єктів обстеження [21]. За цим спрямуванням у 2019 р. для визначення статі було проведено ультразвукове дослідження 21 екз. 18-місячних особин білуги (*Huso huso* Linnaeus, 1758) за допомогою ультразвукографа з лінійним датчиком 9–13 МГц. Загальна точність визначення статі за допомогою УЗД складала 80,95% [20].

Осетрові відносяться до риб з одноразовим типом ікрометання та синхронним дозріванням ооцитів періоду вітелогенезу. Тип ікрометання тісно пов'язаний з характером оогенезу. При одноразовому ікрометанні вся ікра у самок осетрових риб дозріває одночасно, тому хвиля сперматогенезу у самців також закономірно має сезонний характер. Аналіз гістологічної будови статевих клітин у самок при оогенезі та при сперматогенезі у самців використовують для уточнення часу розмноження риб, з'ясування тривалості переднерестового, нерестового, післянерестового періодів та ритму розмноження особин при різних абіотичних чинниках середовища.

Встановлено, що гістологічна характеристика сперматогенезу стерляді (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) та сибірського осетра (*Acipenser baerii* Brandt,



also to reveal in detail the features of the development of gametes in the next spermatogenesis and the reproductive potential of both males and females under different conditions of keeping. In addition, it allows predicting the timing and duration of spawning in time, in particular the pre-spawning, spawning and post-spawning periods of the annual cycle [22].

Over the past 20 years, the amount of data on sturgeon gonad development has rapidly increased, but knowledge about the pathologies of this process is very limited, which makes it difficult to recognize impaired gametogenesis. In addition, there is a significant limitation of information regarding the effect of individual rearing parameters on the differentiation of sturgeon gonads and the ability to reproduce. It was established that temperature and hydrobiological conditions play a decisive role in the development of gonads, and it was shown that the influence of constant temperature before spawning of sturgeons can negatively affect the late vitellogenic and post-vitellogenic phases of ovarian development, which leads to atresia of follicles. However, growing sturgeons in year-round warm water accelerates their growth and maturation and does not have an adverse effect on the vitellogenesis. It was found that the increased level of nitrates can change the steroid profiles of cultured Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) female and cause secondary reactions to stress, and high stocking density causes stress in the starry or stellate sturgeon (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771), which was manifested by a decrease in the level of testosterone in blood plasma. The low quality of sturgeon gametes was also positively correlated with chronic stress caused by prolonged incubation at high water temperatures. The annual photoperiod probably also controls gametogenesis in sturgeons,

1869) подібна; вона показує хід річних статевих циклів, картину природних процесів асинхронного розвитку статевих клітин, послідовні перетворення зрілої і перезрілої сперми. Гістологічний аналіз дозволяє визначити не лише показники зрілості сім'яників, але і детально виявити особливості розвитку статевих клітин у наступному сперматогенезі та репродуктивний потенціал як самців, так і самок за різних умов утримання. Окрім цього, він дозволяє передбачити у часі строки та тривалість нересту, зокрема переднерестовий, нерестовий та післянерестовий періоди річного циклу [22].

За останні 20 років швидко зросла кількість даних про розвиток гонад осетрових, проте знання щодо патологій цього процесу дуже обмежені, що ускладнює розпізнавання порушеного гаметогенезу. Крім того, є суттєва обмеженість інформації щодо впливу окремих параметрів вирощування на диференціацію гонад осетрових і здатність до відтворення. Було встановлено, що температурні та гідробіологічні умови відіграють вирішальну роль у розвитку гонад, та показано, що вплив постійної температури перед нерестом осетрових може негативно вплинути на пізню вітелогенну і поствітелогенну фази розвитку яєчників, що призводить до атрезії фолікулів. Однак вирощування осетрів в цілорічній теплій воді прискорює ріст і статеве їх дозрівання і не має несприятливого впливу на вітелогенез яєчників. Встановлено, що підвищений рівень нітратів здатний змінити стероїдні профілі культивованих самок сибірського осетра (*Acipenser baerii* Brandt, 1869), та викликати вторинні реакції на стрес, а висока щільність посадки викликає стрес у севрюги (*Acipenser stellatus* Pallas, 1771), що проявлялося зниженням рівня тестостерону в плазмі крові. Низька якість гамет осетрових також позитивно корелювала з хронічним стресом, що був викликаний



although there is currently no available experimental evidence for this. Hypoxia also has a profound effect on the reproduction of fish, which leads, among other things, to an impairment of the development of eggs. In the available professional literature, there are no data on the effect of the oxygen level on the development of gonads in sturgeon, but it is known that sturgeon are extremely sensitive to such a stressful factor [23–26].

One of the most important periods of artificial reproduction of sturgeons is incubation. Little is known about the effect of stressful factors on the early stages of sturgeon development, but it is known that there are certain stages of embryogenesis and periods of fish body development that are most sensitive to the influence of negative factors. For example, in the experiment, the cortisol content in fertilized eggs of Persian sturgeon (*Acipenser persicus* Borodin, 1897) was determined by radioimmunoassay method. The results showed a significant difference in the cortisol content at different stages of embryogenesis, but did not show differences under the effects of stress in the experimental and control variants. However, the highest percentage of larvae hatching was recorded under the effect of stress on eggs at the stage of development of 2 blastomeres. This percentage steadily decreased under the effect of stress on the embryo at the stage of heartbeat [27].

#### **Oocytes of sturgeons and their peculiarities**

Eggs of most sturgeons is deposited on gravel, stone, and pebble substrates on a muddy, sandy, or stony bottom. An important stage in the preparation of sturgeon eggs for incubation is the process of its deglutination.

All sturgeons produce eggs with adhesive properties that allow it to attach to the substrate. Probably, the stickiness of eggs performs the function of keeping it on the

тривалою інкубацією за високої температури води. Річний фотоперіод, ймовірно, також контролює гаметогенез в осетрових, хоча на сьогодні доступних експериментальних доказів цього немає. Глибокий вплив на розмноження риб виявляє і гіпоксія, що призводить серед іншого, до порушення розвитку статевих продуктів. У доступній фаховій літературі дані про вплив рівня кисню на розвиток гонад у осетрових відсутні, але відомо, що останні надзвичайно чутливі до такого стресового чинника [23–26].

Одним з найважливіших періодів штучного відтворення осетрових є інкубація. Про вплив стрес-чинників на ранніх стадіях розвитку осетрових відомо стей мало, але відомо, що існують певні стадії ембріогенезу та періоди розвитку організму риб, найбільш чутливі до впливу негативних чинників. Так, в експерименті методом радіоімунного аналізу визначено вміст кортизолу в заплідненій ікрі перського осетра (*Acipenser persicus* Borodin, 1897). Результати показали значну різницю вмісту кортизолу на різних стадіях ембріогенезу, але не виявили відмінностей за дії стресу у дослідному та контрольному варіантах. Проте найвищий відсоток вилуплення личинок був зафіксований за впливу стресу на ікру на стадії утворення 2-х бластомерів. Цей відсоток стабільно знижувався за впливу стресу на ембріон на стадії серцебиття [27].

#### **Ооцити осетрових видів риб та їх особливості**

Ікра більшості видів осетрових є донною і відкладається на субстратах з гравію, каменю, гальки на мулистому, піщаному або кам'янистому дні. Важливим етапом підготовки ікри осетрових до інкубації є процес її знеклеєння.

Всі осетрові види продукують ікру з адгезивними властивостями, які дозволяють їй прикріплюватися до субстрату. Ймовірно, клейкість ікри виконує



substrate to promote fertilization and high survival in natural conditions.

The secretion and transformation of cells of the follicular epithelium creates a jelly envelope or adhesive layer, which can be characterized as a changed follicular epithelium. When in contact with water, this layer becomes hydrated and stickiness increases. External factors such as pH, water temperature and ion content (NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>, Mg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) affect the molecular mechanisms that initiate the adhesiveness of eggs. The main component of the adhesive layer of sturgeon eggs is a glycoprotein containing sialic acid. Sialic acids are responsible for increasing the viscosity of the secretion of various glands, which makes it more resistant to the effect of various factors [28].

Removal of egg adhesiveness can be done in several ways. There were attempts to improve the existing method of Voynarovich by increasing the concentration of urea or by including fresh or dry milk, iodine solution. Other methods include manually separating the eggs, physically washing them with clean water, and treating them with clay, starch, charcoal, etc. Chemical methods of removal egg adhesiveness include a solution of urea and NaCl, tannins, and proteolytic enzymes. The most effective method is the use of proteolytic enzymes that destroy the protein layer and remove stickiness. Alcalase, thalase, trypsin, and  $\alpha$ -chymotrypsin enzymes are usually used to remove sturgeon egg adhesiveness [29].

A study was conducted on the removal of sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) egg adhesiveness with sodium hypochlorite at different concentrations and duration of exposure. It has been shown that at a concentration of 0.03% and an exposure of 40 seconds, it effectively removes adhesiveness without worsening the quality of eggs, development and hatching of embryos in comparison with other methods of dead-

функцію її утримання на субстраті для сприяння заплідненню та високому виживанню в природних умовах.

Секреція і трансформація клітин фолікулярного епітелію утворює желейну оболонку або клейкий шар, який можна характеризувати як змінений фолікулярний епітелій. При контакті з водою цей шар стає гідратованим і клейкість зростає. Зовнішні чинники, такі як рН, температура води та вміст іонів (NaCl, KCl, CaCl<sub>2</sub>, Mg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) впливають на молекулярні механізми, що ініціюють адгезивність ікри. Основним компонентом клейкого шару ікринок осетрових є глікопротеїн, що містить сіалову кислоту. Сіалові кислоти відповідають за підвищення в'язкості секрету різних залоз, що робить його більш стійким до впливу різних чинників [28].

Знеклеювання ікри можна проводити кількома способами. Були спроби покращити існуючу методику Войнарівича шляхом збільшення концентрації сечовини або включенням свіжого чи сухого молока, розчину йоду. Інші методи включають ручне відділення ікри, фізичне промивання їх чистою водою та обробку глиною, крохмалем, деревним вугіллям та ін. Хімічні способи знеклеювання ікри включають розчин сечовини і NaCl, дубильні речовини, протеолітичні ферменти. Найефективніший метод знеклеювання ікри — застосування протеолітичних ферментів, що руйнують білковий шар і видаляють клейкість. Для знеклеювання ікри осетрових зазвичай використовують ферменти — алкалазу, максатазу, трипсин і  $\alpha$ -хімотрипсин [29].

Було проведено дослідження щодо знеклеювання ікри стерляді (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758) гіпохлоритом натрію за різних концентрацій і тривалості впливу. Показано, що за концентрації 0,03% та експозиції 40 с він ефективно усуває клейкість без погіршення якості ікри, розвитку та виходу ембріонів



hesion (clay; NaCl, urea and tannins). Production tests using sodium hypochlorite for deglutination of sterlet (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758), siberian (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) and Russian (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg 1833) sturgeon eggs showed identical hatching results as when using clay. Immunohistochemical studies confirmed that treatment with sodium hypochlorite did not affect the inner layers of eggs and the cytoplasm. The proposed method of removal of sturgeon egg adhesiveness is fast, simple and inexpensive [30].

### Structure

Knowledge of the morphological properties, species differences, development and functions of the sturgeon egg envelope is important for a better understanding of its biology and reproduction process. The structure of the egg envelope in different species of sturgeons is the same, but the diameter of the eggs (1.5–4.9 mm), the structure and number of micropyles (2–52) and the size of the micropylar field are different [31].

The development of the ovule in the ovary consists of five stages, with further changes after fertilization and the development of the fertilization cone [32].

The distribution of yolk and lipid inclusions, the structure of granules in a mature egg do not differ significantly from those in oocytes. However, the oocyte has a distinct polarized structure with large growth zones containing yolk granules, significant lipid inclusions, and an animal region with cytoplasm of a lower concentration than that of the yolk, nucleus, or embryo. It contains a large amount of reserve nutrients that support the development of the embryo. In a mature sturgeon egg, the nucleus is much larger than that of somatic cells and is tentatively called the germinal vesicle. At the end of stage IV maturity of the gonads, the

у порівнянні з іншими методами деадагезії (глина; NaCl, сечовина і дубильні речовини). Виробничі випробування з використанням гіпохлориту натрію для знеклеєння ікри стерляді (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758), сибірського (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) та російського (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg 1833) осетрів показали ідентичні результати виходу личинок, що вилупилися, як і за використання глини. Імуногістохімічні дослідження підтвердили, що обробка гіпохлоритом натрію не впливає на внутрішні шари ікри та цитоплазму. Запропонований метод знеклеєння ікри осетрових риб є швидким, простим і недорогим [30].

### Структура

Знання морфологічних властивостей, видових відмінностей, розвитку і функцій оболонки ікри осетрових риб має важливе значення для кращого розуміння її біології та процесу розмноження. Структура оболонки яйцеклітини у різних видів осетрових риб однакова, але діаметр яєць (1,5–4,9 мм), структура і кількість мікропіле (2–52) та розмір мікропілярного поля відрізняються [31].

Розвиток оболонки яйцеклітини в яєчнику складається з п'яти стадій, з подальшими змінами після запліднення та утворенням конуса запліднення [32].

Розподіл жовткових і ліпідних включень, будова гранул у зрілій яйцеклітині суттєво не відрізняються від таких в ооцитах. Проте ооцит має чітку поляризовану структуру з великими зонами росту, що містять жовткові гранули, значні ліпідні включення і анімальну область з цитоплазмою нижчої концентрації, ніж у жовтка, ядра або зародка. Вона містить велику кількість резервних поживних речовин, які підтримують розвиток ембріона. У зрілій яйцеклітині осетрових ядро значно більше, ніж у соматичних клітин, і умовно називається зародковим пухирцем. На завершення IV стадії зрілості



nucleus shifts to the animal pole and is surrounded by a fine-grained yolk. The nucleus is filled with nucleoplasm and numerous nucleoli.

The biology of the species and the ecology of spawning of various fish species also determine the different structure of the envelope of their eggs. During its development, microvilli are developed on the surface of the oocyte, at the base of which a thin layer of homogeneous structureless material appears. When yolk inclusions accumulate in the oocyte, another layer consisting of bundles of tubular structural elements develops. It passes into the outer homogeneous layer, creating a primary radially striated envelope or *zona radiata* (ZR), which is permeated by radial tubules with microvilli. The function of the latter is the supply of nutrients to the oocyte from water. The primary envelope is formed by the oocyte itself, it is inherent in eggs of all fish species. Follicular epithelium plays an important role in the development of the secondary membrane, it is present in fish whose eggs are sticky and is intended for attachment of eggs to the substrate. The stickiness is due to the presence of glycoprotein, mucopolysaccharides in the envelope, which in water creates a sticky gel-like substance, which helps to attach the egg to the substrate. The tertiary membrane is characteristic of eggs of cartilaginous fishes and lungfishes and is produced by specialized glands of the oviduct.

Egg envelopes perform various functions. These are membranes that play an important role in the interaction of the embryo with the environment.

Most fish eggs are covered with a tough protein envelope, which is the extracellular layer. This membrane, or chorion, is the primary protective structure of the unfertilized egg and, later, of the developing embryo. Studies of fish eggs have shown that the chorion is perforated by a small opening, the micropyle, which allows sperm to enter

гонад ядро зсувається до анімального полюса й оточується дрібнозернистим жовтком. Ядро заповнене нуклеоплазмою і численними ядерцями.

Біологія виду та екологія нересту різних видів риб визначають і різну будову оболонки їхніх ікринок. При її формуванні, на поверхні ооцита утворюються мікрворсинки, в основі яких виникає тонкий шар гомогенного безструктурного матеріалу. При накопиченні в ооциті жовткових включень формується ще один шар, що складається з пучків трубчастих структурних елементів. Він переходить в зовнішній гомогенний шар, утворюючи первинну радіально посмуговану оболонку, або *zona radiata* (ZR), що пронизана радіальними каналцями з мікрворсинками. Функцією останніх є постачання поживних речовин ооцита із водного середовища. Первинна оболонка утворюється власне ооцитом; вона притаманна ікрі всіх видів риб. В утворенні вторинної оболонки важливу роль відіграє фолікулярний епітелій, вона є у риб, яйця яких характеризуються клейкістю, і призначена для прикріплення ікринок до субстрату. Клейкість зумовлена наявністю в оболонці глікопротеїну, мукополісахаридів, які у воді утворюють клейку гелеподібну речовину, сприяє прикріпленню яйця до субстрату. Третинна оболонка властива яйцям хрящових риб та дводишних і продукується спеціалізованими залозами яйцепроводу.

Оболонки ікри риб виконують різноманітні функції. Це мембрани, що відіграють важливу роль у взаємодії зародка з навколишнім середовищем. Вони захищають ікру від різних механічних ушкоджень, здійснюють газовий та водно-сольовий обмін ембріона із зовнішнім середовищем.

Більшість ікринок риб покриті міцною білковою оболонкою, яка є позаклітинним шаром. Ця оболонка, або хоріон, є основною захисною структурою неза-



the egg. As a rule, eggs of teleost fish has a single funnel-shaped micropyle located at the animal pole [33].

Eggs of most sturgeon species also has a radially striated cover or zone radiata, under which there is a layer of cytoplasmic membrane up to 1  $\mu\text{m}$  thick. Cortical granules are spherical lysosome-like structures. In the center of the animal pole, near the nucleus of the oocyte, there are several micropylar channels (up to 33 — beluga, up to 52 — Russian sturgeon, 3–9 — Atlantic sturgeon, 3–15 — white sturgeon, and 3–16 — Siberian sturgeon, 5–13 — sterlet, 4–8 — paddlefish) [28, 34].

A study of the ultrastructure of the paddlefish egg surface using scanning electron microscopy showed that its mature eggs have from 4 to 12 micropyles in the animal region. The number of sperm entry sites corresponded to the number of micropyles, and during fertilization, the development of several cytoplasmic processes - fertilization cones — was noted [35].

#### **The role of the micropyle**

In general, the role of the micropyle is to help in the process of zygosis. Water in natural spawning grounds can be more turbid than in hatcheries. In turbid water, the micropyle effectively directs the sperm into the egg. Micropyles are located exclusively in the region of the pole, which is in close proximity to the genome of the egg cell, so that after entering the micropyle channel, the spermatozoon can easily penetrate into the egg cell. Multiple micropyles in sturgeon eggs increase the chances of fertilization. Under the opening of the micropyle on the surface of the egg is a bundle of microvilli [36, 37].

As already mentioned, the number of micropyles varies significantly among different sturgeon species and even among eggs of the same female. The size of the micropylar field is positively correlated with

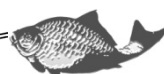
плідненої яйцеклітини, а згодом і ембріона, що розвивається. Дослідження ікри риб показали, що хоріон перфорований невеликим отвором мікропіле, який дозволяє сперміям потрапляти до яйцеклітини. Як правило, ікра костистих риб має одне мікропіле, що має форму воронки та розташоване на анімальному полюсі [33].

Ікра більшості видів осетрових риб також має радіально посмуговану оболонку, або *zona radiata*, під якою знаходиться шар з цитоплазматичної мембрани товщиною до 1  $\mu\text{m}$ . Кортикальні гранули є сферичними лізосомоподібними структурами. В центрі анімального полюса біля ядра ооцита розташовані кілька мікропілярних каналів (до 33 — білуга, до 52 — російський осетер, 3–9 — атлантичний осетер, 3–15 — білий осетер, і 3–16 — сибірський осетер, 5–13 — стерлядь, 4–8 — веслоніс) [28, 34].

При вивченні ультраструктури поверхні ікри веслоноса методом сканувальної електронної мікроскопії показано, що його зріла ікринка має від 4 до 12 мікропіле на анімальній ділянці. Кількість місць входу сперматозоїдів відповідала кількості мікропіле, а при заплідненні відмічено утворення кількох цитоплазматичних відростків — конусів запліднення [35].

#### **Роль мікропіле**

В цілому, роль мікропіле полягає в тому, щоб допомогти в процесі запліднення з'єднанню гамет. Вода в природних нерестовищах може бути більш каламутною, ніж в інкубаторіях. У каламутній воді мікропіле ефективно направляють сперматозоїд в яйцеклітину. Мікропіле розташовані виключно на ділянці полюса, що знаходиться в безпосередній близькості до генома яйцеклітини, тому після потрапляння в канал мікропіле сперматозоїд може легко проникнути в яйцеклітину. Множинні мікропіле в ікрі осетрових риб збільшу-



the number of micropyles in each ovule. The distance between any two micropyles is no more than 100 nm. The micropylar channel crosses the inner layer of the egg cell membrane, and the diameter of its inner end is slightly larger than the width of the sperm head. As in most fish species, the base of the micropylar canal in sturgeon eggs is wide enough for the passage of a single sperm [38].

#### **The role of cortical granules in blocking polyspermy**

When the first spermatozoon reaches the plasma membrane of the oocyte through the micropylar canal, its membrane reacts with the appearance of a wave of fertilization, after which the cortical granules (specialized secretory glycoprotein-containing granules) are rapidly destroyed, creating the perivitelline space. At the same time, the contents of the cortical granules are released into the perivitelline space between the plasma membrane of the oocyte and the egg envelope. The perivitelline space is filled with the perivitelline fluid, which is formed due to the absorption of water and substances secreted from the cortical granules. Over time, the egg envelope separates from the plasma membrane of the oocyte [39].

#### **Egg fertilization**

In fact, the most important stage of sturgeon reproduction is fertilization. Before and during the fertilization process, transformations of the zone radiata occur, which are morphological changes common to many fish species. The ultrastructural features of sperm entry, site and cone of egg fertilization were investigated in carp, catfish and several species of sturgeon. It was found that the thickness of this envelope in the region of the animal pole of the egg decreases and becomes thinner than in other parts of the envelope. In sturgeons, it is thinner (about 20 nm for starry or stellate sturgeon and 20–30 nm for Russian stur-

ють шанси на запліднення. Під отвором мікропіле на поверхні яйця знаходиться пучок мікроторсинок [36, 37].

Як уже згадувалося, кількість мікропіле помітно різниться у різних видів осетрових і навіть серед ікри однієї і тієї ж самки. Розмір мікропілярного поля позитивно корелює з кількістю мікропіле в кожній яйцеклітині. Відстань між будь-якими двома мікропіле становить не більше 100 нм. Мікропілярний канал перетинає внутрішній шар оболонки яйцеклітини, а діаметр його внутрішнього кінця трохи більший, ніж ширина голівки сперматозоїда. Як і у більшості видів риб, основа мікропілярного каналу в ікрі осетрових досить широка для проходження одного сперматозоїда [38].

#### **Роль кортикальних гранул у блокуванні поліспермії**

Коли перший сперматозоїд досягає плазматичної мембрани яйцеклітини через мікропілярний канал, оболонка її реагує появою хвилі запліднення, після якої кортикальні гранули (спеціалізовані секреторні гранули, що містять глікопротеїни) швидко руйнуються, утворюючи перивітеліновий простір. При цьому, вміст кортикальних гранул вивільняється в перивітеліновий простір між плазматичною мембраною ооцита і оболонкою яйцеклітини. Перивітеліновий простір заповнюється перивітеліною рідиною, яка утворюється за рахунок поглинання води і речовин, що виділяються з кортикальних гранул. Згодом оболонка яйцеклітини відділяється від плазматичної мембрани ооцита [39].

#### **Запліднення ікри**

Фактично найважливішим етапом відтворення осетрових є запліднення. До і під час процесу запліднення, відбуваються трансформації *zona radiata*, що являють собою морфологічні зміни, загальні для багатьох видів риб. У коропа, сома та кількох видів осетрових риб були досліджені ультраструктурні





geon). Mature sturgeon eggs has several micropyles that perforate the surface of the egg in the area of the animal pole. At the same time, dome-shaped structures consisting of bundles of microvilli are developed under each micropyle. The number of entry points for sperm usually corresponds to the number of micropyles on the surface of the egg. The ultrastructure of the entry point of spermatozoa into sturgeon eggs is similar to that of most other fish species [1, 2, 40].

Sixty seconds after fertilization of paddlefish eggs, the development of a cytoplasmic process or mature fertilization cone was observed, which extended into several micropyle ducts in the animal pole region. Several smaller cytoplasmic processes were also found in other micropylar channels of the same eggs. Studies of the plasma membrane of the fertilization cone showed its lack of fusion with excess spermatozoa. A minute after fertilization, the fertilization cone increased to 20-30  $\mu\text{m}$  in diameter and appeared in the form of a spherical shape on the egg envelope. The cytoplasmic process in the egg envelope plays an important role in preventing polyspermy [1].

With normal development, the sturgeon eggs at the blastula stage divides into an even number of blastomeres. However, during atypical division, there are violations and defects in division, which leads to the death of embryos in the early stages of their development or at hatching. With artificial insemination, such embryos can make up to 20%. It was hypothesized that the atypical division patterns were caused by polyspermy, as a large number of spermatozoa were observed histologically [2].

### **Block to polyspermy**

Egg-laying fish lay a huge amount of eggs. Fertilization is carried out by one maternal and one paternal gamete. In monosperm eggs, if more than one spermatozoon

особливості входу сперматозоїдів, місце і конус запліднення ікринок. З'ясовано, що товщина даної оболонки на ділянці анімального полюса ікринки зменшується і стає тоншою, ніж інші ділянки оболонки. У осетрових вона тонша (близько 20 нм для севрюги і 20–30 нм для російського осетра). Зріла ікра осетрових риб має декілька мікропіле, які перфорують поверхню ікринки у зоні анімального полюса. При цьому утворюються куполоподібні структури, що складаються з пучків мікроворсинок під кожним із мікропіле. Кількість місць входу для сперматозоїдів зазвичай відповідає числу мікропіле на поверхні ікринки. Ультраструктура місця входу сперматозоїдів в ікру осетрових є подібною як і у більшості інших видів риб [1, 2, 40].

Через 60 с після запліднення ікри веслоноса спостерігали утворення цитоплазматичного відростку або зрілого конусу запліднення, що поширюється на кілька каналів мікропіле в ділянці анімального полюса. Кілька менших цитоплазматичних відростків були виявлені і в інших мікропілярних каналах цієї ж ікри. Дослідження плазматичної мембрани конуса запліднення показали відсутність її злиття з надлишкових сперматозоїдами. Через хвилину після запліднення конус запліднення збільшився до 20–30  $\mu\text{m}$  у діаметрі та у вигляді сферичної форми з'явився на оболонці ікринки. Цитоплазматичний процес в оболонці яйцеклітини відіграє важливу роль у запобіганні поліспермії [1].

При нормальному розвитку ікра осетрових на етапі бластули ділиться на парну кількість бластомерів. Проте, за атипового поділу відбуваються порушення, вади поділу, що призводять до загибелі ембріонів на ранніх стадіях їх розвитку чи при вилупленні. За штучного запліднення частка таких ембріонів може досягати 20%. Зроблено припущення, що нетипові моделі поділу були викликані



fuses with the egg, the embryo dies at an early stage of development. During fertilization, a huge number of spermatozoa moving to the opening of the micropylar canal in the region of its animal pole compete for fertilization of the oocyte. However, only one spermatozoon can enter the cytoplasm of the oocyte fusing with its nucleus. Monospermic eggs usually have several mechanisms to prevent excess sperm from entering the oocyte. The nature of this protection is a protective reaction of the egg cell membrane called «blocking polyspermy». Sturgeon eggs are monospermic but have numerous micropyles, creating a high potential for polyspermy, but micropyle structure and cortical response to fertilization inhibit polyspermy [3].

The nature of the defense mechanism against polyspermy has been the subject of studies conducted on sea urchin eggs. It was found that during fertilization of sea urchin eggs, the cortical reaction consists in morphological changes of the cortical layer, which spread in a wave-like manner from the place of attachment of the spermatozoon to the entire surface of the egg, the appearance of a perivitelline space and a hyaline layer on the surface of the egg [41]. There is information that some of these changes are involved in inhibiting polyspermy. However, the start of the cortical reaction is preceded by a rather long latent period, about 10–20 seconds. During this time, many spermatozoa come into contact with the egg. Therefore, it was assumed that the block to polyspermy can be provided only by changes preceding the cortical reaction and that this process is biphasic. In the first phase, invisible changes («impulse of fertilization») cover the surface of the egg in a few seconds, which leads to incomplete blocking, and the second phase is responsible for the cortical reaction and ends with the formation of

поліспермією, оскільки гістологічно в них спостерігали велику кількість сперматозоїдів [2].

### **Блокування поліспермії**

Яйцекладні риби відкладають величезну кількість ікри. Запліднення здійснюється однією материнською та однією батьківською гаметою. У моноспермній ікрі, якщо більше одного сперматозоїда зливається з яйцеклітиною, ембріон гине на ранній стадії розвитку. Під час запліднення величезна кількість сперматозоїдів, що рухається до отвору мікропілярного каналу на ділянці його анімального полюса, конкурує за запліднення ооцита. Проте, лише один сперматозоїд може проникнути в цитоплазму ооцита, зливаючись з його ядром. Моноспермні яйцеклітини зазвичай мають кілька механізмів запобігання проникненню надлишкової кількості сперматозоїдів в ооцит. Характер цього захисту — це захисна реакція оболонки яйцеклітини, яка називається «блокуванням поліспермії». Ікра осетрових моноспермна, але має численні мікропіле, створюючи високий потенціал для поліспермії, проте будова мікропіле і кортикальна реакція на запліднення пригнічують поліспермію [3].

Природа механізму захисту від поліспермії була предметом досліджень, проведених на ікрі морських їжаків. Встановлено, що при заплідненні ікри морського їжака кортикальна реакція полягає в морфологічних змінах кортикального шару, що поширюються хвилеподібно від місця прикріплення сперматозоїда на всю поверхню ікринки, появі перивітелінового простору та гіалінового шару на поверхні ікринки [41]. Є інформація, що деякі з цих змін беруть участь у гальмуванні поліспермії. Проте початку кортикальної реакції передують досить тривалий латентний період, близько 10–20 с. Протягом такого проміжку часу багато сперматозоїдів стикаються з яйцеклітиною. Тому, було зроблено припущення,



a layer impermeable to spermatozoa at a temperature of 16-18 °C 63 seconds after insemination [42]. The mechanism of block to polyspermy in fish by impulse fertilization requires further studies.

The surface layer of bony fish eggs is known to contain cortical alveoli, whereas fish of the *Acipenseridae* family have cortical granules. Both of these structures contain mucopolysaccharides. As in the case of sea urchins, the contact of a fertilizing spermatozoon with an egg in fish initiates a wave of destruction of the granule (or alveolus). In order to find out the role of the fertilization impulse and the disintegration of the granule (alveolus) in blocking polyspermy, a series of comparative experiments was conducted on the course of the cortical reaction during normal development and after the use of polyspermy inducers. Sperm attachment and initiation of the cortical response were separated in time by activation of the spawn and its subsequent insemination at different time intervals. This experiment allowed establishing the exact moment of the cortical reaction when sperm penetration becomes impossible. It was investigated whether the perivitelline fluid, which contains the contents of the cortical alveoli, inhibits the penetration of spermatozoa. For this purpose, the perivitelline fluid was removed from the activated eggs, and the direct effect of the perivitelline fluid on spermatozoa and their fertilizing ability was established by their subsequent insemination. [43, 44].

The hypothesis of biphasic blocking has been proven by further careful study of the early stages of development of sea urchin eggs, but there is a difference in the mechanism of preventing polyspermy in echinoderms and fishes, because they have different ways of collision of the spermatozoon and oocyte. In fish, spermatozoa penetrate the egg only strictly

що блокування поліспермії може бути забезпечено лише змінами, що передують кортикальній реакції, і що цей процес двофазний. У першій фазі невидимі зміни («імпульс запліднення») охоплюють поверхню ікринки за кілька секунд, що призводить до неповного блокування, а друга фаза відповідає за кортикальну реакцію і завершується утворенням непроникного для спермій шару за температури 16–18°C через 63 с після осіменіння [42]. Механізм блокування поліспермії у риб імпульсом запліднення потребує подальших досліджень.

Відомо, що поверхневий шар ікринок костистих риб містить кортикальні альвеоли, тоді як у риб родини *Acipenseridae* є кортикальні гранули. Обидві ці структури містять мукополісахариди. Як і у випадку з морськими їжаками, контакт запліднюючого сперматозоїда з ікринкою у риб ініціює хвилю руйнування гранули (або альвеоли). Щоб з'ясувати роль імпульсу запліднення та розпаду гранули (альвеоли) в блокуванні поліспермії було проведено серію порівняльних експериментів з перебігу кортикальної реакції при нормальному розвитку і після використання індукторів поліспермії. Прикріплення сперматозоїдів і початок кортикальної реакції були розділені в часі шляхом активації ікри та наступним її осіменінням через різні проміжки часу. Цей експеримент дав змогу встановити точний момент кортикальної реакції, коли проникнення сперматозоїда стає неможливим. Було досліджено, чи перивітелінова рідина, в якій знаходиться вміст кортикальних альвеол, гальмує проникнення сперматозоїдів. З цією метою перивітелінову рідину вилучали з активованих яєць, і подальшим їх осіменінням встановлено пряму дію перивітелінової рідини на сперматозоїди та їх запліднювальну здатність [43, 44].

Гіпотеза двофазного блокування доведена подальшим ретельним вивченням ран-



through the localized openings — the micropyle. Salmon eggs have only one micropyle. The width of its terminal channel is such that the fertilizing spermatozoon fills the entire opening and, until it is drawn into the cytoplasm, the penetration of other spermatozoa is physically impossible. By that time, the disintegration of the cortical alveoli is already completed. Sturgeon eggs have several micropyles, so there is a possibility of penetration of several spermatozoa. Since the micropyle are arranged in a group on a small area of the surface of the egg and during the cortical reaction, which spreads over this area in a very short time, a significant amount of polyspermy can occur only in fertilization with a very thick suspension of spermatozoa, which has been shown experimentally. In nature, such a density can be found only as an exception, because sturgeons spawn in a fast current, where the sperm is diluted by the water flow. Unlike fish, the entire egg surface of echinoderms is accessible to sperm, so this may require a more complex defense mechanism against polyspermy [45].

It is rather difficult to estimate the fertilization rate of sturgeon eggs, as they have from 2 to 52 micropyles. Polyspermic fertilization in sturgeons is a very common phenomenon, which is problematic due to unusual division of the zygote, disturbance in the development of the embryo, and maintenance of its viability. Pathological polyspermy occurs across a wide taxonomic range, including both vertebrates and invertebrates. Blocking polyspermy is necessary to limit the number of spermatozoa entering the oocyte. With polyspermy, the chromosomal structure has negative dynamics [46, 47].

#### Early development of sturgeons

The early development of sturgeons is characterized by three distinct phases: the

ніх стадій розвитку ікри морських іжаків, але існує різниця в механізмі запобігання поліспермії голкошкірих і риб, оскільки вони мають різні способи зіткнення сперматозоїда і яйцеклітини. У риб сперматозоїди проникають в ікру тільки виключно через локалізовані отвори — мікропіле. Ікра лососевих має лише одне мікропіле. Ширина його термінального каналу така, що сперматозоїд, який запліднює, заповнює весь отвір і, поки не втягується в цитоплазму, проникнення інших сперматозоїдів фізично неможливе. До того часу вже завершується розпад кортикальних альвеол. Ікра осетрових має кілька мікропіле, тому існує можливість проникнення кількох сперматозоїдів, оскільки мікропіле розташовані групою на невеликій ділянці поверхні яйця і впродовж кортикальної реакції, що поширюється на цю ділянку за дуже короткий час, значна кількість поліспермії може виникнути лише при заплідненні дуже густою суспензією сперматозоїдів, що було показано експериментально. У природі така щільність може зустрічатися лише як виняток, адже осетрові нерестяться на швидкій течії, де сперма розріджується потоком води. На відміну від риб, вся поверхня яйця голкошкірих доступна для сперматозоїдів, тому для цього може знадобитися більш складний захисний механізм проти поліспермії [45].

Оцінити швидкість запліднення ікри осетрових досить складно, оскільки вони мають від 2 до 52 мікропіле. Поліспермне запліднення в осетрових є дуже поширеним явищем, що проблематично з огляду на незвичайний поділ зиготи, порушення у розвитку ембріона, підтриання його життєздатності. Патологічна поліспермія зустрічається в широкому таксономічному діапазоні, включаючи як хребетних, так і безхребетних. Блокування поліспермії необхідне для обмеження кількості сперматозоїдів, що проникають в яйцеклітину. За поліспер-



yolk sac stage, the larval feeding stage, and the metamorphosis stage [48].

During the first stage, nutrition depends entirely on the contents of the yolk sac. Within this stage, environmental factors such as temperature, gas regime, and dissolved substances have the main effect on larvae. Most of the supply of nutrition at the beginning is provided by the melanin plug of the yolk sac, rich in lipids and polysaccharides, the absorption efficiency of which also depends significantly on water temperature. Temperature directly affects the rate of completion of this stage and the most effective time to start feeding [49, 50].

The second stage is characterized by the beginning of exogenous nutrition and subsequent adaptation to exogenous microbiota. At this stage, exposure to pathogens often results in larval death, so water quality control and management is a priority. However, a mortality of about 10% is typical for this transitional stage [51].

Due to the sensitivity of larvae in the second stage, studies have focused on a number of problems, such as frequency of feeding, optimization of digestion and its improvement with auxiliary additives, including those of bacterial origin. A critical and controversial point in larval development is the time of initial feeding, which can significantly affect the survival of juveniles [52].

Larvae are very susceptible to both over- and under-feeding. It has been shown that delayed feeding can have a positive effect on their survival. However, too long lack of feeding can lead to the deterioration of their development. Thorough studies into the optimal adjustment of feeding regimes to meet the needs of dynamic growth of juveniles are ongoing [53–55].

The effectiveness of artificial reproduction and breeding of sturgeons for stocking natural water bodies depends significantly

мії хромосомна структура має негативну динаміку [46, 47].

### **Ранній розвиток осетрових**

Ранній розвиток осетрових характеризується трьома різними фазами: стадія жовткового мішка, стадія живлення личинки та стадія метаморфозу [48].

Впродовж першої стадії живлення повністю залежить від вмісту жовткового мішка. Під час цієї стадії основний вплив на личинок мають такі чинники зовнішнього середовища як температура, газовий режим та розчинені речовини. Більшість запасу живлення на початку забезпечує багата ліпідами та полісахаридами меланінова пробка жовткового мішка, ефективність поглинання якої значно залежить також від температури води. Температура безпосередньо впливає на швидкість завершення даної стадії та найефективніший час початку годівлі [49, 50].

Друга стадія характеризується початком екзогенного живлення і подальшою адаптацією до екзогенної мікробіоти. На цій стадії вплив патогенних збудників часто призводить до загибелі личинок, тому контроль та управління якістю води є пріоритетним. Проте, смертність близько 10% є типовою для цієї перехідної стадії [51].

Через чутливість личинок на другій стадії, дослідження зосереджені на низці проблем, таких як періодичність годівлі, оптимізація травлення та його покращення за допомогою допоміжних добавок, в тому числі бактеріального походження. Критичним і суперечливим моментом розвитку личинок є час початкового прикорму, який може значно вплинути на виживаність молоді [52].

Личинки дуже сприйнятливі як до надмірної, так і недостатньої годівлі. Показано, що відкладена в часі годівля може позитивно впливати на їх виживаність. Проте, надто тривала відсутність годівлі може призвести до погіршення їх розвитку. Тривають ретельні дослідження оптимального налаштування режимів



on the result of larval breeding. It is noted that there is a need for further improvement of the technological process of sturgeon reproduction and cultivation in aquaculture [56, 57].

### Partogenesis

One of the latest studies on sterlet reproduction recorded the phenomenon of parthenogenesis. Parthenogenesis is a common form of asexual reproduction (most often in arthropods and rotifers), in which offspring develops from unfertilized eggs. Partogenesis occurs in fish, amphibians, and crustaceans. Most organisms that reproduce parthenogenetically also exhibit a phase of sexual reproduction. Asexual reproduction usually occurs in bisexual species, and this form of parthenogenesis has been observed in various multicellular organisms, including fish. In fish, parthenogenesis was detected only in the blacktip shark (*Carcharhinus limbatus* Müller & Henle, 1839), the hammerhead shark (*Sphyrna lewini* Griffith & Smith, 1834) and the zebra shark (*Stegostoma fasciatum* Forster, 1781) [58]. Facultative patterns of parthenogenetic cleavage in the eggs of the sea urchin without ovulation were first reported by Detlaf and Ginzburg [59]. After that, no similar studies were conducted. Although the mechanism of parthenogenetic development of sturgeon eggs is unknown, it is assumed that the quality of the eggs has a significant effect on its fertilizing ability and can cause defects in embryonic development [60, 61].

годівлі для відповідності потребам динамічного росту молоді [54–55].

Ефективність штучного відтворення та вирощування осетрових риб для рибогосподарського використання природних водойм значно залежить від результату вирощування личинок. Останній визначається не тільки кількістю отриманої молоді та її якісними характеристиками, але й часом, необхідним для досягнення її нормативної вікової маси, яка є основним критерієм для пересадки рибопосадкового матеріалу у вирощувальні стави. Відмічається, що існує необхідність подальшого удосконалення технологічного процесу відтворення та вирощування осетрових в аквакультури [56, 57].

### Партогенез

В одному із останніх досліджень щодо відтворення стерляді було зафіксовано і явище партеногенезу. Партеногенез — це поширена форма нестатевого розмноження (найчастіше членистоногих і коловерток), за якої потомство розвиваються з незапліднених яєць. Партогенез зустрічається у риб, амфібій, ракоподібних. Більшість організмів, які розмножуються партеногенетично також демонструють фазу статевого розмноження. Нестатеве розмноження зазвичай відбувається у двостатевих видів, і ця форма партеногенезу була відмічена в різних багатоклітинних організмів, включаючи риб. У риб партеногенез виявлено лише в чорноперої акул *Carcharhinus limbatus*, акул-молота *Sphyrna lewini* та зебрової акул *Stegostoma fasciatum* [58]. Факультативні моделі партеногенетичного розщеплення в ікрі севрюги без овуляції вперше повідомили Детлаф і Гінзбург [59]. Після цього жодних подібних досліджень не було проведено. Хоча механізм партеногенетичного розвитку яєць осетроподібних невідомий, припускають, що якість ікри має значний вплив на її запліднювану здатність і може спричинити вади ембріонального розвитку [60, 61].



## CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

In recent years, information on the problems of sturgeon polyspermy and its induction by various factors was practically absent in the available professional literature. However, this issue causes the interest of specialists — scientists, practitioners, breeders, because as a result of polyspermy, the efficiency of artificial reproduction of sturgeon fish decreases, negatively affecting the yield of larvae, their quality due to morphological violations in the structure, and in general, fish productivity and profitability of production.

The number of micropyles varies significantly among different sturgeon species and even among eggs of the same female. The conducted study added to the knowledge about the peculiarities of the structure of the sturgeon egg envelope and the processes that occur during fertilization. Despite the fact that there is a natural mechanism to prevent the possibility of polyspermic fertilization, this phenomenon occurs quite often in aquaculture, causing a violation of zygote fragmentation at the initial stages of embryogenesis, and therefore a decrease in the yield of larvae. Clarification of the mechanism of blocking polyspermy in sturgeon and the factors that induce it requires further studies.

In the artificial reproduction of sturgeon, knowledge of morphological properties, species differences, development and functions of the egg envelope is important for a better understanding of the reproduction process, improving the quality of sexual products, increasing the yield of larvae, increasing the amount of fish stocking material, and increasing the profitability of production.

Conducting research on this topic will provide an opportunity to supplement knowledge about the peculiarities of the structure of sturgeon oocytes, their artificial

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

За останні роки в доступній фаховій літературі інформація з проблем поліспермії осетрових та її індукування різними чинниками практично була відсутня. Проте дане питання викликає цікавість у фахівців — науковців, практиків, селекціонерів, оскільки внаслідок поліспермії знижується ефективність штучного відтворення осетрових риб, негативно впливаючи на вихід личинок, їхню якість (повноцінність) за рахунок морфологічних порушень в будові, і загалом на рибопродуктивність та рентабельність виробництва.

Кількість мікропіле помітно різняться у різних видів осетрових і навіть серед ікри однієї і тієї ж самки. Проведені дослідження доповнили знання щодо особливості будови оболонки ікри осетрових та процесів, що відбуваються при заплідненні. Незважаючи на те, що існує природний механізм запобігання ймовірності поліспермного запліднення, дане явище в аквакультури зустрічається досить часто, викликаючи порушення дроблення зиготи на початкових етапах ембріогенезу, а, отже, і зниження виходу личинок. З'ясування механізму блокування поліспермії у осетрових риб та чинників, що її індукують, потребує подальших досліджень.

При штучному відтворенні осетрових, знання морфологічних властивостей, видових відмінностей, розвитку і функцій оболонки ікри має важливе значення для кращого розуміння процесу розмноження, поліпшення якості статевих продуктів, підвищення виходу личинок, збільшення кількості рибопосадкового матеріалу, підвищення рентабельності виробництва.

Проведення досліджень з даної теми дасть можливість доповнити знання щодо особливості будови ооцитів осетрових риб, їх штучного відтворення,



reproduction, to propose new technological approaches to reduce the probability of polysperm fertilization and disruption of zygote fragmentation at the initial stages of embryogenesis, and to find out the optimal conditions for increasing the yield of larvae.

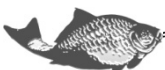
запропонувати нові технологічні підходи для зниження ймовірності поліспермного запліднення і порушення дроблення зиготи на початкових етапах ембріогенезу та з'ясувати оптимальні умови підвищення виходу личинок.

## REFERENCES

1. Kudo, S. (1991). Fertilization, cortical reaction, polyspermy-preventing and antimicrobial mechanisms in fish eggs. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sinica Monograph*, 16, 313-340.
2. Iegorova, Viktoriia, et al. (2018). Polyspermy produces viable haploid/diploid mosaics in sturgeon. *Biology of Reproduction*, 99, 4, 695-706.
3. Ginsburg, A. (1961). The block to polyspermy in sturgeon and trout with special reference to the role of cortical granules. *Journal of embryology and experimental morphology*, 9, 173-90.
4. Bemis, W. E., & Kynard, B. (1997) Sturgeon rivers: an introduction to Acipenseriformes biogeography and life history. *Sturgeon Biodiversity and Conservation*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 167-183.
5. Bronzi, P., Chebanov, M., Michaels, J. T., Wei, Q., Rosenthal, H., & Gessner, J. (2019). Sturgeon meat and caviar production. Global update 2017. *J Appl Ichthyol*, 35, 257-266.
6. Shivaramu, S., Lebeda, I., Kašpar, V., & Flajšhans, M. (2020). Intraspecific Hybrids Versus Purebred: A Study of Hatchery-Reared Populations of Sterlet *Acipenser ruthenus*. *Animals*, 10(7), 1149.
7. Stakėnas, S., & Pilinkovskij, A. (2019). Migration patterns and survival of stocked *Atlantic sturgeon (Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815) in Nemunas Basin, Baltic Sea. *J Appl Ichthyol*, 35, 128-137.
8. McDougall, C. A., et al. (2014). Relative recruitment success of stocked age-1

## ЛІТЕРАТУРА

1. Kudo S. Fertilization, cortical reaction, polyspermy-preventing and antimicrobial mechanisms in fish eggs // *Bull. Inst. Zool. Acad. Sinica Monograph*. 1991. № 16. P. 313—340.
2. Polyspermy produces viable haploid/diploid mosaics in sturgeon / Iegorova Viktoriia et al. // *Biology of Reproduction*. 2018. Vol. 99, iss. 4. P. 695—706.
3. Ginsburg A. The block to polyspermy in sturgeon and trout with special reference to the role of cortical granules // *Journal of embryology and experimental morphology*. 1961. № 9. P. 173—190.
4. Bemis W. E., Kynard B. Sturgeon rivers: an introduction to Acipenseriformes biogeography and life history // *Sturgeon Biodiversity and Conservation*. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 1997. P. 167—183.
5. Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017 / Bronzi P. et al. // *Appl Ichthyol*. 2019. Vol. 35. P. 257—266.
6. Intraspecific Hybrids Versus Purebred: A Study of Hatchery-Reared Populations of Sterlet *Acipenser ruthenus* / Shivaramu S. et al. // *Animals*. 2020. № 10(7). P. 1149.
7. Stakėnas S., Pilinkovskij A. Migration patterns and survival of stocked Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815) in Nemunas Basin, Baltic Sea // *Appl Ichthyol*. 2019. № 35. P. 128—137.
8. Relative recruitment success of stocked age 1 vs age 0 lake sturgeon (*Acipenser fulvescens* Rafinesque, 1817) in the





- vs age-0 lake sturgeon (*Acipenser fulvescens* Rafinesque, 1817) in the Nelson River, Northern Canada. *Journal of Applied Ichthyology*, 30.6, 1451-1460.
9. Chebanov, M. S., & Galich, E. V. (2013). Sturgeon hatchery manual. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 558.
  10. Rzemieniecki, A., et al. (2004). Induced spermiation in 3-year-old sterlet, *Acipenser rutnensis* L. *Aquaculture Research*, 35, 144-151.
  11. Shamova, O., Orlov, D., Balandin, S., Shramova, E., Tsvetkova, E., & Pan-telev, P., et al. (2014). Acipensins novel antimicrobial peptides from leukocytes of the Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*. *Acta Naturae*, 6, 99, 109.
  12. Lebeda, I., Rab, P., Majt'anova, Z., & Flajšhans, M. (2020). Artificial whole genome duplication in paleopolyploid sturgeons yields highest documented chromosome number in vertebrates. *Scientific Reports*, 10(1), 1-10.
  13. Yebra-Pimentel, E. S., Reis, B., Gessner, J., Wuertz, S., & Dirks, R. P. (2020). Temperature training improves transcriptional homeostasis after heat shock in juvenile Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 46(5), 165-166.
  14. Van Eenennaam, J. P., Fiske, A. J., Leal, M. J., Cooley-Rieders, C., Todgham, A.E., & Conte, F. S., et al. (2020). Mechanical shock during egg de-adhesion and postovulatory ageing contribute to spontaneous autopolyploidy in white sturgeon culture (*Acipenser transmontanus*). *Aquaculture*, 515, 734530.
  15. Martseniuk, V. P. (2011). Ultrasonohrafiya v akvakulturi. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 2, 88-98.
  16. Kecse-Nagy, K. (2011). Trade in sturgeon caviar in Bulgaria and Romania: Overview of reported trade in caviar, 1998-2008. *Traffic Europe*.
  - Nelson River, Northern Canada / McDougall C. A. et al. // *Journal of Applied Ichthyology*. 2014. № 30.6. P. 1451—1460.
  9. Chebanov M. S., Galich E. V. Sturgeon hatchery manual // *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. 2013. No. 558. 297 p.
  10. Induced spermiation in 3-year-old sterlet, *Acipenser rutnensis* L. / Rzemieniecki A. et al. // *Aquaculture Research*. 2004. Vol. 35. P. 144—151.
  11. Acipensins novel antimicrobial peptides from leukocytes of the Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* / Shamova O. et al. // *Acta Naturae*. 2014. № 6. P. 99—109.
  12. Artificial whole genome duplication in paleopolyploid sturgeons yields highest documented chromosome number in vertebrates / Lebeda I. et al. // *Scientific Reports*. 2020. № 10(1). P. 1—10.
  13. Temperature training improves transcriptional homeostasis after heat shock in juvenile Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) / Yebra-Pimentel E. S. et al. // *Fish Physiology and Biochemistry*. 2020. Vol. 46(5). P. 165—166.
  14. Mechanical shock during egg de-adhesion and postovulatory ageing contribute to spontaneous autopolyploidy in white sturgeon culture (*Acipenser transmontanus*) Van Eenennaam J. P. et al. // *Aquaculture*. 2020. Vol. 515. 734530
  15. Марценюк В. П. Ультрасонографія в аквакультурі // *Рибогосподарська наука України*. 2011. № 2. С. 88—98.
  16. Kecse-Nagy K. Trade in sturgeon caviar in Bulgaria and Romania: Overview of reported trade in caviar, 1998-2008. *Traffic Europe* // *A TRAFFIC report for WWF Austria*. Budapest, Hungary, 2011. 20 p.



17. Van Uhm, D., & Siegel, D. (2016). The illegal trade in black caviar. *Trends in Organized Crime*, 19(1), 67-87.
18. Munhofen, J. L., Jiménez, D. A., Peterson, D. L., Camus, A. C., & Divers, S. J. (2014). Comparing ultrasonography and endoscopy for early gender identification of juvenile Siberian sturgeon. *North American Journal of Aquaculture*, 76, 14-23.
19. Haxton, T. J., Sulak, K., & Hildebrand, L. (2016). Determination of sex and maturity in sturgeon (*Acipenser stellatus*) by using ultrasonography. *Journal of Applied Ichthyology*, 18, 325-328.
20. Esmailnia, R., Ghomi, M. R., & Sohrabnezhad, M. (2019). Early sex identification of 18-month cultured beluga sturgeon (*Huso huso*) using ultrasonography, small surgery and plasma steroid hormones. *J Appl Ichthyol*, 35, 420-426.
21. Caimi, Christian, Gasco, Laura, Biasato, Ilaria, Malfatto, Varello, Katia, Prearo, Marino, Pastorino, Paolo, Bona, & Francese, Danila, et al. (2020). Could Dietary Black Soldier Fly Meal Inclusion Affect the Liver and Intestinal Histological Traits and the Oxidative Stress Biomarkers of Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*) Juveniles?. *Animals*, 10, 155.
22. Rzepkowska, M., Adamek-Urbańska, D., Fajkowska, M., & Roszko, M. Ł. (2020). Histological Evaluation of Gonad Impairments in Russian Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) Reared in Recirculating Aquatic System (RAS). *Animals (Basel)*, 18, 10(8), 1439.
23. Webb, M. A. H., Van Eenennaam, J. P., Doroshov, S. I., & Moberg, G. P. (1999). Preliminary observations on the effects of holding temperature on reproductive performance of female white sturgeon, *Acipenser transmontanus* Richardson. *Aquaculture*, 176, 315-329.
24. Webb, M. A. H., Van Eenennaam, J. P., Feist, G. W., Linares-Casenave, J., Fitz-17. Van Uhm D., Siegel D. The illegal trade in black caviar // Trends in Organized Crime. 2016. Vol. 19(1). P. 67—87.
18. Comparing ultrasonography and endoscopy for early gender identification of juvenile Siberian sturgeon / Munhofen J. L. et al. // North American Journal of Aquaculture. 2014. Vol. 76. P. 14—23.
19. Determination of sex and maturity in sturgeon (*Acipenser stellatus*) by using ultrasonography / Haxton T. J. et al. // Journal of Applied Ichthyology. 2016. Vol. 18. P. 325—328.
20. Esmailnia R., Ghomi M. R., Sohrabnezhad M. Early sex identification of 18-month cultured beluga sturgeon (*Huso huso*) using ultrasonography, small surgery and plasma steroid hormones // Appl Ichthyol. 2019. Vol. 35. P. 420—426.
21. Could Dietary Black Soldier Fly Meal Inclusion Affect the Liver and Intestinal Histological Traits and the Oxidative Stress Biomarkers of Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*) Juveniles? / Caimi Christian et al. // Animals. 2020. Vol. 10. 155. DOI : 10.3390/ani10010155.
22. Histological Evaluation of Gonad Impairments in Russian Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) Reared in Recirculating Aquatic System (RAS) / Rzepkowska M. et al. // Animals (Basel). 2020. Vol. 18, 10(8). P. 1439.
23. Preliminary observations on the effects of holding temperature on reproductive performance of female white sturgeon, *Acipenser transmontanus* / Webb M. A. H. et al. // Aquaculture, 1999. № 176. P. 315—329.
24. Effects of thermal regime on ovarian maturation and plasma sex steroids in farmed white sturgeon, *Acipenser transmontanus* / Webb M. A. H. et al. // Aquaculture. 2001. № 201. P. 137—151.
25. Bayunova L., Barannikova I.,



- patrick, M. S., Schreck, C. B., & Doroshov, S. I. (2001). Effects of thermal regime on ovarian maturation and plasma sex steroids in farmed white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. *Aquaculture*, 201, 137-151.
25. Bayunova, L., Barannikova, I., & Semenkova, T. (2002). Sturgeon stress reactions in aquaculture. *J. Appl. Ichthyol*, 18, 397-404.
  26. Hamlin, H. J., Moore, B. C., Edwards, T. M., Larkin, I. L. V., Boggs, A., High, W. J., Main, K. L., & Guillette, L. J. (2008). Nitrate-induced elevations in circulating sex steroid concentrations in female Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) in commercial aquaculture. *Aquaculture*, 281, 118-125.
  27. Falahatkar, B., Akhavan, S. R., & Ghaedi, G. (2014). Egg cortisol response to stress at early stages of development in Persian sturgeon *Acipenser persicus*. *Aquacult Int*, 22, 215-223.
  28. Dettlaff, T., Ginsburg, A., & Schmalhausen, O. (1993). Sturgeon Fishes. *Developmental Biology and Aquaculture*. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 300.
  29. Siddique, M. A., Pšenička, M., Cosson, J., Dzyuba, B., Rodina, M., Golpour, A., & Linhart, O. (2016). Egg stickiness in artificial reproduction of sturgeon: an overview. *Reviews in Aquaculture*, 8, 18-29.
  30. Pšenička, M. (2016). A novel method for rapid elimination of sturgeon egg stickiness using sodium hypochlorite. *Aquaculture*, 453, 73-76.
  31. Debus, L., Winkler, M., & Billard, R. (2002). Structure of Micropyle Surface on Oocytes and Caviar Grains in Sturgeons. *Internat. Rev. Hydrobiol.*, 87, 585-603.
  32. Podushka, S. B. (1999). New method to obtain sturgeon eggs. *Journal of Applied Ichthyology*, 15 (4-5), 319.
  33. Cherr, G. N., & Clark, W. H., JR. (1982). Semenkova T. Sturgeon stress reactions in aquaculture // *J. Appl. Ichthyol*. 2002. № 18. P. 397—404.
  26. Nitrate-induced elevations in circulating sex steroid concentrations in female Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) in commercial aquaculture / Hamlin H. J. et al. // *Aquaculture*. 2008. № 281. P. 118—125.
  27. Falahatkar B., Akhavan S. R., Ghaedi G. Egg cortisol response to stress at early stages of development in Persian sturgeon *Acipenser persicus* // *Aquacult Int*. 2014. № 22. P. 215—223.
  28. Dettlaff T., Ginsburg A., Schmalhausen O. Sturgeon Fishes // *Developmental Biology and Aquaculture*. Berlin ; Heidelberg : Springer-Verlag, 1993 300 p.
  29. Egg stickiness in artificial reproduction of sturgeon: an overview / Siddique M. A. et al. // *Reviews in Aquaculture*. 2016. № 8. P. 18—29.
  30. Pšenička M. A novel method for rapid elimination of sturgeon egg stickiness using sodium hypochlorite // *Aquaculture*. 2016. Vol. 453. P. 73—76.
  31. Debus L., Winkler M., Billard R. Structure of Micropyle Surface on Oocytes and Caviar Grains in Sturgeons // *Internat. Rev. Hydrobiol*. 2002. № 87. P. 585—603.
  32. Podushka S. B. New method to obtain sturgeon eggs // *Journal of Applied Ichthyology*. 1999. № 15 (4-5). P. 319.
  33. Cherr G. N., Clark, W. H. JR. Fine Structure of the Envelope and Micropyles in the Eggs of the White Sturgeon, *Acipenser transmontanus* Richardson // *Development, Growth & Differentiation*. 1982. № 24. P. 341—352.
  34. Zelazowska M. Formation and structure of egg envelopes in Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*



- Fine Structure of the Envelope and Micropyles in the Eggs of the White Sturgeon, *Acipenser transmontanus* Richardson. *Development, Growth & Differentiation*, 24, 341-352.
34. Zelazowska, M., (2010). Formation and structure of egg envelopes in Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* (Acipenseriformes: Acipenseridae). *J. Fish Biol.*, 76, 694-706.
35. Linhart, O., & Kudo, S. (1997). Surface ultrastructure of paddlefish eggs before and after fertilization. *Journal of Fish Biology*, 51, 573-582.
36. Cherr, G. N., & Clark, W. H. (1985). Gamete interaction in the white sturgeon *Acipenser transmontanus*: a morphological and physiological review. *Environ. Biol. Fish.*, 14, 11-22.
37. Murata, Kenji. (2003). Blocks to Polyspermy in Fish: A Brief Review. *Aquaculture and Pathobiology of Crustacean and Other Species*.
38. Bemis, W. E., Findeis, E. K., & Grande, L. (1997). An overview of Acipenseriformes. *Environmental Biology of Fishes*, 48, 25-71.
39. Psenicka, M., Rodina, M., & Linhart, O. (2010). Ultrastructural study on fertilization process in sturgeon (*Acipenser*), function of acrosome and prevention of polyspermy. *Animal Reproduction Science*, 117, 147-154.
40. Andriushchenko, A. I., Vovk, N. I., & Kondratiuk, V. M. (2018). *Osetrivnystvo*. (Vol. I. Stavove osetrivnystvo). Kyiv.
41. Runnstrom, J. (1952). The cell surface in relation to fertilisation. *Symp. Soc. Exp. Biol.*, 6, 39-88.
42. Allen, R. D. (1958). The initiation of development. *A Symposium on the Chemical Basis of Development*, 17-72.
43. Rothschild (1953). The fertilization reaction in the sea urchin. The induction of polyspermy by nicotine. *Exp. Biol.*, 30, 57-67.
- (Acipenseriformes: Acipenseridae) // *J. Fish Biol.* 2010. №76. P. 694—706.
35. Linhart O., Kudo S. Surface ultrastructure of paddlefish eggs before and after fertilization // *Journal of Fish Biology*. 1997. № 51. P. 573—582.
36. Cherr G. N., Clark W. H. Gamete interaction in the white sturgeon *Acipenser transmontanus*: a morphological and physiological review // *Environ. Biol. Fish.* 1985. № 14. P. 11—22.
37. Murata Kenji. Blocks to Polyspermy in Fish: A Brief Review. *Aquaculture and Pathobiology of Crustacean and Other Species* // Department of Animal Science. Davis, CA : University of California, 2003. 15 p.
38. Bemis W. E., Findeis E. K., Grande L. An overview of Acipenseriformes // *Environmental Biology of Fishes*. 1997. № 48. P. 25—71.
39. Psenicka M., Rodina M., Linhart O. Ultrastructural study on fertilization process in sturgeon (*Acipenser*), function of acrosome and prevention of polyspermy // *Animal Reproduction Science*. 2010. № 117. P. 147—154.
40. Андрющенко А. І., Вовк Н. І., Кондратиук В. М. Осетрівництво : підручник. Том І : Ставове осетрівництво. Київ, 2018. 789 с.
41. Runnstrom J. The cell surface in relation to fertilization // *Symp. Soc. Exp. Biol.* 1952. № 6. P. 39—88.
42. Allen R. D. The initiation of development // *A Symposium on the Chemical Basis of Development*. Baltimore, 1958. P. 17—72.
43. Rothschild. The fertilization reaction in the sea urchin. The induction of polyspermy by nicotine // *Exp. Biol.* 1953. Vol. 30. P. 57—67.
44. Dettlaff T. A. Cortical granules and substances secreted from the animal



44. Dettlaff, T. A. (1957). Cortical granules and substances secreted from the animal portion of the egg in the period of activation in Acipenseridae. *Doklady Akad. Nauk SSSR*, 116, 341-344.
45. Ginsburg A. S. (1961). The Block to Polyspermy in Sturgeon and Trout with Special Reference to the Role of Cortical Granules (Alveoli). *Development 1 March*, 9 (1), 173-190.
46. Tram, U., & Sullivan, W. (2000). Reciprocal inheritance of centrosomes in the parthenogenetic Hymenopteran *Nasonia vitripennis*. *Current Biology*, 10, 1413-1419.
47. Snook, Rhonda, Hosken, David, & Karr, Timothy. (2011). The biology and evolution of polyspermy: Insights from cellular and functional studies of sperm and centrosomal behavior in the fertilized egg. *Reproduction*, 142.
48. Gawlicka, A., Teh, S. J., Hung, S., Hinton, D., & De La Noüe, J. (1995). Histological and histochemical changes in the digestive tract of white sturgeon larvae during ontogeny. *Fish Physiology and Biochemistry*, 14(5), 357-371.
49. Hardy, R. S., & Litvak, M. K. (2004). Effects of temperature on the early development, growth, and survival of shortnose sturgeon, *Acipenser brevirostrum*, and Atlantic sturgeon, *Acipenser oxyrinchus*, yolk-sac larvae. *Environmental Biology of Fishes*, 70 (2), 145-154.
50. Hubálek, M., Kašpar, V., Tichopád, T., Rodina, M., & Flajšhans, M. (2022). How do suboptimal temperatures affect polyploid sterlet *Acipenser ruthenus* during early development? *Journal of Fish Biology*, 101(1), 77-91.
51. Gisbert, E., Solovyev, M., Bonpunt, E., & Mauduit, C. (2018). Weaning in Siberian sturgeon larvae. *The Siberian Sturgeon. 2: Farming*, 59-72.
52. Gisbert, E., & Williot, P. (1997). Larval behaviour and effect of the timing of portion of the egg in the period of activation in Acipenseridae // *Doklady Akad. Nauk SSSR*, 1957. № 116. P. 341.
45. Ginsburg A. S. The Block to Polyspermy in Sturgeon and Trout with Special Reference to the Role of Cortical Granules (Alveoli) // *Development*. 1961. № 9 (1). P. 173—190.
46. Tram U., Sullivan W. Reciprocal inheritance of centrosomes in the parthenogenetic Hymenopteran *Nasonia vitripennis* // *Current Biology*. 2000. № 10. P. 1413—1419.
47. Snook Rhonda, Hosken David, Karr Timothy. The biology and evolution of polyspermy: Insights from cellular and functional studies of sperm and centrosomal behavior in the fertilized egg // *Reproduction*. Cambridge, England, 2011. 142 p.
48. Histological and histochemical changes in the digestive tract of white sturgeon larvae during ontogeny / Gawlicka A. et al. // *Fish Physiology and Biochemistry*. 1995. № 14(5). P. 357—371.
49. Hardy R. S., Litvak M. K. Effects of temperature on the early development, growth, and survival of shortnose sturgeon, *Acipenser brevirostrum*, and Atlantic sturgeon, *Acipenser oxyrinchus*, yolk-sac larvae // *Environmental Biology of Fishes*. 2004. № 70 (2). P. 145—154.
50. How do suboptimal temperatures affect polyploid sterlet *Acipenser ruthenus* during early development? / Hubálek M. et al. // *Journal of Fish Biology*. 2022. № 101(1). P. 77—91.
51. Weaning in Siberian sturgeon larvae / Gisbert E. et al. // *The Siberian Sturgeon Farming*. 2018. P. 59—72.
52. Gisbert E., Williot P. Larval behaviour and effect of the timing of initial feeding on growth and survival of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) larvae



- initial feeding on growth and survival of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) larvae under small scale hatchery production. *Aquaculture*, 156(1-2), 63-76.
53. Fashtomi, H. R. P., & Mohseni, M. (2006). Survival and growth of larval and juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) using formulated diets and live food. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 303-306.
54. Babaei, S. S., Kenari, A. A., Nazari, R., & Gisbert, E. (2011). Developmental changes of digestive enzymes in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) during larval ontogeny. *Aquaculture*, 318(1-2), 138-144.
55. Hardy, R. S., Zadmajid, V., Butts, I. A., & Litvak, M. K. (2021). Growth, survivorship, and predator avoidance capability of larval shortnose sturgeon (*Acipenser brevirostrum*) in response to delayed feeding. *PLoS One*, 16(3), e0247768.
56. Sherman, I. M., Shevchenko, V. Y., Kornienko, V. O., & Ignatov, O. V. (2009). Ekoloho-tekhnolohichni osnovy vidtvorennia i vyroshchuvannia molodi ose-tropodibnykh [Ecological-technological bases of reproduction and cultivation of young sturgeon]. Kherson: Oldi-Plus (in Ukrainian).
57. Kornienko, V. O., & Olifirenko, V. V. (2020). Dynamics of growing of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) larvae for different durations of cultivation. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11(3), 438-443.
58. Chapman, Demian, Firchau, Beth, & Shivji, Mahmood. (2008). Parthenogenesis in a large-bodied requiem shark, the blacktip *Carcharhinus limbatus*. *Journal of Fish Biology*, 73, 1473-1477.
59. Booth, Warren, Johnson, Daniel, Moore, Sharon, Schal, Coby, & Vargo, Edward. (2010). Evidence for viable, non-clonal but fatherless *Boa constrictors*. *Biology letters*, 7, 253-256.
- under small scale hatchery production // *Aquaculture*. 1997. № 156(1-2). P. 63—76.
53. Fashtomi H. R. P., Mohseni M. Survival and growth of larval and juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) using formulated diets and live food // *Journal of Applied Ichthyology*. 2006. Vol. 22. P. 303—306.
54. Developmental changes of digestive enzymes in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) during larval ontogeny / Babaei S. S. et al. // *Aquaculture*. 2011. № 318(1-2). P. 138—144.
55. Growth, survivorship, and predator avoidance capability of larval shortnose sturgeon (*Acipenser brevirostrum*) in response to delayed feeding / Hardy R. S. et al. // *PLoS One*. 2021. № 16(3). 0247768.
56. Еколого-технологічні основ відтворення і вирощування молоді осетроподібних / Шерман І. М. та ін. Херсон : Олді плюс, 2009. 348 с.
57. Kornienko V. O., Olifirenko V. V. Dynamics of growing of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) larvae for different durations of cultivation // *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2020. № 11(3). P. 438—443.
58. Chapman Demian, Firchau Beth, Shivji Mahmood. Parthenogenesis in a large bodied requiem shark, the blacktip *Carcharhinus limbatus* // *Journal of Fish Biology*. 2008. № 73. P. 1473—1477.
59. Evidence for viable, non-clonal but fatherless *Boa constrictors* / Booth Warren et al. // *Biology letters*. 2010. № 7. 253 p.
60. Effects of pre-incubation of eggs in fresh water and varying sperm concentration on fertilization rate in sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus* / Siddique Mohammad Abdul Momin



60. Siddique, Mohammad Abdul Momin, Butts, Ian, Psenicka, Martin, & Linhart, Otomar. (2015). Effects of pre-incubation of eggs in fresh water and varying sperm concentration on fertilization rate in sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus*. *Animal Reproduction Science*, 159, 141-147.
61. Siddique, Mohammad Abdul Momin, Butts, Ian, Cosson, Jacky, & Linhart, Otomar. (2016). First report on facultative parthenogenetic activation of eggs in sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus*. *Animal Reproduction Science*, 168, 110-115.
- et al. // *Animal Reproduction Science*. 2015. № 159. P. 141—147.
61. First report on facultative parthenogenetic activation of eggs in sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus* / Siddique Mohammad Abdul Momin et al. // *Animal Reproduction Science*. 2016. № 168. P. 110—115.



## SELECTION, GENETICS AND BIOTECHNOLOGY / СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

Ribogospod. nauka Ukr., 2023; 3(65): 86-101  
DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2023.03.086>  
UDC 575.22:639.3

Received: 03.07.23  
Received in revised form: 11.08.23  
Accepted: 05.09.23

### EVALUATION OF THE GENETIC VARIABILITY OF PEDIGREE STOCKS OF AMUR CARP (*CYPRINUS RUBROFUSCUS* LACÉPÈDE, 1803)

**A. Mariutsa**, mariutsa16@ukr.net,  
Institute of Fisheries NAAS, Kyiv  
**I. Hrystyniak**, hrytsyniak@ukr.net,  
Institute of Fisheries N AAS, Kyiv  
**Yu. Glushko**, niko-yulia@ukr.net, Institute  
of Fisheries NAAS, Kyiv  
**T. Nahorniuk**, achtaan@ukr.net, Institute  
of Fisheries NAAS, Kyiv

### ОЦІНКА ГЕНЕТИЧНОЇ МІНЛИВОСТІ ПЛЕМІННИХ СТАД АМУРСЬКОГО САЗАНА (*CYPRINUS RUBROFUSCUS* LACÉPÈDE, 1803)

**А. Е. Маріуца**, mariutsa16@ukr.net,  
Інститут рибного господарства НААН,  
м. Київ  
**І. І. Грициняк**, hrytsyniak@ukr.net,  
Інститут рибного господарства НААН,  
м. Київ  
**Ю. М. Глушко**, niko-yulia@ukr.net,  
Інститут рибного господарства НААН,  
м. Київ  
**Т. А. Нагорнюк**, achtaan@ukr.net,  
Інститут рибного господарства НААН,  
м. Київ

**Purpose.** To study the genetic peculiarities of pedigree stocks of Amur carp and evaluate its genetic variability by analyzing distribution of alleles and genotypes by the specific protein systems and cytogenetic parameters.

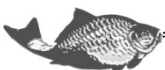
**Methodology.** Analysis of polymorphism of protein systems was performed using electrophoresis in polyacrylamide gel. As protein markers to evaluate the genetic structure of Amur carp stocks, the separation of allelic and genotypic frequencies by loci, which encode a number of fish blood proteins, were used: transferrin (TF), albumin (ALB) and esterase (EST, 3.1.1.1). Cytogenetic analysis was performed using the micronucleus test and analysis of apoptosis frequencies. Collection and processing of biological material of fish as well as statistical processing of the obtained data was performed using generally accepted methods.

**Findings.** A comprehensive analysis of the genetic structure of Amur carp from three farms in Ukraine was carried out by protein systems and cytogenetic markers.

**Мета.** Вивчити генетичні особливості племінних стад амурського сазана та виконати оцінку його генетичної мінливості шляхом аналізу розподілу алелів і генотипів за окремими білковими системами та цитогенетичними показниками.

**Методика.** Аналіз поліморфізму білкових систем проводили з використанням методу електрофорезу в поліакриламідному гелі. У якості білкових маркерів для оцінки генетичної структури стад амурського сазана розглядали розподіл алельних і генотипових частот за локусами, які кодують ряд білків крові риб: трансферин (TF), альбумін (ALB) і естераза (EST, 3.1.1.1). Цитогенетичний аналіз проводили з використанням мікроядерного тесту та аналізу частот апоптозу. Відбір і обробку біологічного матеріалу риб, а також статистичне опрацювання отриманих даних виконували із застосуванням загальноприйнятих методик.

**Результати.** Проведено комплексний аналіз генетичної структури амурського сазана з





The results of the study showed that all pedigree groups of Amur carp were characterized by a deviation towards the predominance of heterozygotes ( $Fis =$  from  $-0.084$  to  $-0.344$ ). A minimal imbalance was observed in the group of carp from the farm "Karpatskyi Vodogray" LLC ( $Fis = -0.084$ ).

The maximum violation of the genetic balance was found in carp from the farm of JSC "Sumyrybhos" ( $Fis = -0.308$ ) and in the group from the experimental farm "Veliky Lyubin" ( $Fis = -0.344$ ). In general, the analysis of the protein systems of fish blood showed a high level of heterogeneity of pedigree stocks of Amur carp from different farms in Ukraine.

The analysis of frequencies of cytogenetic parameters of Amur carp from three fish farms showed that fish from fish farms of JSC "Sumyrybhos" and PFE "Dzherelo" were characterized by a lower frequency of erythrocytes with micronuclei (EMN) ( $3.3 \pm 0.3\%$ ), ( $3.2 \pm 0.3\%$ ), lymphocytes with micronuclei (LMN) ( $2.1 \pm 0.2\%$ ), ( $1.9 \pm 0.2\%$ ), and apoptosis ( $4.2 \pm 0.3\%$ ), ( $4.3 \pm 0.3\%$ ) compared to the group from fish farm "Karpatskyi Vodogray" LLC, where these values were as follows: EMN ( $4.7 \pm 0.3\%$ ), LMN ( $2.4 \pm 0.2\%$ ), apoptosis ( $5.6 \pm 0.4\%$ ). These results indicate a lower level of destabilization of chromosomal apparatus of Amur carp from the fish farm JSC "Sumyrybhos" at the time of the study.

**Originality.** A comprehensive evaluation of the level of variability of the genetic structure of pedigree stocks of Amur carp from different regions of Ukraine was performed for the first time.

**Practical Value.** Pedigree stocks of Amur carp have important practical value in selective breeding work with carps, including works for obtaining hybrid lines to increase the resistance of breeding material.

**Keywords:** Amur carp, genetic structure, locus, alleles, genotype, heterozygosity, micronucleus test, cytogenetic analysis.

## PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

In Ukraine, the main objects of commercial fish farming are carps, among which the Amur carp (*Cyprinus rubrofasciatus*) occupies

three of the enterprises of Ukraine by protein systems and cytogenetic markers.

As a result of the study, it was found that for all pedigree groups of Amur carp the main characteristic is heterozygosity ( $Fis =$  from  $-0.084$  to  $-0.344$ ). Minimal violation of genetic balance was observed in the group of carp from the farm "Karpatskyi Vodogray" LLC ( $Fis = -0.084$ ). Maximum violation of genetic balance was found in the group from the farm of JSC "Sumyrybhos" ( $Fis = -0.308$ ) and in the group from the experimental farm "Veliky Lyubin" ( $Fis = -0.344$ ). In general, the analysis of protein systems of fish blood showed a high level of heterogeneity of pedigree stocks of Amur carp from different farms in Ukraine.

The analysis of frequencies of cytogenetic parameters of Amur carp from three fish farms showed that fish from fish farms of JSC "Sumyrybhos" and PFE "Dzherelo" were characterized by a lower frequency of erythrocytes with micronuclei (EMN) ( $3.3 \pm 0.3\%$ ), ( $3.2 \pm 0.3\%$ ), lymphocytes with micronuclei (LMN) ( $2.1 \pm 0.2\%$ ), ( $1.9 \pm 0.2\%$ ), and apoptosis ( $4.2 \pm 0.3\%$ ), ( $4.3 \pm 0.3\%$ ) compared to the group from fish farm "Karpatskyi Vodogray" LLC, where these values were as follows: EMN ( $4.7 \pm 0.3\%$ ), LMN ( $2.4 \pm 0.2\%$ ), apoptosis ( $5.6 \pm 0.4\%$ ). These results indicate a lower level of destabilization of chromosomal apparatus of Amur carp from the fish farm JSC "Sumyrybhos" at the time of the study.

**Originality.** A comprehensive evaluation of the level of variability of the genetic structure of pedigree stocks of Amur carp from different regions of Ukraine was performed for the first time.

**Practical Value.** Pedigree stocks of Amur carp have important practical value in selective breeding work with carps, including works for obtaining hybrid lines to increase the resistance of breeding material.

**Keywords:** Amur carp, genetic structure, locus, alleles, genotype, heterozygosity, micronucleus test, cytogenetic analysis.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

В Україні основними об'єктами товарного рибництва є карпові, серед яких важливе місце займає амурський сазан (*Cyprinus rubrofasciatus*) — як дикий



an important place as a wild ancestor of domesticated carp, which is characterized by higher resistance to the action of a complex of negative exogenous factors compared to domesticated carp [1–3].

Results of breeding studies showed that the most effective in Ukrainian fish farming is the crossbreeding of common carp of Ukrainian breeds with Amur carp. Interest in the hybridization of common carp with Amur carp has increased due to the deterioration of environmental conditions of cultivation, against the background of which carp breeding often turns out to be insufficiently effective [4–7].

Identification and analysis of polymorphic protein systems of fish is important for solving many theoretical and practical problems related to the rational organization of selective breeding work in fish farming. Protein polymorphism is one of the most indicative criteria for the study and control of genetic differentiation of groups of animals in connection with their breeding in different ecological and geographical conditions. The actual variability of biochemical markers reflects specific adaptive features of metabolic pathways, which can serve, in most cases, as an indicator of the physiological state of the body [8, 9].

As is known, a high level of locus polymorphism is characteristic of native populations. The use of highly polymorphic molecular genetic systems allows assessing the intra- and interbreed variability of the genetic structure of animals [10].

To analyse the variability of the genetic structure of carps including the Amur carp, individual researchers used a complex of genetic methods including biochemical and cytogenetic ones [11, 12].

Previous studies by individual authors devoted to the molecular genetic analysis of domesticated and wild carp popula-

предок коропа, який характеризується вищою резистентністю до дії комплексу негативних екзогенних чинників порівняно з коропом [1–3].

Результатами селекційних досліджень доведено, що найбільш ефективним у рибництві України є схрещування коропів українських порід з амурським сазаном. Інтерес до гібридизації коропа з амурським сазаном зріс у зв'язку з погіршенням екологічних умов вирощування, на фоні яких розведення коропа часто виявляється недостатньо ефективним [4–7].

Виявлення і аналіз поліморфних білкових систем риб є важливим для вирішення багатьох теоретичних і практичних проблем, пов'язаних із раціональною організацією селекційно-племінної роботи в рибництві. Білковий поліморфізм є одним із найбільш показових критеріїв для вивчення і контролю генетичної диференціації груп тварин у зв'язку з їх розведенням у різних еколого-географічних умовах. Фактична мінливість біохімічних маркерів відображає конкретні адаптаційні особливості метаболічних шляхів, що може слугувати, в більшості випадків, індикатором фізіологічного стану організму [8, 9].

Як відомо, високий рівень поліморфізму локусів притаманний нативним популяціям. Використання високополіморфних молекулярно-генетичних систем дає змогу проводити оцінку внутрішньо- і міжпородної мінливості генетичної структури тварин [10].

Для аналізу мінливості генетичної структури коропових риб, в тому числі й амурського сазана, окремі дослідники застосовували комплекс генетичних методів, в тому числі й біохімічні та цитогенетичні [11, 12].

Попередні дослідження окремих авторів, присвячені молекулярно-генетичному аналізу доместикованих і диких популяцій коропа, продемонстру-



tions demonstrated a significant share of allozyme variation in geographically distant fish populations, compared to microsatellite loci, most of variation of which is due to the intrapopulation component. In addition, these authors noted that differences in variability between domesticated and wild carps were more pronounced for microsatellite loci than for allozyme variability [13–15].

Regarding the cytogenetic analysis of fish, many researchers repeatedly noted that the level of genetically defective peripheral blood cells directly depends not only on the ecological state of the water body, but also on the species of the studied animals [16–18].

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

In Ukraine, one of the most important and numerous commercial groups of freshwater fish are cyprinids. The effectiveness of breeding work in carp farming is ensured by a sufficient number of brood fish, which allow ensuring a sufficient level of heterosis.

However, studies of the pedigree material of carps in Ukraine using genetic methods were carried out in a fragmentary manner, so there was a need to conduct molecular and cytogenetic studies of Amur carp to evaluate the variability of genetic material [9, 19, 27].

Therefore, the aim of the work is to study the genetic characteristics of pedigree stocks of Amur carp by analysing the distribution of alleles and genotypes based on individual protein systems and to evaluate and compare the level of cytogenetic parameters in local stocks of Amur carp in different regions of Ukraine.

вали значну частку алозимних варіацій у географічно віддалених популяцій риб, порівняно з мікросателітними локусами, більша частина варіацій яких зумовлена внутрішньопопуляційним компонентом. Також цими авторами відмічалось, що відмінності у мінливості між доместикованими та дикими коропами були більш вираженими за мікросателітними локусами, ніж за алозимною мінливістю [13–15].

За напрямом цитогенетичного аналізу риб, в роботах багатьох дослідників неодноразово відзначалось, що рівень генетично дефектних клітин периферійної крові безпосередньо залежить не лише від екологічного стану водойми, але й від виду досліджуваних тварин [16–18].

#### **ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ**

В Україні однією з найбільш важливих і численних промислових груп прісноводних риб є коропові. Ефективність племінної роботи в коропівництві забезпечується достатньою кількістю плідників, що дозволяють забезпечувати достатній рівень гетерозису.

Проте дослідження племінного матеріалу коропових риб в Україні за використання генетичних методів проводились фрагментарно, тому постала необхідність проведення молекулярно- та цитогенетичних досліджень амурського сазана для оцінки мінливості генетичного матеріалу [9, 19, 27].

Тому метою роботи є вивчення генетичних особливостей племінних стад амурського сазана шляхом аналізу розподілу алелів і генотипів за окремими білковими системами та оцінка і порівняльний аналіз рівня цитогенетичних показників в локальних стадах амурського сазана різних регіонів України.



## MATERIALS AND METHODS

The object of the study is the evaluation of the level of variability of the genetic structure of Amur carp based on protein and cytogenetic parameters. Amur carp was collected during 2009–2016 in four fish farms of Ukraine: “Karpatskyi Vodogray” LLC of the Lviv region (n=29), JSC “Sumyrybhosp” of the Sumy region. (n=32), State Enterprise Experimental Farm “Velyky Lyubin” of the Lviv region (n=32) and Peasant Farm Enterprise “Dzherelo” of the Rivne region (n=15).

Blood was collected from the caudal vein with a sterile syringe. Heparin (25 IU per 1 ml of blood) was used as a preservative. Electrophoretic separation of blood protein systems - loci of transferrin (TF), albumin (ALB) and esterase (EST, 3.1.1.1) was carried out in polyacrylamide gel with in-house modifications, followed by histochemical staining of gel plates [20–22].

Deviations of genotypic frequencies from the equilibrium state were evaluated according to the Pearson test ( $\chi^2$ ) [23]. The level of inbreeding of an individual was described according to Wright's F-statistic [24]. Calculation of the frequencies of allelic and genotypic variants, the level of genetic variability was processed in “Biosys-1” [25].

To evaluate the level of somatic mutagenesis, a micronucleus test was performed in peripheral blood cells of three groups of Amur carp and a group of scaly common carp. Blood was collected from the caudal vein with a sterile syringe. Two drops of physiological solution and a drop of blood were placed on pre-degreased slides, the smears were prepared by the crushed drop method and dried in air [26, 27]. The samples were fixed with methyl alcohol (30 min.), stained according to the Romanovsky method with standard Giemsa dye (3–4 h.). The frequency of erythrocytes with micronuclei (EMN), mononuclear lymphocytes with micronu-

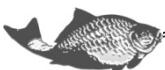
## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Об'єкт досліджень — оцінка рівня мінливості генетичної структури амурського сазана за білковими та цитогенетичними параметрами. Амурський сазан був відібраний протягом 2009–2016 рр. у чотирьох господарствах України: ТзОВ «Карпатський водограй» Львівської обл. (n=29), ВАТ «Сумирибгосп» Сумської обл. (n=32), ДП ДГ «Великий Любін» Львівської обл. (n=32) та СФГ «Джерело» Рівненської обл. (n=15).

Відбір крові проводили з хвостової вени стерильним шприцом. В якості консерванту використовували гепарин з розрахунку 25 МО на 1 мл крові. Проводили електрофоретичний розподіл білкових систем крові — локусів трансферину (TF), альбуміну (ALB) і естерази (EST, 3.1.1.1) у поліакриламідному гелі з власними модифікаціями з наступним гістохімічним фарбуванням гелевих пластин [20–22].

Відхилення генотипових частот від стану рівноваги оцінювали згідно з критерієм Пірсона ( $\chi^2$ ) [23]. Рівень інбридингу особини описано згідно з F-статистикою Райта [24]. Підрахунок частот алельних і генотипових варіантів, рівень генетичної мінливості опрацьовано з використанням програми «Biosys-1» [25].

Для оцінки рівня соматичного мутагенезу проводили мікроядерний тест в клітинах периферійної крові трьох груп амурського сазана та групи лускатого коропа. Кров відбирали з хвостової вени стерильним шприцом. На попередньо знежирені предметні скельця наносили дві краплі фізрозчину і краплю крові; мазки готували методом роздавленої краплі та сушили на повітрі [26, 27]. Зразки фіксували метиловим спиртом (30 хв), фарбували за методом Романовського стандартним барвником Гімза (3–4 год). На препаратах підраховували частоту еритроцитів із мікро-



clei (LMN), binuclear lymphocytes (BNL) were counted on the slides in at least in 1000 cells. A Primo Star Zeiss binocular microscope with 100×/1.25 magnification was used to analyse cells. The obtained results were expressed in ppm (%). The results of the study were processed using mathematical statistics in MS Excel (t-test).

## STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

A analysis of the genetic structure of pedigree groups of Amur carp grown in different farms was carried out. The analysis of allele distribution showed a significant frequency of the Tf C<sub>2</sub> allele (0.390) in the group of Amur carps from SE EF “Velyky Lyubin” and the Tf C<sub>1</sub> allele (0.391) in fish from JSC “Sumyrybhosp” (Table 1).

At the albumin locus, a significant frequency of the slow-migrating Alb B allele was observed in the group of carp from “Karpatsky Vodogray” LLC (0.690) and from JSC “Sumyrybhosp” (0.719), compared to the fast-migrating Alb A allele.

The frequency of both alleles at the esterase locus in the studied groups of fish was similar and did not differ significantly in carp from SE EF “Velyky Lyubin” and JSC “Sumyrybhosp”. In contrast to the

ядрами (ЕМЯ), одноядерних лімфоцитів із мікроядрами (ЛМЯ), двоядерних лімфоцитів (ДЛ) не менше, ніж у 1000 клітин. Для аналізу клітин використовували бінокулярний мікроскоп «Primo Star Zeiss» зі збільшенням 100×/1,25. Одержані результати виражали в проміле (%). Результати досліджень були опрацьовані методами математичної статистики у програмі Excel ( $t_{st}$  — критерій Стьюдента).

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проведено аналіз генетичної структури племінних груп амурського сазана, якого вирощують у різних господарствах. Аналіз розподілу алелів показав значну частоту алелю Tf C<sub>2</sub> (0,390) у групі сазана з ДГ «Великий Любін» та алелю Tf C<sub>1</sub> (0,391) у сазанів з ВАТ «Сумирибгосп» (табл. 1).

За локусом альбуміну відмічалась значна частота повільномігруючого алелю Alb B у групі сазанів з ТзОВ «Карпатський водограй» (0,690) та сазанів з ВАТ «Сумирибгосп» (0,719), порівняно із швидкомігруючим алелем Alb A.

У досліджених груп риб частота обох алелів за локусом естерази була подібною і помітно не відрізнялась у сазанів з ДП ДГ «Великий Любін» та ВАТ «Сумирибгосп», на відміну від

Table 1. Distribution of allelic frequencies in Amur carp

Locus	Alleles	Allele frequency		
		«Karpatskyi Vodogray» LLC (n=29)	JSC «Sumyrybhosp» (n=32)	SE EF «Velyky Lyubin» (n=32)
TF	A	0.276	0.109	0.078
	B	0.207	0.109	0.266
	C1	0.190	0.391	0.266
	C2	0.190	0.234	0.390
	D	0.138	0.156	0
ALB	A	0.310	0.281	0.484
	B	0.690	0.719	0.516
EST	F	0.707	0.438	0.422
	S	0.293	0.562	0.578



EVALUATION OF THE GENETIC VARIABILITY OF PEDIGREE STOCKS  
OF AMUR CARP (*CYPRINUS RUBROFUSCUS* LACÉPÈDE, 1803)

group from the “Karpatskyi Vodogray” LLC, where the fast-migrating Est F (0.707) significantly predominated.

The equilibrium state of the genetic structure according to the distribution of genotypes of three loci was observed only in carp from “Karpatskyi Vodogray” LLC. There were statistically significant differences in the distribution of actual and expected genotypes in groups of carp from JSC “Sumyrybhosp” for all studied loci ( $P < 0.01 - < 0.05$ ) and in the group from “Veliky Lyubin” for the TF locus ( $P < 0.05$ ) and the EST locus ( $P < 0.001$ ) (Table 2).

Heterozygosity is an important param-

групи з ТзОВ «Карпатський водограй», де значно переважав швидкомігруючий Est F (0,707).

Рівноважний стан генетичної структури за розподілом генотипів трьох локусів був лише у сазанів з ТзОВ «Карпатський водограй». Відмічались статистично достовірні відмінності за розподілом фактичних і очікуваних генотипів у груп сазана з ВАТ «Сумирибгосп» за всіма дослідженими локусами ( $P < 0,01 - < 0,05$ ) та у групі з ДП ДГ «Великий Любін» за локусом TF ( $P < 0,05$ ) і локусом EST ( $P < 0,001$ ) (табл. 2).

Table 2. Distribution of actual (Go) and expected (Ge) genotypes of Amur carp

Locus	Genotypes	«Karpatskyi Vodogray» LLC		JSC «Sumyrybhosp»		SE EF «Velyky Lyubin»	
		Go	Ge	Go	Ge	Go	Ge
TF	AA	1	2.105	2	0.333	1	0.159
	AB	4	3.368	0	0.778	0	1.349
	AC <sub>1</sub>	6	3.088	1	2.778	0	1.349
	AC <sub>2</sub>	3	3.088	2	1.667	3	1.984
	AD	1	2.246	0	1.111	–	–
	BB	0	1.158	2	0.333	0	2.159
	BC <sub>1</sub>	1	2.316	2	2.778	8	4.587
	BC <sub>2</sub>	2	2.316	1	1.667	9	6.746
	BD	5	1.684	0	1.111	–	–
	C <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	1	0.965	3	4.762	2	2.159
	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	2	2.123	8	5.952	5	6.746
	C <sub>1</sub> D	0	1.544	8	3.968	–	–
	C <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	2	0.965	1	1.667	4	4.762
	C <sub>2</sub> D	0	1.544	2	2.381	–	–
DD	1	0.491	0	0.714	–	–	
		$\chi^2=17.349$ ; $P=0.067$ ; ns		$\chi^2=27.85$ ; $P=0.002$ ; **		$\chi^2=13.713$ ; $P=0.033$ ; *	
EST	FF	15	14.386	2	6,0	1	5,571
	FS	11	12.228	24	16,0	25	15,857
	SS	3	2.386	6	10,0	6	10,571
		$\chi^2=0.308$ ; $P=0.579$ ; ns		$\chi^2=8.267$ ; $P=0.004$ ; **		$\chi^2=10.999$ ; $P=0.001$ ; ***	
ALB	AA	1	2.684	0	2,429	5	7,381
	AB	16	12.632	18	13,143	21	16,238
	BB	12	13.684	14	16,429	6	8,381
			$\chi^2=2.162$ ; $P=0.141$ ; ns		$\chi^2=4.583$ ; $P=0.032$ ; *		$\chi^2=2.841$ ; $P=0.092$ ; ns

Note. \* $P < 0.05$  – significant level of statistical differences; \*\* $P \leq 0.01$  – high level of statistical significance; \*\*\* $P \leq 0.001$  – maximum level of statistical significance; ns – no statistically significant differences were detected.



eter in assessing the genetic status of the studied fish stocks. As is known, the mutation process, various types of selection, gene drift and other factors of population dynamics often affect the heterozygosity of the population, especially with limited gene flow, so its evaluation is a necessary condition in population studies [28]. The highest level of average heterozygosity was found in the group of Amur carp from SE EF “Velyky Lyubin”, which was 74%, compared to the expected 57.1%. At the same time, the fixation index had a negative value of  $F_{is} = -0.344$ , which indicates a high level of heterozygosity of the studied group of Amur carp (Fig. 1).

Among the studied groups, the lowest level of heterozygosity was observed in Amur carp from “Karpatskyi Vodogray” LLC, which was 58.6% and did not significantly differ from the expected one  $H_e = 55.4\%$ .

The equilibrium state of the studied group of Amur carp according to the actual and expected values of the heterozygosity level was confirmed by a slight negative value of the fixation index ( $F_{is} = -0.084$ ).

Further, a cytogenetic evaluation of the

Важливим параметром при оцінці генетичного стану досліджуваних стад риб є гетерозиготність. Як відомо, мутаційний процес, різні типи відбору, дрейф генів та інші чинники популяційної динаміки часто впливають на гетерозиготність популяції, особливо при обмеженому потоці генів, тому її оцінка є необхідною умовою в популяційних дослідженнях [28]. Найвищий рівень середньої гетерозиготності виявлений у групі амурського сазана з ДП ДГ «Великий Любін» — 74%, порівняно з очікуваним 57,1%. Індекс фіксації при цьому мав від’ємне значення  $F_{is} = -0,344$ , що вказує на високий рівень гетерозиготності дослідженої групи амурського сазана (рис. 1).

З досліджених груп найнижчий рівень гетерозиготності присутній у амурського сазана з ТЗОВ «Карпатський водограй», де даний показник становив 58,6% та помітно не відрізнявся від очікуваного  $H_e = 55,4\%$ . Рівноважний стан досліджуваної групи амурського сазана за фактичним та очікуваним значеннями рівня гетерозиготності підтверджувався незначним від’ємним значенням

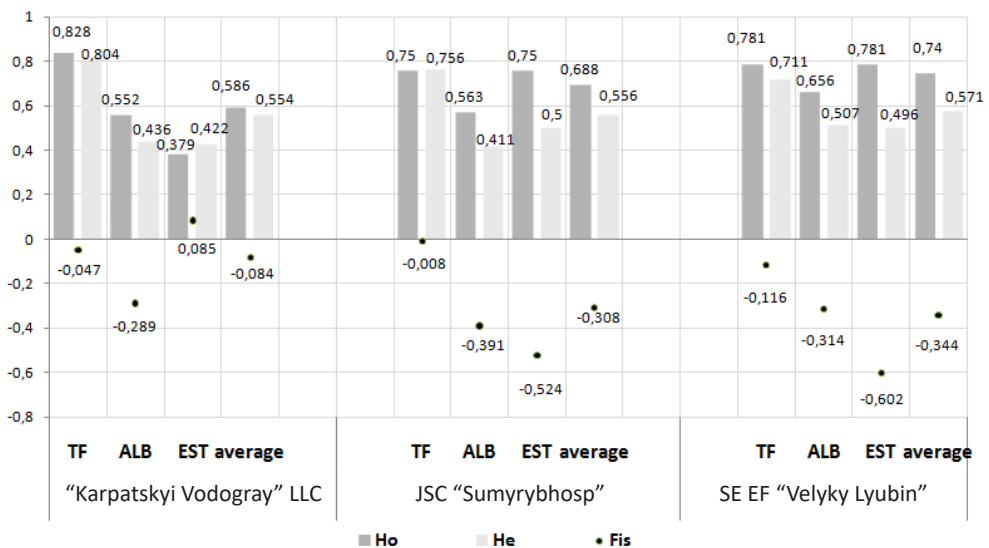


Fig. 1. Actual ( $H_o$ ), expected ( $H_e$ ) levels of heterozygosity and fixation index ( $F_{is}$ ) in Amur carp



Amur carp grown in ponds of “Karpatskyi Vodogray” LLC of the Lviv region was carried out (Fig. 2).

The results of the cytogenetic analysis showed that the studied group of carp was characterized by a relatively high level of erythrocytes with micronuclei ( $4.7 \pm 0.3 \%$ ), but it is worth noting that this group of fish was characterized by low values of lymphocytes with micronuclei (Fig. 2) and binuclear lymphocytes, the total number of which was ( $3.5 \pm 0.3 \%$ ), which indicated normal breeding conditions. The increased level of apoptosis ( $5.6 \pm 0.4 \%$ ) in peripheral blood cells of the Amur carp is the result of the elimination of mutant lymphocytes by this way.

In order to establish the species-specific dependence of the level of cytogenetic parameters of fish artificially reproduced in the conditions of the fish farm of JSC “Sumyrybhos” of the Sumy region, a comparative analysis of the results of the micronucleus test and the frequencies of apoptosis of Amur carp and scaly common carp was performed. These objects were not chosen by chance, since the wild ancestor of the common carp is the wild carp,

індексу фіксації ( $Fis = -0,084$ ).

Далі у наших дослідженнях було проведено цитогенетичну оцінку амурського сазана, вирощеного в ставках ТзОВ «Карпатський водограй» Львівської обл. (рис. 2).

Результати цитогенетичного аналізу показали, що досліджувана група сазана характеризувалася відносно підвищеним рівнем еритроцитів з мікроядрами ЕМЯ ( $4,7 \pm 0,3\%$ ). Проте, варто зазначити, що для цієї групи риб характерні невисокі значення лімфоцитів з мікроядрами (рис. 2) та двоядерних лімфоцитів, загальна кількість яких становила ( $3,5 \pm 0,3\%$ ), що свідчить про нормальні умови розведення. Підвищений рівень апоптозу ( $5,6 \pm 0,4\%$ ) в клітинах периферійної крові амурського сазана є результатом елімінації мутантних лімфоцитів даним шляхом.

З метою встановлення видоспецифічної залежності рівня цитогенетичних показників риб, штучно відтворюваних в умовах рибного господарства ВАТ «Сумирибгосп» Сумської обл. ,було виконано порівняльний аналіз результатів мікроядерного тесту та частот апоптозів амурського сазана та лускатого коропа.

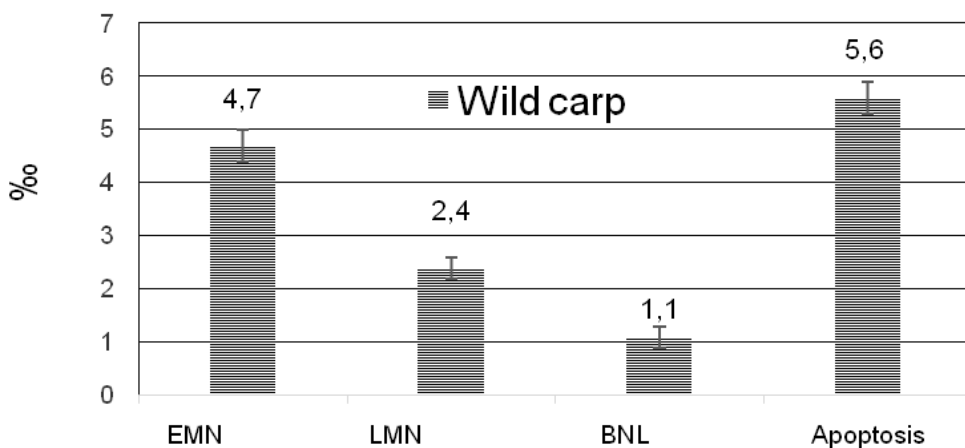
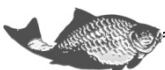


Fig. 2. Level of cytogenetic parameters in the peripheral blood cells of Amur carp from the fish farm of “Karpatskyi Vodogray” LLC (EMN – erythrocytes with micronuclei; LMN – lymphocytes with micronuclei; BNL – binuclear lymphocytes)





and among various species of carp, as our studies previously found [29], the scaly common carp is characterized by a more stable chromosomal apparatus compared to mirror and framed carps (Fig. 3).

At the same time, it can be said that the intergroup differences according to these parameters were insignificant, since no statistically significant differences according to cytogenetic parameters were found. By the number of apoptoses, Amur carp, on the contrary, was characterized by higher values compared to common carp. Since mutant cells are eliminated by apoptosis, in our opinion, the lower rates of EMN, LMN, and BNL are related to this process.

To determine the dependence of the level of cytogenetic variability of Amur carp on the conditions of cultivation, a comparative analysis of the results of the micronucleus test on the frequency of apoptosis in groups of Amur carp from the “Karpatskyi Vodogray” LLC of the Lviv region and JSC “Sumyrybhosp” of the Sumy region was carried out (Table 3).

The results of the cytogenetic analysis showed that the group of carps from the farm of “Karpatskyi Vodogray” LLC was characterized by an increased level of erythrocytes with micronuclei (4.7

Дані об'єкти були обрані не випадково, оскільки диким предком коропа є сазан, а серед різних порід коропа згідно з результатами наших попередніх досліджень [29], лускатий короп характеризується більш стабільним хромосомним апаратом, порівняно з дзеркальним та рамчастим (рис. 3).

В той же час, можна сказати, що міжгрупові відмінності за даними показниками незначні, оскільки статистично достовірної різниці за цитогенетичними параметрами не було виявлено. За кількістю апоптозів сазан, навпаки, характеризувався вищими значеннями, порівняно з коропом. Оскільки шляхом апоптозу елімінуються мутантні клітини, на нашу думку, нижчі показники за частотою ЕМЯ, ЛМЯ, та ДЛ пов'язані саме з цим процесом.

Для встановлення залежності рівня цитогенетичної мінливості сазана від умов вирощування був використаний порівняльний аналіз результатів мікроядерного тесту на частоту апоптозів у групах амурського сазана з ТЗОВ «Карпатський водограй» Львівської обл. та ВАТ «Сумирибгосп» Сумської обл. (табл. 3).

Результати цитогенетичного аналізу показали, що група сазана з госпо-

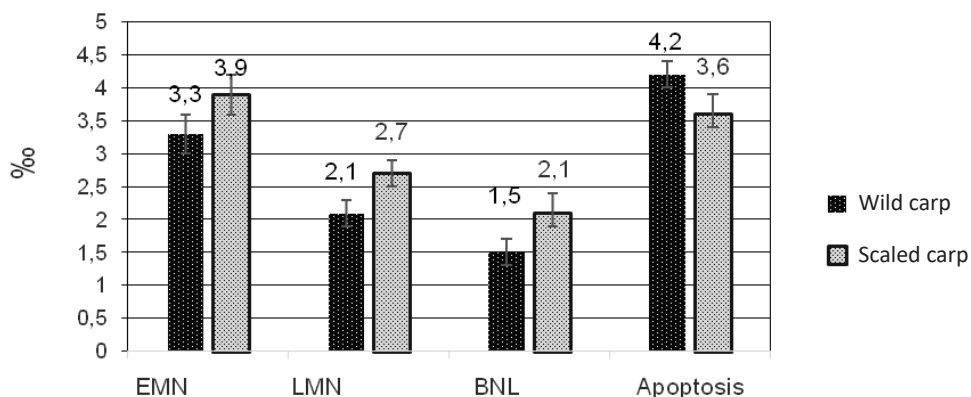


Fig. 3. Cytogenetic parameters of Amur carp and Ukrainian scaly common carps from fish farm of JSC “Sumyrybhosp”



*Table 3. Cytogenetic characteristics of Amur carp from three fish farms from different regions of Ukraine*

Enterprise	EMN	LMN	BNL	Apoptosis
JSC "Sumyrybhosп"	3.3±0.3	2.1±0.2	1.5±0.2	4.2±0.3
"Karpatskyi Vodogray" LLC	4.7±0.3	2.4±0.2	1.1±0.2	5.6±0.4*
PFE "Dzherelo"	3.2±0.3	1.9±0.1	1.8±0.1	4.3±0.3

Note. \*P<0.05.

± 0.3 %) compared to the group of JSC "Sumyrybhosп" of the Sumy region and PFE "Dzherelo" of the Rivne region. According to the frequency of genetically defective lymphocytes, all groups were characterized by low values that indicated a lower negative effect of a complex of exogenous factors on their immune system and relatively favorable breeding conditions. Statistically significant intergroup differences were observed in the frequency of apoptosis. A relatively high level of apoptosis in peripheral blood cells of carps of "Karpatskyi Vodogray" LLC (5.6 ± 0.4 %) is the result of the elimination of genetically defective cells and may indicate a lower negative pressure of a complex of exogenous and endogenous factors on the genetic apparatus of Amur carp of JSC "Sumyrybhosп" and PFE "Dzherelo".

### CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

A comprehensive analysis of the variability of the genetic structure of Amur carp from the farms of Ukraine according to protein systems and cytogenetic parameters was carried out.

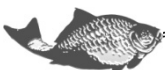
According to the obtained results, an unbalanced state of the genetic structure was found in the group of carp from SE EF "Velyky Lyubin", where the frequency of heterozygous individuals was  $H_o = 74\%$  and it was significantly different from

дарства ТзОВ «Карпатський водограй» характеризувалася підвищеним рівнем еритроцитів з мікроядрами ЕМЯ (4,7±0,3%), порівняно з групою ВАТ «Сумирибгосп» Сумської обл. та СФГ «Джерело» Рівненської обл. За частотою генетично дефектних лімфоцитів, всі групи характеризувались невисокими показниками, що свідчить про меншу негативну дію комплексу екзогенних чинників на їх імунну систему та відносно сприятливі умови розведення. Статистично достовірні міжгрупові відмінності спостерігали за частотою апоптозів. Відносно підвищений рівень апоптозу в клітинах периферійної крові сазана ТзОВ «Карпатський водограй» (5,6±0,4%) є результатом елімінації генетично дефектних клітин та може свідчити про менший негативний тиск комплексу екзогенних та ендогенних чинників на генетичний апарат амурського сазана ВАТ «Сумирибгосп» та СФГ «Джерело».

### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Проведено комплексний аналіз мінливості генетичної структури амурського сазана з господарств України за білковими системами та цитогенетичними показниками.

За результатами досліджень виявлено нерівноважний стан генетичної структури в групі сазана з ДП ДГ «Великий Любін», де частота гетерозиготних особин становила  $H_o = 74\%$ , значно відрізняючись від очікуваної ( $H_e = 57,1\%$ ), а показник, який свідчить про



the expected one ( $H_e = 57.1\%$ ), while the parameter indicating the superiority of heterozygotes was the maximum ( $F_{is} = -0.344$ ) compared to groups from other farms. Violation of the genetic balance due to the predominance of heterozygous individuals was observed in carps from JSC “Sumyrybhosп” ( $F_{is} = -0.308$ ) and the group of Amur carps from “Karpatskyi Vodogray” LLC ( $F_{is} = -0.084$ ).

A comparative analysis of the results of the micronucleus test in peripheral blood cells of Amur carp and scaly common carp grown in the conditions of JSC “Sumyrybhosп” showed that Amur carp was characterized by a lower frequency of EMN ( $3.3 \pm 0.3\%$ ), LMN ( $2.1 \pm 0.2\%$ ) and BNL ( $1.5 \pm 0.2\%$ ), which indicated a more stable genetic apparatus of Amur carp.

It was found that the group of Amur carp of “Karpatskyi Vodogray” LLC was characterized by higher values for the frequency of EMN ( $4.7 \pm 0.3$ ), LMN ( $2.4 \pm 0.2$ ) and a slightly increased frequency of apoptosis ( $5.6 \pm 0.4\%$ ) compared to the stock from JSC “Sumyrybhosп” and PFE “Dzherelo”, which indicated more favorable conditions in this enterprise at the time of the study.

перевагу гетерозигот, був максимальним ( $F_{is} = -0,344$ ), порівняно з групами з інших господарств. Порушення генетичної рівноваги через переважання гетерозиготних особин спостерігалось у сазанів з ВАТ «Сумирибгосп» ( $F_{is} = -0,308$ ) та групи амурського сазана з ТзОВ «Карпатський водограй» ( $F_{is} = -0,084$ ).

Порівняльний аналіз результатів мікроядерного тесту в клітинах периферійної крові амурського сазана та коропа лускатого, вирощених в умовах господарства ВАТ «Сумирибгосп», показав, що сазан характеризується нижчою частотою ЕМЯ ( $3,3 \pm 0,3\%$ ), ЛМЯ ( $2,1 \pm 0,2\%$ ) та ДЛ ( $1,5 \pm 0,2\%$ ), що свідчить про більш стабільний генетичний апарат амурського сазана.

Встановлено, що група амурського сазана ТзОВ «Карпатський водограй» характеризувалась вищими значеннями за частотою ЕМЯ ( $4,7 \pm 0,3$ ), ЛМЯ ( $2,4 \pm 0,2$ ) та дещо підвищеною частотою апоптозу ( $5,6 \pm 0,4\%$ ), порівняно зі стадом з ВАТ «Сумирибгосп» та СФГ «Джерело», що свідчить про більш сприятливі умови у даному рибному господарстві на час проведення досліджень.

## REFERENCES

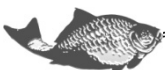
1. Martseniuk, V. M. (2019). Osoblyvosti rehuliyatsii enerhozabezpechennia adaptatsii ryb do dii abiotychnykh ta antropohennykh chynnykiv. *Candidate's thesis*. Kyiv.
2. Hrytsyniak, I. I. (2008). Biolohichni osoblyvosti ta faktory pidvyshchennia produktyvnosti koropiv liubinskykh vnutrishnoporidnykh typiv, yikh pomisei ta hibrydiv. *Doctor's thesis*. Kyiv.
3. Jiang, Y., Yu, M., Dong, C., Xu, J., Chang, S., Zhang, Q., Feng, J., Zhang, H., Zhu, Y., & Wu, B. (2022). Genomic features of common carp that are relevant for resistance against *Aeromonas hydrophila*

## ЛІТЕРАТУРА

1. Марценюк В. М. Особливості регуляції енергозабезпечення адаптації риб до дії абіотичних та антропогенних чинників : дис. ... кандидата біол. наук : 06.02.03. Київ, 2019. 225 с.
2. Грициняк І. І. Біологічні особливості та фактори підвищення продуктивності коропів любінських внутрішньопорідних типів, їх помісей та гібридів : дис. ... доктора с-г. наук : 06.02.03. Київ, 2008. 264 с.
3. Genomic features of common carp that are relevant for resistance against *Aeromonas hydrophila* infection / Jiang Y. et al. // *Aquaculture*. 2022. P. 547—559.



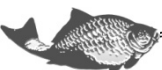
- infection. *Aquaculture*, 547-559.
4. Songhuan, Chang, Jiali, Wang, Chuanju, Dong, & Yanliang, Jiang. (2023). Intestinal microbiota signatures of common carp (*Cyprinus carpio*) after the infection of *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture Reports*, 30.
  5. Xian-Liang, Zhao-Hui, JIN, Gui-Lan, DI, Li, LI, & Xiang-Hui, Kong. (2019). Molecular characteristics, pathogenicity and medication regimen of *Aeromonas hydrophila* isolated from common carp (*Cyprinus carpio* L.). *J Vet Med Sci.*, 81(12), 1769-1775. DOI: <https://10.1292/jvms.19-0025>.
  6. Tarasiuk, S. I., Bochkov, V. M., Postoienko, D. M., & Mariutsa, A. E. (2021). Adaptivni osoblyvosti henetychnoi struktury sazana amurskoho. *Tsili staloho rozvytku tretoho tysiacholittia: vyklyky dlia universytetiv nauk pro zhyttia: materialy mizhnarodno-naukovoi konferentsii*, 3, 335-337.
  7. Solopova, Kh. Ya. (2021). Stan antyoksydantnoi y immunoi system u koropiv, urazhenykh aeromonozom i saprolehnirozom, ta yikh likuvannia. *Candidate's thesis*. Lviv.
  8. Borysenko, N. O., Mariutsa, A. E., & Bielikova, O. Yu. (2023). Porivnialnyi analiz henetychnoi struktury luskatykh ta ramchastykh koropiv PrAT Chernihivrybhosp. *Rozvedennia i henetyka tvaryn*, 65, 168-176. DOI: <https://doi.org/10.31073/abg.65.15>.
  9. Mariutsa, A. E., Borysenko, N. O., Hancevych, B. O., & Bielikova, O. Yu. (2023). Analiz henetychnoi struktury ukrainskykh porid koropiv z vykorystannia bilkovykh markeriv. *Visnyk ahrarynykh nauk*, 4 (841), 52-57.
  10. Bielikova, O., Zaloilo, O., Tarasjuk, S., Mruk, A., & Romanenko, V. (2019). Genetic structure of the Chernivtsi local stock of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as determined by SSR-markers *Faktyry eksperymentalnoi evoly-*
  4. Intestinal microbiota signatures of common carp (*Cyprinus carpio*) after the infection of *Aeromonas hydrophila* / Songhuan Chang et al. // *Aquaculture Reports*. 2023. Vol. 30. 101585.
  5. Molecular characteristics, pathogenicity and medication regimen of *Aeromonas hydrophila* isolated from common carp (*Cyprinus carpio* L.) / Xian-Liang et al. // *J Vet Med Sci*. 2019. Vol. 81(12). P. 1769—1775. DOI : <https://10.1292/jvms.19-0025>.
  6. Адаптивні особливості генетичної структури сазана амурського / Тарасюк С. І. та ін. // Цілі сталого розвитку третього тисячоліття: виклики для університетів наук про життя : Міжнар. наук. конф. : матер. Київ, 2021. Т. 3. С. 335—337.
  7. Солопова Х. Я. Стан антиоксидантної й імунної систем у коропів, уражених аеромонозом і сапролегніозом, та їх лікування : дис. ... кандидата вет. наук : 03.00.04. Львів, 2021. 200 с.
  8. Борисенко Н. О., Маріуца А. Е., Білікова О. Ю. Порівняльний аналіз генетичної структури лускатих та рамчастих коропів ПрАТ «Чернігіврибгосп» // Розведення і генетика тварин. 2023. Вип. 65. С. 168—176. DOI : <https://doi.org/10.31073/abg.65.15>.
  9. Аналіз генетичної структури українських порід коропів з використання білкових маркерів / Маріуца А. Е. та ін. // Вісник аграрних наук. 2023. № 4 (841). С. 52—57.
  10. Genetic structure of the Chernivtsi local stock of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as determined by SSR-markers / Bielikova O. et. al. // Фактори експериментальної еволюції організмів. 2019. Т. 25. DOI : <https://doi.org/10.7124/FEEO.v25.1134>.
  11. Клименко М. О., Бедункова О. О. Біоіндикація стану гідросистем за морфологічними та цитогенетичними характеристиками гомеостазу



- utsii organizmiv*, 25. DOI: <https://doi.org/10.7124/FEEO.v25.1134>.
11. Klymenko, M. O., & Biedunkova, O. O. (2017). *Bioindykatsiia stanu hidrosystem za morfolohichnymy ta tsytohenetychnymy kharakterystykamy homeostazu ryb: monohrafiia*. Rivne: NUVHIP.
  12. Hrytsyniak, I. I., Tarasiuk, S. I., Zaloilo, O. V., Mariutsa, A. E., Hlushko, Yu. M., & Habuda, O. A. (2018). Henetychna struktura sazana amurskoho TzOV Karpatskyi vodohrai. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 7, 37-45. DOI: <https://10.31073/agrovisnyk201807-06>.
  13. Kohlmann, K., Gross, R., Murakaeva A., & Kersten P. (2003). Genetic variability and structure of common carp (*Cyprinus carpio*) populations throughout the distribution range inferred from allozyme, microsatellite and mitochondrial DNA markers. *Aquatic Living Resources*, 16(5), 421-431. DOI: [https://10.1016/S0990-7440\(03\)00082-2](https://10.1016/S0990-7440(03)00082-2).
  14. Nedoluzhko, A. V., & Gladysheva-Azgari, M. V. (2021). Genetic contribution of domestic European common carp (*Cyprinus carpio carpio*) and Amur carp (*Cyprinus carpio haematopterus*) to the wild Vietnamese carp population as revealed by ddRAD sequencing. *Aquaculture*, 544.
  15. Desvignes, Jean-Francois, Jean, Laroche, & Jean-Dominique, Durand (2021). Genetic variability in reared stocks of common carp (*Cyprinus carpio* L.) based on allozymes and microsatellites. *Aquaculture*, 194(3), 291-301. DOI: [https://10.1016/S0044-8486\(00\)00534-2](https://10.1016/S0044-8486(00)00534-2).
  16. Obiakor, M. O., Okonkwo, J. C., & Nnabude, P. (2012). Chigozie Damian Ezeonyejiaku Eco-genotoxicology: micronucleus assay in fish erythrocytes as *In situ* Aquatic Pollution Biomarker. *J Anim Sci Adv.*, 2(1), 123-133.
  - риб : монографія. Рівне : НУВГП, 2017. 302 с.
  12. Генетична структура сазана амурського ТзОВ «Карпатський водограй» / Грициняк І. І. та ін. // Вісник аграрної науки. 2018. № 7. С. 37—45. DOI : 10.31073/agrovisnyk201807-06.
  13. Genetic variability and structure of common carp (*Cyprinus carpio*) populations throughout the distribution range inferred from allozyme, microsatellite and mitochondrial DNA markers / Kohlmann K. et al. // Aquatic Living Resources. 2003. Vol. 16(5). P. 421—431. DOI : [https://10.1016/S0990-7440\(03\)00082-2](https://10.1016/S0990-7440(03)00082-2).
  14. Nedoluzhko A. V., Gladysheva-Azgari M. V. Genetic contribution of domestic European common carp (*Cyprinus carpio carpio*) and Amur carp (*Cyprinus carpio haematopterus*) to the wild Vietnamese carp population as revealed by ddRAD sequencing // Aquaculture. 2021. Vol. 544.
  15. Jean-Francois Desvignes, Jean Laroche Jean-Dominique. Durand Genetic variability in reared stocks of common carp (*Cyprinus carpio* L.) based on allozymes and microsatellites // Aquaculture. 2001. P. 291—301 DOI : [https://10.1016/S0044-8486\(00\)00534-2](https://10.1016/S0044-8486(00)00534-2).
  16. Eco-genotoxicology: micronucleus assay in fish erythrocytes as *In situ* Aquatic Pollution Biomarker / Obiakor M. O. et al. // J Anim Sci Adv. 2012. Vol. 2(1). P. 123—133.
  17. Kamel Ahmad, Jaber Salehl. Clastogenic studies on Tandaha Dam water in Asser // Mediterranean Environment. 2010. Vol. 16, № 1. P. 33—42.
  18. Protocol for the single cell gel electrophoresis/comet assay for rapid genotoxicity assessment / Dhawan A. et al. // Developmental Toxicology Division Industrial Toxicology Research Centre Marg. 2009. № 3. P. 38—52.



17. Kamel, Ahmad, & Jaber, Salehl. (2010). Clastogenic studies on Tandaha Dam water in Asser. *Mediterranean Environment*, 16, 1, 33-42.
18. Dhawan, A., Bajpayee, M., Pandey, A. K., & Parmar, D. (2009). *Protocol for the single cell gel electrophoresis/comet assay for rapid genotoxicity assessment*. Lucknow: Developmental Toxicology Division Industrial Toxicology Research Centre Marg.
19. Mariutsa, A. E., Nahorniuk, T. A., & Hlushko, Yu. M. (2023) Peculiarities of genetic variability of valuable fish species. *Achievements and research prospects in animal husbandry and veterinary medicine : Scientific monograph*. Riga, Latvia: Baltija Publishing.
20. Davis, B. J. (1964). Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins. *Annals of the New York Academy of Sciences*.
21. Shaklee, J. B., et al. (1990). Gene nomenclature for protein-coding loci in fish. *Transactions of the American Fisheries Society*.
22. Toptikov, V. A., Yershova, O. M., Kovtun, O. O., Lavrenyuk, T. I., & Toczkyj, V. M. (2017). *Genetyko-biohimichni doslidzhennya adaptyvnosti tvaryn ta yix ugrupovan` : navchal`no-metodychny`j posibnyk*. Odesa: Odes`ky`j nacional`ny`j universytet imeni I. I. Mechny`kova.
23. Trofymenko, O. L., Gyl`, M. I., & Smetana, O. Yu. (2018). *Genetyka populyacij: pidruchny`k*. Mykolayiv: Gel`vetyka.
24. Wright, S. (1951). The genetical structure of populations. *Ann. Eugenics*, 15(4), 323-354.
25. Swofford, D. L., & Selander, R. B. (1981). BIOSYS-1: Fortain programm for the comprehensive analysis of electroforetic data in population genetics and systematics *J. Heredity*, 72, 281-283.
26. Stoika, Yu. O., Haranko, N. M., & Arkhynchuk, V. V. (2001). Rozrobka
19. Mariutsa A. E., Nahorniuk T. A., Hlushko Yu. M. Peculiarities of genetic variability of valuable fish species // Achievements and research prospects in animal husbandry and veterinary medicine : scientific monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2023. 476 p.
20. Davis B. J. Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins // Annals of the New York Academy of Sciences. 1964. Vol. 121. P. 404—408.
21. Gene nomenclature for protein-coding loci in fish / Shaklee J. B. et al. // Transactions of the American Fisheries Society. 1990. Vol. 119. P. 2—15.
22. Генетико-біохімічні дослідження адаптивності тварин та їх угруповань : навчально-методичний посібник / Топтіков В. А. та ін. // Одеса : Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2017. 140 с.
23. Трофименко О. Л., Гиль М. І., Сметана О. Ю. Генетика популяцій : підручник. Миколаїв : Гельветика, 2018. 254 с.
24. Wright S. The genetical structure of populations // Ann. Eugenics. 1951. Vol. 15(4). P. 323—354. DOI: <https://10.1111/1/j.1469-1809.1949.tb02451.x>.
25. Swofford D. L., Selander R. B. BIOSYS-1: Fortain programm for the comprehensive analysis of electroforetic data in population genetics and systematics // J. Heredity. 1981. Vol. 72. P. 281—283.
26. Стойка Ю. О., Гаранько Н. М., Архипчук В. В. Розробка прижиттєвого мікроядерного тесту на рибках // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. 2001. Вип. 4 (15). С. 157—159. (Серія : Біологія).
27. Дзіцюк В. В., Братиця Х. Т., Гузеватий О. Є. Атлас хромосом сільськогосподарських та домашніх тварин. Київ : Аграрна наука, 2022. 128 с.



- pryzhyttievoho mikroiadernoho testu na rybakh. *Naukovi Zapysky – Scientific notes*, 4, 15-16.
27. Dzitsiuk, V. V., Bratytsia, Kh. T., & Huzevatyi, O. Ye. (2022). *Atlas khromosom silskohospodarskykh ta domashnikh tvaryn*. Kyiv: Ahrarna nauka.
28. Hrytsyniak, I. I., Mariutsa, A. E., Borysenko, N. O., & Tushnytska, N. Y. (2021). Zastosuvannia molekuliarno – henetychnykh markeriv v rybnytstvi. *Formuvannia novoi paradyhmy rozvytku ahropromyslovoho sektoru v XXI stolitti: Kolektyvna monohrafiia*. Kherson.
29. Hlushko, Yu. M., & Tarasiuk, S. I. (2012). Analiz henetychnoi struktury ukrainskykh koropiv ramchatoi ta luskatnoi porid. *Problemy ekolohichnoi biotekhnolohii*, 2, 54-70.
28. Грициняк І. І. Застосування молекулярно-генетичних маркерів в рибництві // Формування нової парадигми розвитку агропромислового сектору в XXI столітті : колективна монографія. Херсон, 2021. С. 509—537.
29. Глушко Ю. М., Тарасюк С. І. Аналіз генетичної структури українських коропів рамчатої та лускатної порід // Проблеми екологічної біотехнології. 2012. № 2. С. 54—70. URL : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb\\_2012\\_2\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb_2012_2_7) (дата звернення : 19.09.2023).



## ФІЗИОЛОГІЯ ТА БІОХІМІЯ / PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

Ribogospod. nauka Ukr., 2023; 3(65): 102-118  
DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2023.03.102>  
UDC 597-18:597.554.3(28)

Received: 30.07.23  
Received in revised form: 21.08.23  
Accepted: 16.09.23

### HISTOLOGICAL STRUCTURE OF GILLS OF PRUSSIAN CARP OF THE SAMARA RIVER OF THE DNIPROPETROVSK REGION

**K. Mashkova**, tonks1511@gmail.com,  
Dnipro National University named after  
Oles Honchar, Dnipro  
**T. Sharamok**, sharamok@i.ua, Dnipro  
National University named after Oles  
Honchar, Dnipro

**Purpose.** To study the histological structure of the gill apparatus of the Prussian carp (*Carassius gibelio*) from the point of view of the presence of pathologies with differentiation according to areas with different levels of anthropogenic pressure of the Samara River in the Dnipropetrovsk region.

**Methodology.** The generalized study results were obtained during 2019–2021. The study was conducted within three sampling sites with different types of human impact. The object of the study were age-6 Prussian carps of both sexes.

Histological studies were performed in accordance with generally accepted methods. Gills were obtained by anatomical dissection from freshly caught fish. Photographs of histological specimens were taken using a digital camera "SciencelabT5005.17M" and an microscope "Ulab XY-B2TLED". Measurements of the samples were performed using the "ScienceLabView7". Statistical processing of the obtained data was carried out in MS Excel 2010.

**Findings.** The conducted histological studies showed that pathological changes in the structure of the gill apparatus were observed in age-6 Prussian carps in all sampling sites of the Samara River. In particular, such pathologies as curvature of lamellae terminals, accumulation of mucus and hyperplasia of the epithelium of gill filaments, fusion of lamellae were found. Single cases of necrosis and twisting of lamellae threads

### ГІСТОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ЗЯБЕР КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО РІЧКИ САМАРА ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

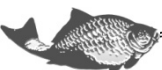
**К. А. Машкова**, tonks1511@gmail.com,  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро  
**Т. С. Шарамок**, sharamok@i.ua,  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпро

**Мета.** Дослідити гістологічну структуру зябрового апарату карася сріблястого (*Carassius gibelio*) з точки зору наявності патологій, з диференціацією за ділянками з різним рівнем антропогенного навантаження річки Самара Дніпропетровської області.

**Методика.** Узагальнені результати досліджень отримували протягом 2019–2021 рр. Дослідження проводили в межах трьох дослідних точок з різним характером антропогенного впливу. Об'єктом дослідження були шестирічні особини карася сріблястого обох статей.

Гістологічні дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик. Зябра отримували шляхом анатомічного розтину від свіжовиловленої риби. Фото гістологічних препаратів робили за допомогою цифрової фотокамери «SciencelabT5005.17M» та мікроскопа «Ulab XY-B2TLED». Вимірювання зразків виконували за допомогою програми «ScienceLabView7». Статистичну обробку отриманих даних здійснювали у програмі «Microsoft Excel 2010».

**Результати.** Проведені гістологічні дослідження показали, що у шестирічок карася сріблястого з усіх дослідних точок річки Самара спостерігалися патологічні зміни у структурі зябрового апарату. Зокрема, було виявлено такі патології, як викривлення терміналей ламел, скупчення слизу та гіперплазія епітелію зябрових пелюсток, злиття





were recorded. Most often, histopathological changes in the gill apparatus were observed in fish caught near the city Novomoskovsk.

Organometric studies showed that there was no significant difference between the length and width of gill arches of Prussian carp from different sampling sites. The length and width of the lamellae of the gill apparatus was the largest in individuals sampled near the city Novomoskovsk, which may indicate a greater need for oxygen for the fish body in the specified area. The length of the respiratory lamellae was the lowest in Prussian carp sampled near the village of Novoselivka. The lowest width of the lamellae were found in fish from the village of Khashcheve.

The obtained data give reason to conclude that the conditions of existence for Prussian carp are most favorable near the village of Novoselivka.

**Originality.** For the first time the histological structure and pathology of the gills apparatus of Prussian carp in the conditions of the Samara River in the Dnipropetrovsk region was studied.

**Practical value.** The obtained data on the histological changes of the gill apparatus of fish can be used to identify adaptive reactions, will allow assessing the impact of anthropogenic factors on hydrobionts, and will also provide the opportunity to monitor the morpho-physiological state of a specific population under the impact of pollutants of various origins.

**Key words:** Prussian carp, gill apparatus, morphological and histological indicators.

ламель. Поодинокі фіксували випадки некрозу та скручення ниток ламел. Найчастіше гістопатологічні зміни зябрового апарату спостерігали у риб з уловів поблизу м. Новомосковськ.

Органометричні дослідження показали, що суттєвої різниці між показниками довжини та ширини зябрових дуг у карася сріблястого з різних ділянок досліджуваної водойми не було. Довжина та ширина дихальних ламел зябрового апарату була найбільшою у особин поблизу м. Новомосковськ, що може вказувати на більшу потребу в кисні для організму риб із вказаної ділянки. Довжина дихальних ламел була найменшою у карася сріблястого поблизу с. Новоселівка. Найменшим показник ширини дихальних ламел був у риб з с. Хащове.

Отримані дані дають підстави зробити висновок, що умови існування для карася сріблястого є найбільш сприятливими поблизу с. Новоселівка.

**Наукова новизна.** Вперше проведено дослідження гістологічної структури та виявлено патології зябер карася сріблястого в умовах річки Самара Дніпропетровської області.

**Практична значимість.** Отримані дані про гістологічні зміни зябрового апарату риб можуть бути використані для виявлення адаптаційних реакцій, дозволять оцінити вплив антропогенних чинників на гідробіонтів, а також дадуть можливість проведення моніторингу морфо-фізіологічного стану конкретної популяції в умовах впливу забрудників різного походження.

**Ключові слова:** карась сріблястий, зябровий апарат, морфологічні та гістологічні показники.

## PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LATEST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

One of the urgent problems of monitoring studies of water bodies today is the analysis of the impact of pollutants on hydroecosystems, in particular on small rivers, which, given the irrational use of nature, are increasingly suffering by human activity [11].

In order to ensure the normal vital ac-

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Однією з актуальних проблем моніторингових досліджень водойм сьогодні є аналіз впливу забруднювальних речовин на гідроєкосистеми, зокрема, на малі річки, які, з огляду на нераціональне природокористування, все більше страждають від діяльності людини [11].

Для забезпечення нормальної життєдіяльності організму риб між ним та



tivity of the fish body, there must be constant gas exchange between it and the environment. Gill breathing allows Prussian carps to filter up to 30% of the oxygen dissolved in the water. Destabilization of the hydrochemical regime of water bodies causes disruption of the oxygen absorption process and affects the intensity of fish growth [7].

It is known that an unfavorable hydrochemical regime as well as an increased concentration of toxic substances in water is a significant stress factor, which primarily leads to various pathologies of the gill apparatus, hematopoietic organs, and a decrease in the overall resistance of the fish body. At the same time, there are favorable conditions for the occurrence of infectious diseases and certain changes in the histological structure of fish organs [20, 4].

Since the gills are constantly in contact with the environment, they are an extremely sensitive target organ. The gill apparatus is part of a single system that not only ensures breathing processes but also participates in ion exchange and forms the processes of adaptation to stress factors at the tissue level [6].

Physiological parameters of Prussian carp populations from different water bodies have noticeable differences and depend on living conditions. Compared to other fish species, Prussian carps has adapted well to the ecological conditions of water bodies of the Dnipropetrovsk Region and currently constitute the main share of commercial catches [14]. Studies show that Prussian carps have a high resistance to the effects of toxicants and stressors. The stable growth of the population of this species of fish in various water bodies of Ukraine indicates a high degree of plasticity of Prussian carp under the influence of anthropogenic factors [15, 12].

In aquatic ecosystems, fish are an important link in the food chain. Prussian carp is polyphagous, the feed base of

навколишнім середовищем повинен постійно відбуватися газообмін.

Зяброве дихання дозволяє карасю відфільтрувати до 30% розчиненого у воді кисню. Дестабілізація гідрохімічного режиму водойми спричиняє порушення процесу поглинання кисню та впливає на інтенсивність росту риби [7].

Відомо, що несприятливий гідрохімічний режим, а також підвищена концентрація у воді токсичних речовин є значним стресоутворювальним чинником, який першочергово призводить до різноманітних патологій зябрового апарату, органів кровотворення, зниження загальної опірності організму риб. При цьому формуються сприятливі умови для виникнення інфекційних захворювань та певних змін гістологічної структури органів риб [4, 20].

Оскільки зябра постійно контактують з навколишнім середовищем, вони є надзвичайно чутливим органом-мішенню. Зябровий апарат є частиною єдиної системи, яка не лише забезпечує процеси дихання, а й бере участь в іонному обміні та формує процеси адаптації до стресових чинників на тканинному рівні [6].

Фізіологічні параметри популяції карася сріблястого з різних водойм мають помітні відмінності і залежать від умов життя. В порівнянні з іншими видами риб, карась добре адаптувався до екологічних умов водойм Дніпропетровщини і на сьогодні складає основну частку промислових виловів [14]. Дослідження показують, що карась сріблястий має високу стійкість до впливу токсикантів та стресорів. Стабільний ріст популяції даного виду риб у різних водоймах України свідчить про високий ступінь пластичності карася в умовах впливу антропогенних чинників [12, 15].

У водних екосистемах риби є важли-



which consists of both zoobenthos and zooplankton as well as algae. Since energy and biomass are quickly transferred from one trophic level to another, harmful substances that affect its physiological state accumulate in the body of Prussian carp [8, 3]. Therefore, it is necessary to conduct monitoring studies of the impact of the environment on the body of Prussian carp, as a fairly resistant species.

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

Studies of morpho-physiological changes occurring in the gill apparatus of fish as a result of the influence of anthropogenic factors is of not only of scientific but also of practical interest. Since the main gas exchange processes occur through the gills, their condition is particularly important for the normal functioning of the fish body. Analysis of changes in the structure of the epithelium of the gill apparatus of Prussian carp in response to the influence of external factors can be used for early diagnosis of the physiological state of fish [16].

Studies of histological disorders allow determining the level of damage to fish tissues by bacterial, infectious or toxicological agents in the early stages. Histopathological studies can be used for early detection of disease symptoms, as some of them often do not have clinical manifestations [23].

Studies of a number of authors gives reasons to claim that the hydrochemical regime of water bodies in the Dnipropetrovsk Oblast suffers from human economic activity. In particular, mining, metallurgical and chemical industry enterprises, residential and communal sewage have a significant

вою ланкою харчового ланцюга. Карась сріблястий є поліфагом, кормову базу якого складають як зообентос і зоопланктон, так і водорості. Оскільки енергія та біомаса швидко переносяться від одного трофічного рівня до іншого, в організмі карася сріблястого акумулюються шкідливі речовини, що впливають на його фізіологічний стан [3, 8]. Тому проведення моніторингових досліджень впливу навколишнього середовища на організм карася сріблястого як досить стійкого виду є актуальним.

### ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Дослідження морфо-фізіологічних змін, що відбуваються в зябровому апараті риб в результаті впливу антропогенних чинників являє не лише науковий, а й практичний інтерес. Оскільки через зябра відбуваються основні газообмінні процеси, їх стан є особливо важливим для нормального функціонування організму риби. Аналіз змін у будові епітелію зябрового апарату карася у відповідь на вплив зовнішніх чинників може бути використаний для ранньої діагностики фізіологічного стану риб [16].

Дослідження гістологічних порушень дає можливість на ранніх стадіях визначити рівень пошкодження тканин риби бактеріальними, інфекційними або токсикологічними агентами. Гістопатологічні дослідження можливо використовувати для раннього виявлення симптомів захворювання, з огляду на те, що деякі з них часто не мають клінічних проявів [23].

Дослідження ряду авторів дають підстави стверджувати, що гідрохімічний режим водойм Дніпропетровщини зазнає змін внаслідок господарської діяльності людини. Зокрема, значний вплив на нього мають підприємства гірничодобувної, металургійної та хи-



impact on it. Due to the high content of organic matter, siltation of rivers, drying up of floodplain and supra-floodplain terraces, and the formation of isolated marshes occur. The level of mineralization in water of such rivers as Oril and Ingulets exceeds 1000 mg/dm<sup>3</sup> and it is more than 3000 mg/dm<sup>3</sup> for Samara, Vovchaya and Solonaya rivers. The content of heavy metals in water of the rivers of the region also exceeds the normal values, which can be explained by the developed heavy industry [17, 9, 1].

Samara River is a left tributary of the Dnieper River. According to monitoring data, the high level of influence of the industrial factor on the surface waters of the Samara River led to the fact that the level of its mineralization exceeds the allowable limits by almost 3-fold. According to the level of mineralization, waters of the Samara River are classified as brackish and polluted [13, 24].

Monitoring of the main parameters over the past few years confirms its characteristic high content of chlorides, sulfates, iron and a significant level of mineralization. The conducted studies showed that the content of heavy metals in water, such as zinc, cadmium, copper and nickel, exceeded the maximum allowable concentrations for water bodies used for fish farming [10].

The influence of external factors on the physiological condition of Prussian carp in the Samara River has not been studied for a long time. For the last several decades, there are no literature data on the study of the histostructure of organs and tissues of this fish species. The study of adaptation mechanisms of Prussian carp under the influence of various types of anthropogenic factors is especially important today, considering its value as a commercial species.

The aim of this work was to investigate the histological structure of the gill apparatus of Prussian carp (*Carassius gibelio*) from the point of view of the presence of pathologies with differentiation according

мічної промисловостей, житлово-комунальні стоки. Через високий вміст органіки відбувається замулення річок, пересихання заплавних та надзаплавних терас, утворення ізольованих стариць. У воді таких річок, як Оріль та Інгулець, рівень мінералізації перевищує 1000 мг/дм<sup>3</sup>, а для Самари, Вовчої та Солоні він становить понад 3000 мг/дм<sup>3</sup>. Вміст у воді річок регіону важких металів також перевищує граничні норми, що можна пояснити розвинутою галуззю важкої промисловості [1, 9, 17].

Самара є лівою притокою Дніпра. Відповідно до моніторингових даних, високий рівень впливу промислового чинника на поверхневі води р. Самара призвів до того, що рівень її мінералізації перевищує ГДК в середньому втричі. За рівнем мінералізації води річки Самара відносять до солонуватих, забруднених [13, 24].

Моніторинг основних показників за кілька останніх років підтверджує характерний для неї високий вміст хлоридів, сульфатів, заліза та значний рівень мінералізації. Проведені дослідження виявили, що вміст у воді важких металів, таких як цинк, кадмій, мідь та нікель, перевищував гранично допустимі концентрації для водойм рибогосподарського призначення [10].

Вплив зовнішніх чинників на фізіологічний стан карася сріблястого в межах акваторії річки Самара не вивчався тривалий час. За кілька останніх десятиліть немає літературних даних про дослідження гістоструктури органів та тканин риб даного виду. Особливо актуальним сьогодні є дослідження адапційних механізмів карася сріблястого в умовах впливу різного типу антропогенних чинників, з огляду на його цінність як промислового виду.

Метою даної роботи було дослідження гістологічної структури зябрового



in areas with different levels of anthropogenic pressure of the Samara River of the Dnipropetrovsk region.

## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted within Novomoskovskiy district of the Dnipropetrovsk region. Three sampling sites with different types of anthropogenic pressure were chosen. In particular, village of Khashcheve, where an agricultural enterprise is located, the city of Novomoskovsk, which is the industrial and administrative district center, and the village of Novoselivka, which is a conditionally clean area with nearby recreational facilities (Fig. 1).

апарату карася сріблястого (*Carassius gibelio*) з точки зору наявності патологій з диференціацією за ділянками з різним рівнем антропогенного навантаження річки Самара Дніпропетровської області.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проводили в межах Новомосковського району Дніпропетровської області. Для цього було обрано три дослідні ділянки з різним характером антропогенного впливу: зокрема, с. Хащеве, де розташовано сільськогосподарське підприємство, м. Новомосковськ, що є промисловим та адміністративним районним центром, та с. Новоселівка, яка є умовно чистою ділянкою із розташованими поруч рекреаційними закладами (рис. 1).

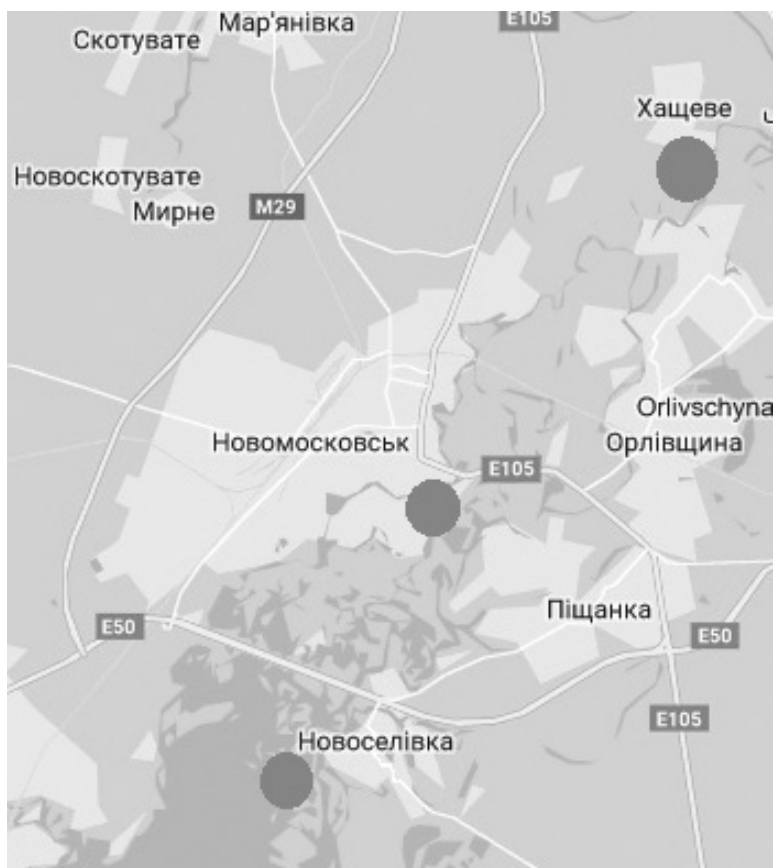


Fig. 1. Sampling points on the Samara River



The material for the study was collected in the summer-autumn period of 2019–2021 during ichthyological surveys. The object of the study were age-6 Prussian carps of both sexes. Determination of fish age was carried out according to the generally accepted method using scales, which were taken from the base of the first dorsal fin near the lateral line [2].

Histological studies were performed in accordance with generally accepted methods. Gills were obtained by anatomical dissection from freshly caught fish. In order to identify histopathological changes in the structure of gill tissues of Prussian carp, 60 fields of view were examined from different experimental points. Photographs of histological specimens were taken using a digital camera “SciencelabT5005.17M” and an microscope “Ulab XY-B2TLED”. Measurements of the samples were performed using “ScienceLabView7”. Statistical processing of the obtained data was carried out in MS Excel 2010.

## STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

To determine the organometric parameters of the gill apparatus of fish, 30 individuals of age-6 Prussian carp were collected from the sampling sites. Collection of histological samples showed that the gill apparatus of the studied fish consisted of four to five pairs of gill arches. The size of the gill arches varied depending on the size of the fish. One pair had pharyngeal teeth. Others had gill rakers and gill filaments. Gill filaments consisted of primary and secondary lamellae covered with epithelium. Capillaries were found inside the lamellae, which ensure gas exchange between the gill apparatus and the environment, but there were lamellae with destroyed capillaries in some places.

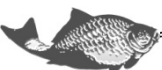
During the study, we measured

Матеріал для дослідження отримували в літньо-осінній період протягом 2019–2021 р. під час проведення науково-дослідних ловів. Об'єктом дослідження були шестирічні особини карася сріблястого обох статей. Визначення віку риби проводили за загальноприйнятою методикою по лусці, яку відбирали під основою першого спинного плавця біля бічної лінії [2].

Гістологічні дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик. Зябра отримували шляхом анатомічного розтину від свіжовилоненої риби. Для виявлення гістопатологічних змін у будові зябрових тканин у карася сріблястого з різних дослідних точок було розглянуто по 60 полів зору. Фото гістологічних препаратів робили за допомогою цифрової фотокамери «SciencelabT5005.17M» та мікроскопа «Ulab XY-B2TLED». Вимірювання зразків виконували за допомогою програми «ScienceLabView7». Статистичну обробку отриманих даних здійснювали у програмі «Microsoft Excel 2010».

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Для визначення органометричних показників зябрового апарату риби з дослідних ділянок було відібрано по 30 особин шестирічок карася сріблястого. Під час відбору гістологічних зразків було встановлено, що зябровий апарат дослідної риби складався з чотирьох–п'яти пар зябрових дуг. Розмір зябрових дуг варіював в залежності від розміру риби. На одній парі було розташовано глоткові зуби. Інші несли зяброві тичинки та зяброві пелюстки. Зяброві пелюстки склалися з первинних та вторинних ламел, вкритих епітелієм. Всередині ламел було виявлено капіляри, що забезпечують газообмін між зябровим апаратом та навколишнім середовищем, проте подекуди зустрічали



the length and width of the gill arches (Table 1).

Organometric parameters of gill arches of a fish are known to depend on its age and linear dimensions [7]. No significant differ-

ся ламели із зруйнованими капілярами.

Під час дослідження нами було здійснено вимірювання довжини та ширини зябрових дуг (табл. 1).

Відомо, що органометричні параме-

*Table 1. Organometric parameters of the gill arch of Prussian carp, Samara River, mm*

Parameter	Khashcheve	Novomoskovsk	Novoselivka
Gill arch length	31.92 ± 0.29*	32.66 ± 0.2*	32.29 ± 0.17
Gill arch width	13.79 ± 0.15	14.11 ± 0.11	13.92 ± 0.1

Note. \* — significant difference between values,  $p \leq 0.05$ .

ence between the average values of absolute body length was found in Prussian carp of the same age from all sampling sites. It was 22.19±0.32 cm for fish sampled in the village of Khashcheve, 22.26±0.35 cm in the city of Novomoskovsk and 22.2±0.31 cm in the the village of Novoselivka.

The difference was significant only between the length of the gill arch in the Prussian carp from Khashcheve and Novomoskovsk. No significant difference was observed between the investigated parameters in fish from other sampling points. But we should note that the length of the gill arch in Prussian carp from the city of Novomoskovsk was somewhat higher than that of fish from the villages of Khaschove and Novoselivka. The width of the gill arch in individuals caught near the city of Novomoskovsk was the largest and exceeded that in fish from the villages of Khaschove and Novoselivka.

Since no studies on the organometric parameters of the gill apparatus of Prussian carp in the conditions of the Samara River has been conducted for a long time, we believe that the obtained data are important.

Pathologies in the structure of the gill filaments can lead to deterioration of blood circulation in the gills and, accordingly, gas exchange. Therefore, their study is important (Table 2).

The length of the respiratory lamellae

три зябрових дуг риби залежать від її віку та лінійних розмірів [7]. У одновікових особин карася сріблястого з усіх дослідних точок не було виявлено достовірної різниці між середніми показниками абсолютної довжини тіла. Вона складала для риби з с. Хащове 22,19±0,32 см, з м. Новомосковськ — 22,26±0,35 см і для с. Новоселівка — 22,2±0,31 см.

Різниця була достовірною лише між показниками довжини зябрової дуги у карася з с. Хащове та м. Новомосковськ. У риби з інших дослідних точок між досліджуваними показниками достовірної різниці виявлено не було. Але зазначимо, що довжина зябрової дуги у карася сріблястого з м. Новомосковськ була дещо вищою ніж у риб з с. Хащове та с. Новоселівка. Ширина зябрової дуги у особин, отриманих поблизу м. Новомосковськ, була найбільшою і перевищувала даний показник у риб з с. Хащове та с. Новоселівка.

Оскільки дослідження щодо органометричних показників зябрового апарату карася сріблястого в умовах р. Самара не проводилися досить тривалий час, вважаємо що отримані дані є актуальними.

Патології у будові зябрових пелюсток можуть призвести до погіршення кровообігу у зябрах і, відповідно, газообміну. Тому їх дослідження є актуальним (табл. 2).

Найбільшою довжина дихальних



Table 2. Organometric parameters of gill lamellae of Prussian carp, Samara River,  $\mu\text{m}$

Parameter	Khashcheve	Novomoskovsk	Novoselivka
Lamellae length, $M \pm m$	147.17 $\pm$ 4.38*	158.23 $\pm$ 4.10*	132.03 $\pm$ 4.83*
Lamellae width, $M \pm m$	13.19 $\pm$ 0.40*	14.96 $\pm$ 0.51*	13.82 $\pm$ 0.49

Note. \*— significant difference,  $p \leq 0.05$ .

was the greatest in Prussian carps caught near the city of Novomoskovsk and exceeded that of fish from the villages of Novoselivka and Khashchevo, respectively, by 16.5% and 6.9%. There were significant differences between the parameters of Prussian carps from the villages of Khaschove and Novoselivka and fish sampled near the city of Novomoskovsk and the village of Novoselivka.

Also, such a parameter as the width of the lamellae was the largest in fish sampled near the city of Novomoskovsk. It exceeded that of Prussian carp from the villages of Khaschove and Novoselivka, respectively, by 11.8% and 7.6%. The difference was significant only in fish caught near the village of Khashcheve and the city of Novomoskovsk.

It is known that morphometric parameters of gill arches and gill filaments depend on both the age of the fish and the conditions of its existence. They can fluctuate depending on the effect of pathogenic factors, in particular, the presence of toxins, bacteria or infectious agents [7, 4]. Therefore, it can be assumed that Prussian carps from the city of Novomoskovsk are under increased influence of adverse factors.

The obtained data showed that the number of individuals with 1 to 2 pathologies was the highest in the village of Novoselivka, where it was 30%. This is 1.7 times higher than that for fish from the city of Novomoskovsk and 8.8 times higher than the value for fish from the village of Khashchevo (Table 3).

The share of individuals with three or more pathologies of gill tissues was the

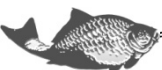
ламель була у карася сріблястого, виловленого поблизу м. Новомосковськ, і перевищувала даний показник у риби з с. Новоселівка та с. Хащове відповідно на 16,5 та 6,9%. Достовірною була різниця між показниками у карася із с. Хащове та с. Новоселівка та особинами, отриманими поблизу м. Новомосковськ та с. Новоселівка.

Також у риби поблизу м. Новомосковськ найбільшим був такий показник, як ширина ламел. Він перевищував аналогічні показники карася сріблястого з с. Хащове та с. Новоселівка відповідно на 11,8 та 7,6%. Різниця була достовірною тільки у риби, виловленої поблизу с. Хащове та м. Новомосковськ.

Відомо, що морфометричні показники зябрових дуг та зябрових пелюсток залежать як від віку риби, так і від умов її існування. Вони можуть коливатися в залежності від впливу патогенних чинників, зокрема, наявності токсинів, бактерій або інфекційних агентів [4, 7]. Тож можна припустити, що особини карася сріблястого з м. Новомосковськ зазнають посиленого впливу несприятливих чинників.

Отримані дані показали, що кількість особин, які мали від 1 до 2 патологій, була найвищою в с. Новоселівка, і становила 30%. Це у 1,7 раза вище, ніж даний показник у риби з м. Новомосковськ та у 8,8 раза вище, ніж такий у риби з с. Хащове (табл. 3).

Частка особин, що мали три і більше патологій зябрових тканин, була найвищою у карася поблизу м. Новомосковськ, і складала 46,7%, що перевищувало дані значення у с. Хащове та с. Новоселівка





**Table 3. The number of individuals of Prussian carp with various pathologies of the structure of the gill filaments in the Samara River.**

Sampling site	Number of individuals	Shares of fish with pathologies, %			
		No pathologies	1 pathology	2 pathologies	3 and more pathologies
Khashcheve	30	–	23.4	43.3	33.3
Novomoskovsk	30	–	6.6	46.7	46.7
Novoselivka	30	3.4	40.0	43.3	13.3

highest among Prussian carps sampled near the city of Novomoskovsk and amounted to 46.7%, which exceeded the given values of fish from villages of Khashcheve and Novoselivka, respectively, by 1.4 and 3.5 times. Few fish without pathologies were sampled near the village of Novoselivka, the share of which was 3.4%, as well as the smallest number of individuals with multiple pathologies (13.3%).

It is known that when the reservoir is polluted with heavy metals, tumors and ulcers can develop on the gill apparatus of fish, and the gills themselves can be reduced and have a pale color [18]. Also, pollutants of various natures, in particular, lead nitrates, can cause the curvature of the lamellae terminals, hyperplasia of the gill epithelium, and its necrosis [19, 22]. Organic pollutants, such as lindane, can cause hyperplasia and stratification of lamellar epithelium, dilation of blood vessels, fusion or shortening of lamellae, and necrosis [21].

The study of the gill apparatus of the Prussian carp showed the following pathologies in the structure of the gill filaments (Fig. 2): accumulation of mucus between the lamellae, twisting of the lamellae threads, curvature of the lamellae terminals, fusion of the lamellae, hyperplasia of the epithelium of the gill lobes, and necrosis.

The highest number of fish with two or more pathologies was recorded near the city of Novomoskovsk. This parameter was higher than that of Prussian carps caught near the village of Khashcheve by 1.2

відповідно у 1,4 та 3,5 рази. Поблизу с. Новоселівка було виявлено риб без патології, частка яких складала 3,4%, та найменшу кількість особин із множинними патологіями — 13,3%.

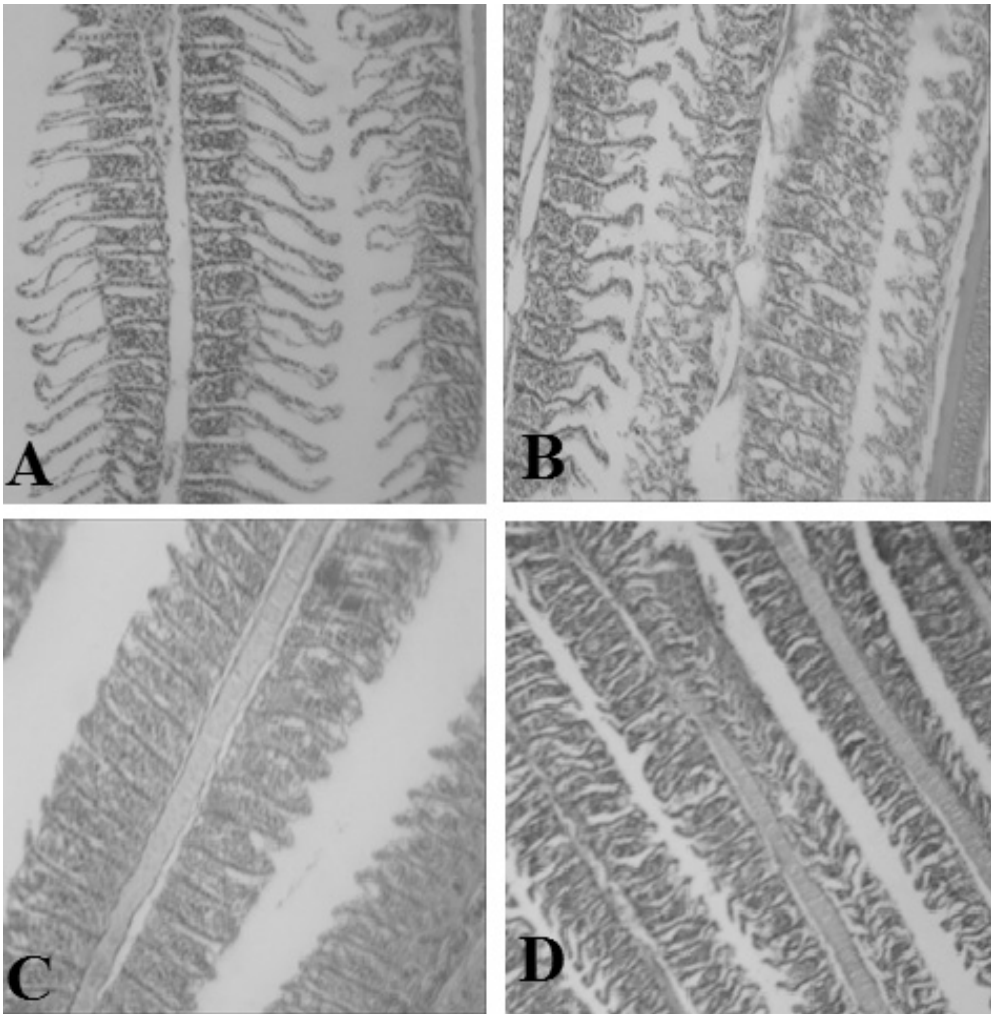
Відомо, що при забрудненні водойми важкими металами на зябровому апараті риб можуть утворюватися пухлини та виразки, а власне зябра можуть бути редуковані та мати бліде забарвлення [18]. Також під впливом забруднювальних речовин різної природи, зокрема нітратів свинцю, можуть спостерігатися викривлення терміналей ламел, гіперплазія зябрового епітелію, а також його некроз [19, 22]. Органічні поліюантени, такі як ліндан, можуть викликати гіперплазію та розшарування епітелію ламел, розширення кровоносних судин, злиття або вкорочення ламел та некротичні явища [21].

Під час дослідження зябрового апарату карася сріблястого було виявлено такі патології у будові зябрових пелюсток (рис. 2): скупчення слизу між ламелами, скручення ниток ламел, викривлення терміналей ламел, злиття ламел, гіперплазію епітелію зябрових пелюсток та некроз.

Найбільшу кількість риб з двома і більше патологіями було зафіксовано поблизу м. Новомосковськ. Даний показник перевищував аналогічний у карася, виловленого поблизу с. Хашчове у 1,2 рази та с. Новоселівка — у 1,6 рази.

Дослідження Горбатюк Л.О. [5] показують, що під впливом промислових токсикантів та гербіцидів відбуваються





**Fig. 2. Histopathological changes in the gills of Prussian carp of the Samara River: A – curvature of lamellae terminals, B – necrosis, C – fusion of lamellae, D – epithelial hyperplasia**

times and near the village of Novoslelivka by 1.6 times.

Studies of L.O. Horbalyuk. (2010) show that industrial toxicants and herbicides induce profound histological changes in fish gills. In particular, the most frequent manifestations of adaptation to toxicosis can be such pathologies as hypertrophy of gill filaments, swelling of respiratory lamellae and their twisting [5]. Since the city of Novomoskovsk is not only the administrative but also the industrial center

глибокі гістологічні зміни зябер риби. Зокрема, найбільш частими проявами адаптації до токсикозу можуть бути такі патології, як гіпертрофія філаментів зябер, набрякання респіраторних ламел та їх скручування. Оскільки м. Новомосковськ є не лише адміністративним, але й промисловим центром району, можна припустити, що риба, отримана з даних уловів, зазнає інтенсивнішого впливу важких металів та органічних забрудників, ніж карась,



of the district, it can be assumed that the fish sampled there are more intensively exposed to heavy metals and organic pollutants than Prussian carps sampled near the other two sampling points (Table 4).

отриманий з уловів поблизу двох інших дослідних точок (табл. 4).

Найбільш частою патологією у риб з усіх дослідних ділянок була наявність викривлення терміналей ламел.

*Table 4. The share of individuals with histopathologies of the gill apparatus of Prussian carp of the Samara River, %*

Pathology	Khashcheve	Novomoskovsk	Novoselivka
Curvature of lamellae terminals	70	86.6	63.3
Mucus accumulation	43.3	40	30
Twisting of lamellae threads	10	6.6	3.3
Epithelial hyperplasia	30	66.6	36.6
Fusion of lamellae	56.6	43.3	53.3
Necrosis	13.3	6.6	3.3

The most frequent pathology in fish from all sampling sites was the presence of curvature of the lamellae terminals. Most often, this defect occurred in fish from the city of Novomoskovsk and exceeded that in Prussian carp from the villages of Khaschove and Novoselivka, respectively, by 16.6% and 23.3%.

Fusion of lamellae was more frequently recorded in fish sampled near the village of Khashcheve. The value of this parameter exceeded those of Prussian carp from the village of Novoselivka by 3.3%, and from the city of Novomoskovsk by 10%.

Accumulation of mucus between the lamellae was most common in fish caught near the village of Khashcheve. This value exceeded that of fish sampled in the city of Novomoskovsk by 3.3%, and that sampled in the village of Novoselivka by 13.3%.

Prussian carps sampled near the city of Novomoskovsk the most frequently had such a pathology as epithelial hyperplasia. The number of fish with this pathology exceeded this value in fish from Khashcheve and Novoselivka, respectively, by 36.6% and 30%.

Such a pathology as twisting of lamella threads was very rare, however the highest number of fish with this defect was observed near the village of Khashcheve.

Найчастіше цей дефект зустрічався у риб з м. Новомосковськ і перевищував такий у карася сріблястого з с. Хащове та с. Новоселівка відповідно на 16,6 та 23,3%.

Злиття ламел частіше фіксували у особин з с. Хащове. Значення даного показника перевищували аналогічні у карася сріблястого з с. Новоселівка на 3,3%, а з м. Новомосковськ — на 10,0%.

Скупчення слизу між ламелами найчастіше зустрічалося у особин, виловлених поблизу с. Хащове. Цей показник перевищував аналогічний у м. Новомосковськ на 3,3%, а у с. Новоселівка — на 13,3%.

У карася сріблястого, отриманого з уловів поблизу м. Новомосковськ, найчастіше фіксували таку патологію, як гіперплазія епітелію. Кількість особин з даною патологією перевищувала такий показник у риби з с. Хащове та с. Новоселівка відповідно на 36,6 та 30,0%.

Така патологія, як скручення ниток ламел, зустрічалася дуже рідко, проте найбільшу кількість риб з даним дефектом спостерігали поблизу с. Хащове. Цей показник перевищував значення, отримані поблизу м. Новомосковськ



This value exceeded those of fish sampled near the city of Novomoskovsk and the village of Novoselivka, respectively, by 4.4% and 7.7%.

Necrosis of the gill filaments can also be attributed to singly recorded pathologies. The lowest number of fish with it was observed in Prussian carp caught near the village of Novoselivka. This value was lower than those of fish caught near the city of Novomoskovsk by 3.3%, and in the village of Khashcheve by 10%.

### CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

The study results did not show a significant difference between the length and width of the gill arches in fish sampled in different sampling site of the reservoir. This can be explained by the fact that fish of the same age, whose sizes were almost the same, were selected for the study.

The study of histological sections of the gill apparatus of Prussian carp showed the following pathologies: curvature of the lamellae terminals, accumulation of mucus and hyperplasia of the epithelium of the gill filaments, fusion of the lamellae. A few cases of necrosis and twisting of lamellae threads were recorded individually. Most frequently, histopathological changes of the gill apparatus were observed in fish caught near the city of Novomoskovsk, which can indicate a greater pressure on the reservoir in this area with toxicants and organic pollutants.

The results obtained in the course of the study allow assuming that Prussian carp's body reacts sensitively to the violation of the normal hydrochemical regime, launching a whole cascade of adaptation mechanisms, which at the tissue level are manifested by a change in the organometric parameters of the gill apparatus. Such adaptation mechanisms can also include the presence of some pathologies of the

та с. Новоселівка відповідно, на 4,4 та 7,7%.

Некроз зябрових пелюсток теж можна віднести до поодинокі фіксованих патологій. Найменша кількість особин з ним спостерігалася у карася сріблястого з уловів поблизу с. Новоселівка. Цей показник був меншим, ніж аналогічне значення у м. Новомосковськ, на 3,3%, а у с. Хашчове — на 10%.

### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Результати досліджень не виявили значної різниці між показниками довжини та ширини зябрових дуг у риб з різних досліджуваних ділянок водойми. Це можна пояснити тим, що для дослідження обирали одновікових особин, лінійні розміри яких були майже однакові.

Вивчення гістологічних зрізів зябрового апарату карася сріблястого дозволило виявити наступні патології: викривлення терміналей ламел, скупчення слизу та гіперплазія епітелію зябрових пелюсток, злиття ламел. Поодинокі було зафіксовано кілька випадків некрозу та скручення ниток ламел. Найчастіше гістопатологічні зміни зябрового апарату спостерігали у риб з уловів поблизу м. Новомосковськ, що може свідчити про більше навантаження на водойми в цій ділянці токсикантами та органічними забрудниками.

Отримані в ході дослідження результати дозволяють припустити, що організм карася сріблястого чутливо реагує на порушення нормального гідрохімічного режиму, запускаючи цілий каскад адаптаційних механізмів, які на тканинному рівні проявляються зміною органометричних показників зябрового апарату. Також до таких адаптаційних механізмів можна віднести наявність



gills, in particular, the detection of mucus between the lamellae and the curvature of their terminals.

Pathologies such as hyperplasia of the epithelium of the gill filaments, fusion of lamellae, and the presence of necrosis centers can indicate a too high load of external factors on fish, as a result of which the adaptive capabilities and general resistance of the body decrease, which leads to irreversible changes.

Based on the obtained data, we can assume that living conditions for Prussian carp were most comfortable near the village of Novoselivka, and the largest level of anthropogenic pressure is experienced by the fish population near the city of Novomoskovsk.

деяких патологій зябер, зокрема виявлення слизу між ламелами та викривлення їх терміналей.

Такі патології, як гіперплазія епітелію зябрових пелюсток, злиття ламел та наявність осередків некрозу, можуть свідчити про надто високе навантаження на рибу зовнішніх чинників, в результаті якого адаптаційні можливості та загальна резистентність організму знижуються, що і призводить до зворотних змін.

Аналізуючи отримані дані, можна припустити, що умови існування для карася сріблястого є найбільш комфортними поблизу с. Новоселівка, а найвищого рівня антропогенного навантаження зазнає популяція риб поблизу м. Новомосковськ.

## REFERENCES

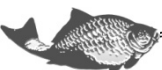
1. Anisimova, L. B., Vychuzhanina, T. F., & Kokoshko, A. I. (2010) Analiz ekolohichnoho stanu poverkhnevyykh vod Prydniprovia. *Ekolohiia i pryrodokorystuvannia*, 13, 27-31.
2. Arsan, O. M., Davydov O. A., & Diachenko, T. M. et al. (2006). *Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnevyykh vod*. Kyiv: LOHOS.
3. Berezutskyi, V. V., et al. (2016). *Ekolohiia*. Kharkiv: KhPI.
4. Hrynevych, N. I., Sliusarenko, A. O., Khomiak, O. A., Prysiazhniuk, N. M., Mykhalskyi, O. R., Trofymchuk, A. M., Zharchynska, V. S., & Pavusko, Z. A. (2021). *Ikhtiopatolohiia: metodychni vkazivky do vykonannia praktychnykh robit dlia studentiv pershoho (bakalavrskoho) rivnia vyshchoi osvity spetsialnosti 207 Vodni bioresursy ta akvakultura*. Bila Tserkva.
5. Horbatiuk, L. O. (2010). Fiziolo-ho-biokhimichna reaktsiia ryb na diu pestytsydiv. *Hidrobiolohichni zhurnal*, 46, 2, 83-94.
6. Zhydenko, A. O., Bibchuk, K. V., &

## ЛІТЕРАТУРА

1. Анісімова Л. Б., Вичужаніна Т. Ф., Кокошко А. І. Аналіз екологічного стану поверхневих вод Придніпров'я // Екологія і природокористування. 2010. Випуск 13. С. 27—31.
2. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / Арсан О. М. та ін. ; ред. Романенко В. Д. Київ : ЛОГОС, 2006. С. 400.
3. Екологія : навч. посіб. / Березуцький В. В. та ін. Харків : ХПІ, 2016. 420 с.
4. Іхтіопатологія : методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 207 — «Водні біоресурси та аквакультура» / Гриневич Н. Є. та ін. Біла Церква, 2021. 145 с.
5. Горбатюк Л. О. Фізіолого-біохімічна реакція риб на дію пестицидів // Гідробіологічний журнал. 2010. Т. 46, № 2. С. 83—94.
6. Жиденко А. О., Бібчук К. В., Паперник В. В. Чутливість та стійкість коропових риб до дії гербіцидів (огляд) // Гідробіологічний журнал. 2019. Т.



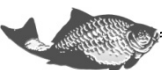
- Papernyk, V. V. (2019). Chutlyvist ta stiiikist koropovykh ryb do dii herbitysydiv (ohliad). *Hidrobiolohichnyi zhurnal*, 5, 98-112.
7. Klymenko, O. M., Prysiazhniuk, N. M. & Kunovskyi, Yu. V. (2013). Vikovi Zminy parametriv orhanometrii zيابrovoho aparatu sareassius auratus gibelio vloch. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universtyetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy*, 1, 177-181.
8. Kurchenko, V. O., Sharamok, T. S., & Marenkov, O. M. (2021). Histolohichna kharakterystyka ziaber ta nyrok karasia sribliastoho z Zaporizkoho (Dniprovs-koho) vodoskhovyshcha. *Nauk. Zap. Ternop. Nats. Ped. Un-Tu. Ser. Biol.*, 81, 1-2, 53-58.
9. Maksymova, N. M., Pikarenia, D. S., Or-linska, O. V., & Bohynia, O. S. (2019). Ekolohichna otsinka yakosti poverykhevykh vod baseinu richky Inhulets v serednii techii. *Zbirnyk naukovykh prats Dniprovskoho derzhavnoho tekhnichnoho universtyetu (tekhnichni nauky)*, 1, 34, 137-145.
10. Mashkova, K. A., & Sharamok, T. S. (2022). Analiz vmistu vazhkykh metaliv u vodi ta m'язakh karasia sribliastoho (*Carassius gibelio*) richky Samara Dnipropetrovskoi oblasti. *Visnyk Sumskoho ahrarnoho universtyetu. Seriiia «Ahronomiia i Biolohiia»*, 2 (48), 124-130.
11. Mashkova, K. A., & Sharamok, T. S. (2023). Histolohichna struktura ziaber karasia sribliastoho richky Samara Dni-propetrovskoi oblasti. *Modern problems of science, education and society : 5th International scientific and practical conference. Spc "Sci-conf.com.ua" : proceed*. Kyiv, Ukraine, 28-33.
12. Plichko, V. F., Zakharchenko, I. L., & Rudyk-Leuska, N. Ya. (2013). Promyslovo-biolohichna kharakterystyka sribliastoho karasia Kakhovskoho vodoskhovyshcha. *Rybohospodarska Nauka* 55, № 5. С. 98—112.
7. Клименко О. М., Присяжнюк Н. М., Куновський Ю. В. Вікові зміни параметрів органометрії зябрового апарату *Carassius auratus gibelio* Bloch // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2013. Т. 188, ч. 1. С. 177—181.
8. Курченко В. О., Шарамок Т. С., Маренков О. М. Гістологічна характеристика зябер та нирок карася сріблястого з Запорізького (Дніпровського) водосховища // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. 2021. Т. 81, № 1–2. С. 53—58. (Серія : Біологія).
9. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну річки Інгулець в середній течії / Максимова Н. М. та ін. // Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки). 2019. Т. 1, № 34. С. 137—145.
10. Машкова К. А., Шарамок Т. С. Аналіз вмісту важких металів у воді та м'язах карася сріблястого (*Carassius gibelio*) річки Самара Дніпропетровської області // Вісник Сумського аграрного університету. 2022. Вип. 2 (48). С. 124—130. (Серія «Агрономія і Біологія»).
11. Машкова К. А., Шарамок Т. С. Гістологічна структура зябер карася сріблястого річки Самара Дніпропетровської області // Modern problems of science, education and society : 5th International scientific and practical conference SPC "Sci-conf.com.ua" : proceed. Kyiv, Ukraine, 2023. P. 28—33.
12. Плічко В. Ф., Захарченко І. Л., Рудик-Леуська Н. Я. Промислово-біологічна характеристика сріблястого карася Каховського водосховища // Рыбогосподарська наука України. 2013. № 1. С. 17—24.



- Ukrainy*, 1, 17-24.
13. Serdiuk, S. M. (2020). Osoblyvosti antropohennoho vplyvu na vody r. Samara. *Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku melioratsii zemel' : mizhnarodna naukovo-praktychna internet-konferentsiia do dnia pamiati doktora heohrafichnykh nauk, profesora Lytovchenka O.F. : materialy*. Dnipro: DDAEU, 90.
  14. Fedonenko, O. V., & Shmahailo, M. O. (2012). Osoblyvosti rostu karasia sribliastoho v umovakh Samarskoi zatoky Zaporizkoho vodoskhovyshcha. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii. Zaporizhzhia: Znu*, 2, 82-90.
  15. Fedonenko, O. V., & Shmahailo, M. O. (2011). Suchasnyi stan populatsii sribliastoho karasia Zaporizkoho vodoskhovyshcha. *Naukovi zapysky ternopilskoho Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Seriya Biolohiia*, 4, 81-84.
  16. Sharamok, T. S., Yesipova, N. B., & Kolesnyk, N. L. (2017). Patomorfologichni ta tsytometrychni pokaznyky klityn chervonoj krovi dvolitok karasia sribliastoho (*Carassins auratus gibelio* (Bloch, 1782) za umov intoksykatsii ionamy midi. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 3, 98-108.
  17. Sharamok, T. S., Fedonenko, O. V., Kurchenko, V. O., & Nikolenko, Yu. V. (2019). Hidroekolohichna otsinka zaporizkoho vodoskhovyshcha. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii*, 24, 2, 147-161.
  18. Bolotova, N. L., & Konovalov, A. F. (2003). Morphopathologic analysis of zander (*Stizostedion lucioperca* L.) in Beloe Lake. *Abstr. 28 Congress of International Association of Theoretical and Applied Limnology, Melbourne, 2001. Pt. 3 : Int. Ver. Theor. Und angew. Limnol*, 3, 1609-1612.
  19. Lazaras, Asha D., Mishra, P. K., & Khasdeo, K. (2004). Histopathological study of neemax induced gills of *Rasbora daniconius*. *J. Exp. Zool. India*, 7, 361-364.
  20. Mohamed Fatma A. Histopatological
  13. Сердюк С. М. Особливості антропогенного впливу на води р. Самара // Сучасний стан та перспективи розвитку меліорації земель : Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. до дня пам'яті доктора географічних наук, професора Литовченка О.Ф. : матер. Дніпро : ДДАЕУ, 2020. С. 90.
  14. Федоненко О. В., Шмагайло М. О. Особливості росту карася сріблястого в умовах Самарської затоки Запорізького водосховища // Питання біоіндикації та екології. 2012. Вип. 17, № 2. С. 82—90.
  15. Федоненко О. В., Шмагайло М. О. Сучасний стан популяції сріблястого карася Запорізького водосховища // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. 2011. № 4. С. 81—84. (Серія : Біологія).
  16. Шарамок Т. С., Єсіпова Н. Б., Колесник Н. Л. Патоморфологічні та цитометричні показники клітин червоної крові дволіток карася сріблястого (*Carassius auratus gibelio* (Bloch, 1782) за умов інтоксикації іонами міді // Рибогосподарська наука України. 2017. № 3. С. 98—108.
  17. Гідроєкологічна оцінка запорізького водосховища / Шарамок Т. С. та ін. // Питання біоіндикації та екології. 2019. Вип. 24, № 2. С. 147—161.
  18. Bolotova N. L., Konovalov A. F. Morphopathologic analysis of zander (*Stizostedion lucioperca* L.) in Beloe Lake // 28 Congress of International Association of Theoretical and Applied Limnology, Melbourne, 2001 : abstr. Pt. 3 : Int. Ver. Theor. Und angew. Limnol, 2003. Pft. 3. P. 1609—1612.
  19. Lazaras Asha D., Mishra P. K., Khasdeo K. Histopathological study of neemax induced gills of *Rasbora daniconius* // J. Exp. Zool. India. 2004. Vol. 7, № 2. P. 361—364.
  20. Mohamed Fatma A. Histopatological



- 2, 361-364.
20. Mohamed, Fatma A. (2009). Histopathological Studies on *Tilapia zillii* and *Solea vulgaris* from Lake Qarum, Egypt. *World journal of Fish and Marine Sciences*, 1 (1), 29-39.
21. Ortiz, Juan B., Gonzalez de Canales, M. Luiza, Sarasquete, Carmen. (2003). Histopathological changes induced by lindane ( $\gamma$ -HCH) in various organs of fishes. *Sci. mar.*, 67, 1, 53-61.
22. Parashar, R. S., & Banerjee, T. K. (2002). Toxic impact of lethal concentration of lead nitrate on the gills of air-breathing catfish (*Heteropneustes fossilis* (Bloch)). *Ver. Arh.*, 72, 3, 167-183.
23. Rosidah, Maria Dewi Yunita, Isni, Nurruhwati, Achmad Rizal. (2020). Histopathological changes in gold fish (*Carassius auratus* (Linnaeus, 1758)) infected by *Aeromonas hydrophila* bacteria with various densities. *World Scientific News*, 150-168.
24. Regionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Dnipropetrovskii oblasti za 2019 rik (2019). *adm.dp.gov.ua*. Retrieved from: <https://adm.dp.gov.ua/storage/app/uploads/public/605/06f/47b/60506f47bd-3cb255698190.pdf>.
- Studies on *Tilapia zillii* and *Solea vulgaris* from Lake Qarum, Egypt // *World journal of Fish and Marine Sciences*. 2009. № 1 (1). P. 29—39.
21. Ortiz Juan B., Gonzalez de Canales M. Luiza, Sarasquete Carmen. Histopathological changes induced by lindane ( $\gamma$ -HCH) in various organs of fishes // *Sci. mar.* 2003. Vol. 67, № 1. P. 53—61.
22. Parashar R. S., Banerjee T. K. Toxic impact of lethal concentration of lead nitrate on the gills of air-breathing catfish (*Heteropneustes fossilis* (Bloch)) // *Ver. Arh.* 2002. Vol. 72, № 3. P. 167—183.
23. Rosidah Maria Dewi Yunita, Isni Nurruhwati, Achmad Rizal. Histopathological changes in gold fish (*Carassius auratus* (Linnaeus, 1758)) infected by *Aeromonas hydrophila* bacteria with various densities // *World Scientific News*. 2020. P. 150—168.
24. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2019 рік. URL : <https://adm.dp.gov.ua/storage/app/uploads/public/605/06f/47b/60506f47bd3cb255698190.pdf> (дата звернення : 01.08.2023).





## ICHTHYOPATHOLOGY / ІХТІОПАТОЛОГІЯ

Ribogospod. nauka Ukr., 2023; 3(65): 119-133  
DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2023.03.119>  
UDC 597-12:597.554.3

Received: 04.07.23  
Received in revised form: 10.08.23  
Accepted: 05.09.23

### PECULIARITIES OF LIGULOSIS OF BREAM (*ABRAMIS BRAMA* LINNAEUS, 1758) AND ROACH (*RUTILUS RUTILUS* LINNAEUS, 1758) IN THE DNIPRO (ZAPORIZHZHIA) RESERVOIR

### ОСОБЛИВОСТІ ЛІГУЛЬОЗУ ЛЯЦА (*ABRAMIS BRAMA* LINNAEUS, 1758) ТА ПЛІТКИ (*RUTILUS RUTILUS* LINNAEUS, 1758) У ДНІПРОВСЬКОМУ (ЗАПОРІЗЬКОМУ) ВОДОСХОВИЩІ

**V. Sydorenko**, gidrobiolog1@gmail.com,  
Oles Honchar Dnipro National University,  
Dnipro

**O. Marenkov**, gidrobions@gmail.com,  
Oles Honchar Dnipro National University,  
Dnipro

**В. С. Сидоренко**, gidrobiolog1@gmail.com,  
Дніпровський національний універси-  
тет імені Олеся Гончара, м. Дніпро

**О. М. Маренков**, gidrobions@gmail.com,  
Дніпровський національний універси-  
тет імені Олеся Гончара, м. Дніпро

**Purpose.** Study of the peculiarities of *ligula* infestation of roach and bream in the Dnipro (Zaporizhzhia) reservoir and the influence of *Ligula intestinalis* on the morphological and cytometric parameters of infected fish species.

**Methodology.** The work presents the generalized results of studies conducted in 2020–2021 during planned test catches. Sampling was carried out along the shoreline of the Dnieper (Zaporizhzhia) reservoir in the lower part of the villages of Viiskove and Mykilske-na-Dnipri, Dnipropetrovsk region, in the summer-autumn period. The morphological study was carried out by carefully examining the surface of the scales and skin cover. Special attention was paid on fins, the amount of mucus, its consistency, color change, the presence of tumors, hemorrhages, ulcers, cysts, large ectoparasites, and the condition of eyes. The parasitological study was carried out by a complete anatomical dissection of the fish according to the classical method. Blood was collected at the catch site from the heart of the fish using a needle and a syringe into a dry test tube for the biochemical serum analysis. Blood was also collected for the preparation of smears and their subsequent microscopy. Blood smears were fixed with methyl alcohol and stained according to Romanovsky's method with Giemsa's

**Meta.** Вивчення особливостей лігульозної інвазії плітки та ляща у Дніпровському (Запорізькому) водосховищі та впливу *Ligula intestinalis* на морфологічні та цитометричні показники заражених видів риби.

**Методика.** У роботі представлені узагальнені результати досліджень, що проводилися впродовж 2020–2021 рр. під час планових контрольованих обловів. Відбір зразків проводили вздовж берегової лінії Дніпровського (Запорізького) водосховища у нижній частині поблизу с. Військове та с. Микільське-на-Дніпрі Дніпропетровської області у літньо-осінній період. При морфологічному дослідженні уважно оглядали поверхню луски та шкірні покриви. Звертали увагу на плавці, на кількість слизу, його консистенцію, зміну забарвлення, наявність пухлин, крововиливів, виразок, цист, крупних ектопаразитів, стан очей. Паразитологічне дослідження проводили шляхом повного анатомічного розтину риби за класичною методикою. Кров для дослідження відбирали на місці вилуви із серця риби за допомогою голки та шприца в суху пробірку для біохімічного аналізу сироватки. Також відбирали кров для виготовлення мазків та їх подальшого мікроскопування. Мазки крові виготовляли за мето-



standard solution. Blood smears were examined by microscopy at a 40x magnification. Blood smears of non-infected fish were used for comparison. Thirty fields of view were examined in each smear.

**Findings.** In the course of the study, a decrease in the weight and condition factor of infected roach and bream was observed, and irreversible pathological changes in the internal organs caused by the mechanical pressure and migration of parasites were recorded. In addition, deviations from the normal values were found in the formed elements of blood. About 24.3% of erythrocytes in infected specimens of bream and roach were deformed: the cell membrane was not clear, erythrocytes had a slightly inflated shape. In some erythrocytes, the nucleus was faintly visible. Infected specimens had more juvenile forms of erythrocytes compared to non-infected fish.

**Originality.** For the first time, a comparative morphological, cytometric analysis of blood during ligulosis infestation of infected specimens of bream and roach in the Dnipro (Zaporizhzhia) reservoir is presented.

**Practical value.** The study of biological, clinical and epizootic peculiarities of parasitic helminths is of urgent interest for both science and fish farming. The obtained results can be implemented in the practical activity of fish farming and used in the development of measures to limit and prevent the development of parasitic diseases among the ichthyofauna of the Dnipro (Zaporizhzhia) reservoir.

**Key words:** bream, roach, ligula, erythrocytes, albumins.

## PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

With the development of the fishery industry in Ukraine, the problems of fish infestation by various parasites, in particular helminths with complex cycles of development, are becoming more and more relevant. Outbreaks of such an invasive disease as ligulosis caused by plerocercoids of the cestode *Ligula intestinalis* are frequently recorded in many natural water bodies [1, 2].

This parasite has a multi-host life cy-

дом Романовського та вивчали за допомогою світлової мікроскопії при збільшенні об'єктива 40x. Як контроль використали мазки крові неінвазованих риб. Опрацьовували 30 полів зору в кожному дослідженому мазку.

**Результати.** В ході проведеного дослідження встановлено зменшення маси та вгодованості інвазованих екземплярів пліток та лящів, зафіксовано незворотні патологічні зміни у внутрішніх органах внаслідок механічного тиску та міграції паразитів. Крім того, виявлено відхилення від норми у формених елементах крові. У інвазованих екземплярів лящів та пліток близько 24,3% еритроцитів деформовані: клітинна оболонка нечітка, еритроцити мали дещо роздуту форму. У деяких еритроцитів слабо проглядалось ядро. Інвазовані екземпляри мали більше молодих форм еритроцитів, ніж зрілих, у порівнянні з контролем.

**Наукова новизна.** Вперше представлений порівняльний морфологічний, цитометричний аналіз крові при лігульозній інвазії заражених екземплярів ляща та плітки у Дніпровському (Запорізькому) водосховищі.

**Практична значимість.** Для науки, як для рибництва важливим є вивчення клінічних, епізоотичних, а також біологічних особливостей паразитичних гельмінтів. Отримані результати можуть бути впроваджені у практичну діяльність рибного господарства та бути використані при розробці заходів з обмеження та попередження розвитку паразитарних захворювань серед іхтіофауни Дніпровського (Запорізького) водосховища.

**Ключові слова:** лящ, плітка, лігула, еритроцити, альбуміни.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

З розвитком рибної промисловості в Україні проблеми інвазованості риби різноманітними паразитами, зокрема гельмінтами зі складними циклами розвитку, стають все більш актуальними. В багатьох природних водоймах часто фіксуються спалахи такого інвазивного захворювання як лігульоз, спричиненого плероцеркоїдами цестоди *Ligula intestinalis* [1, 2].

Цей паразит має багатогосподар-



cle and uses various species of copepods, fish and birds as hosts. Eggs found in the droppings of fish-eating birds develop into free-swimming coracidium larvae when they enter water. These larvae, which are later eaten by copepods, become proceroid larvae inside the copepods. After the second intermediate host such as a fish eats copepods, the proceroid larva attaches itself to the intestinal cavity of the fish and develops there turning into a segmentless plerocercoid larva, and then completes its life cycle in the bird's body [5, 6].

Fish is the most affected host in the life cycle of *L. intestinalis*, as this parasite occupies the body cavity of the fish for several years and causes pathological effects on it [7].

*L. intestinalis* has been registered worldwide in fish belonging to the families of true loaches (*Cobitidae*), salmonids (*Salmonidae*), pikes (*Esoxidae*), flounders (*Pleuronectidae*), catfishes (*Siluridae*), percids (*Percidae*), and gobiids (*Gobiidae*). The most frequently recorded cases of invasion are observed in cyprinids (*Cyprinidae*) [8–10]. Among them, the following species are primarily susceptible to ligulosis: bream (*Abramis brama* Linnaeus, 1758), white bream (*Blicca bjoerkna*, Linnaeus, 1758), roach (*Rutilus rutilus*, Linnaeus, 1758), rudd (*Scardinius erythrophthalmus*, Linnaeus, 1758), crucian carp (*Carassius carassius*, Linnaeus, 1758), common dace (*Leuciscus leuciscus*, Linnaeus, 1758), gudgeon (*Gobio gobio*, Linnaeus, 1758), sunbleak (*Leucaspius delineates*, Linnaeus, 1758), common bleak (*Alburnus alburnus*, Linnaeus, 1758), silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*, Linnaeus, 1758), bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*, Linnaeus, 1758), and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*, Linnaeus, 1758). Most of the above-mentioned fish are typical species

ський життєвий цикл і використовує у ролі господарів різні види копепод, що належать до групи ракоподібних, а також риб і птахів. Яйця, знайдені в посліді птахів, що харчуються рибою, перетворюються на вільно плаваючі личинки-корацидіуми, коли потрапляють у воду. Ці личинки, які пізніше з'їдаються копеподами, стають личинками-процеркоїдами усередині копепод. Після того, як друга проміжна риба-хазяїн з'їсть веслоногих молюсків, личинка-процеркоїд прикріплюється до кишкової порожнини риби та розвивається там, перетворюючись на безсегментну личинку-плероцеркоїд, а потім завершує свій життєвий цикл в організмі птаха [6, 7].

Риба є найбільш ураженим хазяїном у життєвому циклі *L. intestinalis*, оскільки цей паразит займає порожнину тіла риби протягом кількох років і спричиняє патологічний вплив на неї [8].

*L. intestinalis* зареєстровано в усьому світі у риб з родин в'юнових (*Cobitidae*), лососевих (*Salmonidae*), щукових (*Esocidae*), камбалових (*Pleuronectidae*), сомових (*Siluridae*), окуневих (*Percidae*) та бичкових (*Gobiidae*). Найчастіше фіксуються випадки інвазії у представників родини коропових (*Cyprinidae*) риб [9–11]. Серед них до лігульозу в першу чергу сприйнятливі: лящ (*Abramis brama* Linnaeus, 1758), плоскирка (*Blicca bjoerkna* Linnaeus, 1758), плітка (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758), краснопірка (*Scardinius erythrophthalmus* Linnaeus, 1758), карась (*Carassius carassius* Linnaeus, 1758), ялець (*Leuciscus leuciscus* Linnaeus, 1758), пічкур (*Gobio gobio* Linnaeus, 1758), верховка (*Leucaspius delineatus* Linnaeus, 1758), верховодка (*Alburnus alburnus* Linnaeus, 1758), білий (*Hypophthalmichthys molitrix* Linnaeus, 1758) і строкатий товстолобик (*Hypophthalmichthys nobilis* Linnaeus, 1758), білий амур (*Ctenopharyngodon*



of the ichthyofauna of natural and artificial water bodies of Ukraine, primarily reservoirs. In the latter, cases of mass death of juvenile bream as well as other commercial fishes, are regularly registered [11, 15–17]. The cause of the spread of this parasite among pond fish may be an increase in the area of water bodies covered with higher aquatic vegetation [18].

There are data, which show that this invasion leads to a decrease in the haemoglobin content, which affects the weight and condition factor of affected fish. Parasites compress the internal organs of fish (gonads, spleen, liver), as a result of which they become atrophied. In addition to the mechanical effect on the internal organs of fish, *L. intestinalis* causes intoxication of the body causing metabolic disorders, a sharp decrease in productivity and the level of reproduction [2].

Large-scale studies on the distribution of *L. intestinalis* were carried out in China back in the 1980s [12]. There is also information in the literature about the invasion of *L. intestinalis* in sardine *Engraulicypris sardella* — an endemic of the cyprinid family in the Lake Nyasa [13].

In reservoirs of the Dnipro cascade, the bream (*Abramis brama*) is most severely affected by parasites. During the pathological autopsy of the bream, single nematodes of the *Philometridae* family and cestodes *L. interstinalis* in the quantity of 2–4 specimens per fish were found in the abdominal cavity with the prevalence of 30%. Sick bream with an average weight of 250 g and impaired swim bladder function caused by filling of the abdominal cavity with ligula was most frequently found in the middle and lower parts of the Kyiv and Kremenchug reservoirs [14].

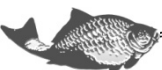
On the territory of Ukraine, three conditional risk zones of ligulosis invasion have been defined: unfavorable, threatening and

*idella*, Linnaeus, 1758). Більшість із вищезгаданих риб є типовими представниками іхтіофауни природних та штучних водойм України, насамперед — водосховищ. У останніх регулярно реєструють випадки масової загибелі молоді ляща, а також інших промислових риб [12, 16–18]. Причиною розповсюдження даного паразита серед ставових риб може бути збільшення площі заростання водойм вищою водною рослинністю [19].

Є дані, згідно з якими відомо, що дана інвазія призводить до зменшення вмісту гемоглобіну, що позначається на масі і вгодованості риб. Паразити здавлюють внутрішні органи риб (статеві залози, селезінку, печінку), в результаті чого вони атрофуються. Крім механічного впливу на внутрішні органи риб, *L. intestinalis* викликає інтоксикацію організму, спричиняючи порушення обміну речовин, різке зниження продуктивності і рівня відтворення [2].

Широкомасштабні дослідження з вивчення поширення *L. intestinalis* були проведені у Китаї ще у 80-х рр. ХХ ст. [13]. Також в літературних джерелах є інформація про інвазію *L. intestinalis* у сардини *Engraulicypris sardella* — ендеміка родини корошових *Cyprinidae* в озері Ньяса [14].

У водосховищах Дніпровського каскаду найбільш сильно уражений паразитами лящ (*Abramis brama*). При патологоанатомічному розтині у ляща у черевній порожнині були виявлені поодинокі нематоди родини *Philometridae* та цестоди *Ligula interstinalis* у кількості 2–4 екз./рибу, при екстенсивності інвазії 30%. Хворий лящ з середньою масою 250 г та порушеною функцією плавального міхура, викликаною заповненням черевної порожнини лігулою, частіше зустрічається в середній та нижній частинах Київського та Кременчуцького водосховищ [15].



temporarily favorable territories. [4].

There are 5 regions of Ukraine currently classified as unfavorable area: Rivne with an infestation level of 3.1%, Zhytomyr — 7%, Khmelnytsky — 0.4%, Cherkasy — 0.08% and Kirovohrad — 0.2%.

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

The study of the morphology of the formed elements of blood during ligulosis as well as blood analysis are of scientific and practical interest. Since blood is a unique liquid tissue of the body, which should be considered together with the organs in which the development and destruction of the formed elements of blood takes place, in order to have a general idea of the degree of functioning of the fish body as a whole. Blood is in constant contact with all components of the body, thanks to which its transport function is ensured.

Blood is known to perform respiratory, trophic, excretory, homeostatic functions, as well as regulatory, thermoregulatory and protective functions. As a result of parasitic infestation, most of them may be impaired. Therefore, by studying the changes of the formed elements and the main biochemical parameters, it is possible to get a general idea of the pathogenesis of ligulosis and the degree of effect of *L. intestinalis* on the body of fish.

Therefore, the aim of the work was to study the peculiarities of ligulosis infestation in bream (*Abramis brama*, Linnaeus, 1758) and roach (*Rutilus rutilus*, Linnaeus, 1758) from the Dnipro (Zaporizhzhia) reservoir. In particular, the effect of *L. intestinalis* on morphological and cytometric parameters of infected fish.

На території України визначено три умовні зони ризику лігульозної інвазії: неблагополучну, загрозливу та тимчасово благополучну території. До неблагополучних регіонів віднесено 5 областей: Рівненську з рівнем інвазованості 3,10%; Житомирську — 7,00%; Хмельницьку — 0,4%; Черкаську — 0,08%; Кіровоградську — 0,20% [4].

### ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Науковий та практичний інтерес становить вивчення морфології формених елементів при лігульозній інвазії, а також аналіз крові. Адже кров — це унікальна рідка тканина організму, яку слід розглядати в сукупності із органами, у яких відбувається утворення та руйнування формених елементів крові, для того, щоб мати загальне уявлення про ступінь функціонування організму риб в цілому. Кров здійснює постійний контакт із усіма компонентами організму, завдяки чому забезпечується її транспортна функція.

Відомо, що кров виконує дихальну, трофічну, екскреторну, гомеостатичну, функції, а також регуляторну, терморегуляторну та захисну функції. Внаслідок паразитичної інвазії можливе порушення більшості з них. Тому, досліджуючи зміни формених елементів та головних біохімічних показників, можна отримати загальне уявлення про патогенез лігульозу та ступінь впливу його збудника — лігули (*Ligula Intestinalis*) на організм риб.

Отже, метою роботи було дослідження особливостей лігульозної інвазії у ляща (*Abramis brama* Linnaeus, 1758) й плітки (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) з Дніпровського (Запорізького) водосховища, зокрема, впливу лігули (*Ligula intestinalis*) на морфологічні та цитометричні показники заражених видів риб.



## MATERIALS AND METHODS

The collection of fish was carried out in 2020-2021 during scheduled test catches using gill nets. Sampling was carried out along the shoreline of the Dnipro (Zaporizhzhia) reservoir in the lower part near the village of Viiskove — 48.170168, 35.174083 and village Mykilske-na-Dnipri — 48.206001, 35.180628, Dnipropetrovsk region, in the summer-autumn period (Fig. 1).

The studied fish were sexually mature, mostly of age-3+.

The morphological study involved careful examination of the surface of scales and skin. The attention was paid to fins, the amount of mucus, its consistency, color change, the presence of tumors, hemorrhages, ulcers, cysts, large ectoparasites, and the condition of the eyes. When examining the gills, the shape and structure of the gill filaments, the degree of their sliminess, and color were noted. The oral cavity was examined separately.

Fish were weighed and measured for the total length (FL) and standard length (SL) to further determine the condition

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Відбір риби здійснювали впродовж 2020 – 2021 рр. під час планових контрольованих обловів ставними сітками. Відбір зразків проводили вздовж берегової лінії Дніпровського (Запорізького) водосховища у нижній частині поблизу с. Військове — 48.170168, 35.174083 та с. Микільське-на-Дніпрі — 48.206001, 35.180628, Дніпропетровської області у літньо-осінній період (рис. 1).

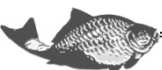
Риба, яка досліджувалася, була статевозрілою, переважно вікових категорій 3+.

У ході морфологічного дослідження уважно оглянули поверхню луски та шкірні покриви. Звертали увагу на плавці, на кількість слизу, його консистенцію, зміну забарвлення, наявність пухлин, крововиливів, виразок, цист, великих ектопаразитів, стан очей. Оглядаючи зябра, відмічали форму, структуру зябрових пелюсток, ступінь їхнього ослизнення, колір. Окремо оглядали ротову порожнину.

Риб зважували та вимірювали зоологічну (загальну) довжину тіла (L) та



Fig. 1. Fish sampling sites



factor of infected and non-infected fish.

Fish were immobilized by destroying the myelencephalon with a dissecting needle. Parasitological examination was carried out by a complete anatomical dissection of fish according to the method of K. I. Skryabin [5]. An abdominal dissection was performed with an incision from the anus to the head. Each organ was prepared and separated for further analysis. The collected organs were examined by the dry method.

Blood was also collected for the preparation of smears and their subsequent microscopy examination. Blood was collected at the place of fish catch from the caudal vein with a needle and a syringe. Blood smears were fixed with methyl alcohol and stained according to Romanovsky's method with Giemsa's standard solution [5]. Blood smears were examined by light microscopy using a SIGETA MB-115 SE microscope at a magnification of 40x. Blood smears of non-infected fish were used as controls. Thirty fields of view were examined in each smear.

The following parameters were determined: large longitudinal (D) and small transverse (d) diameters of mature erythrocytes, erythrocyte area (S), erythrocyte nuclear area (s), nuclear-cytoplasmic ratio (s/S), percentage of mature erythrocytes (ME).

Statistical processing of the obtained data was carried in MS Excel 2010 and Statistica 6.0. To assess the difference between the samples, we used the Student's t-test at the level of  $p \leq 0.05$ . Study results are presented in the form of mean values with standard errors  $M \pm m$ .

промислому довжину (l) для подальшого визначення коефіцієнта вгодваності інвазованих та неінвазованих риб.

Імобілізацію риб здійснили шляхом руйнування довгастого відділу головного мозку препарувальною голкою. Паразитологічне дослідження проводили шляхом повного анатомічного розтину риби за методикою К. І. Скрябіна [5]. Здійснювали розтин черевної порожнини розрізом, який починали від анального отвору та спрямовували до голови. Для подальшого аналізу препарували та відокремлювали кожен орган. Відібрані органи досліджували сухим способом.

Також відбирали кров для виготовлення мазків та їх подальшого мікроскопування. Відбір проводили на місці вилову із хвостової вени за допомогою голки та шприца. Мазки крові фіксували метиловим спиртом і фарбували за методом Романовського стандартним розчином Гімзи [5]. Мазки крові досліджували шляхом світлової мікроскопії за допомогою мікроскопа «SIGETA MB-115 SE», при збільшенні об'єктива 40x. В якості контролю використали мазки крові неінвазованих риб. Продивлялись 30 полів зору в кожному мазку.

При цьому визначали наступні показники: великий повздовжній (D) та малий поперечний (d) діаметри зрілих еритроцитів, площу еритроцита (S), площу ядра еритроцита (s), ядерно-цитоплазматичне співвідношення (s/S), відсоток зрілих еритроцитів (ЗЕ).

Статистичне опрацювання отриманих даних здійснювали із застосуванням програми «Excel 2010» та «Statistica 6.0». Для оцінки різниці між вибірками використовували t-критерій Ст'юдента при рівні значущості  $p \leq 0,05$ . Результати досліджень представлено у вигляді середніх значень та стандартних похибок  $M \pm m$ .



## STUDY RESULTS AND THEIR DISCUSSION

During this period, 47 infected specimens of bream out of 125 analyzed and 52 out of 230 analyzed specimens of roach affected by *L. intestinalis* were found.

The study was carried out at the infestation intensity in bream of  $1.61 \pm 0.07$ , and prevalence of 37.5%. In roach, these two parameters were  $1.21 \pm 0.06$  and 22.6%, respectively.

It should be noted that the fish affected by the helminth during the catch most often remained near the water surface and behaved very lethargic. The reason for this may be the accumulation of plerocercoids in the front part of the abdomen. In the infected specimens, a blown abdomen was found in almost all the studied individuals.

The condition factor is a parameter, which characterizes the fattening of fish and allows noting fluctuations in food supply. Fulton's condition factor for experimental groups of infected bream was  $1.7 \pm 0.2$  (for an average SL of  $20.5 \pm 1.32$  cm and an average weight of  $1.509 \pm 0.03$  kg). In the group of non-infected fish, this parameter was equal to  $1.8 \pm 0.12$  (for the average SL of  $21.4 \pm 1.02$  cm and the average weight of  $1.907 \pm 0.13$  kg). The value of this parameter was  $2.59 \pm 0.25$  in the infected roach individuals (for the average SL of  $11.01 \pm 0.31$  cm and the average weight of  $0.302 \pm 0.59$  kg). At the same time, in non-infected individuals, the condition factor was  $2.63 \pm 0.6$  (for the average SL of  $11.53 \pm 1.52$  cm and the average weight of  $0.312 \pm 0.17$  kg). However, weight loss in studied fish may indicate deterioration of nutrition due to invasion.

The ichthyopathological analysis of the studied samples of bream and roach showed the presence of white and light-yellow flatworms of 0.5 to 1.2 cm wide and

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За цей час було виявлено 47 інвазованих екземплярів ляща зі 125 опрацьованих та 52 (з 230 опрацьованих) екземпляри плітки уражених плоским червом *Ligula intestinalis*.

Дослідження здійснювали за інтенсивності інвазії у лящів на рівні  $1,61 \pm 0,07$  та її екстенсивності — 37,5%. У плітки ці два показники становили  $1,21 \pm 0,06$  та 22,6% відповідно.

Слід зазначити, що під час відлову було зафіксовано, що уражена гельмінтом риба найчастіше тримається біля поверхні води і поводить себе дуже мляво. Причиною цього може бути скупчення в передній частині черевця плероцеркоїдів. У інвазованих екземплярів було виявлено роздуте черевце майже у всіх досліджених особин.

Коефіцієнт вгодованості — показник, що характеризує вгодованість риби та дозволяє відмічати коливання у забезпеченості кормом. Коефіцієнт вгодованості за Фультоном для дослідних груп інвазованих лящів становив  $1,7 \pm 0,2$  за середньої промислової довжини  $20,5 \pm 1,32$  см та середньої маси  $1,509 \pm 0,03$  кг). У контрольній групі серед неінвазованих риб цей показник був рівним  $1,8 \pm 0,12$  (за середньої промислової довжини  $21,4 \pm 1,02$  см та середньої маси  $1,907 \pm 0,13$  кг). У інвазованих особин плітки значення даного показника складало  $2,59 \pm 0,25$  (за середньої промислової довжини  $11,01 \pm 0,31$  см та середньої маси  $0,302 \pm 0,59$  кг). Водночас, у неінвазованих особин коефіцієнт вгодованості перебував на рівні  $2,63 \pm 0,6$  (за середньої промислової довжини  $11,53 \pm 1,52$  см й середньої маси  $0,312 \pm 0,17$  кг). Проте зниження маси у інвазованих риб може свідчити про погіршення живлення через інвазію.





7 to 10 cm long in the abdominal cavity. The detected parasites were identified with the aid of O. P. Markevich's identification keys [3]. The presence of parasites in the abdominal cavity led to the occurrence of pathologies in the internal organs of the studied fish — liver, spleen, gonads. For example, due to mechanical pressure, the gonads became atrophied, changed their natural size, color and shape. Another example of the above-mentioned processes is that the liver lobes were unevenly colored, their sizes, compared to those in non-infected individuals, were increased. In addition, areas of necrosis and haemorrhages were present in the liver of infected fish.

During the localization of parasites in the intestines of fish, haemorrhages, areas of necrosis and inflammatory processes were also found.

Examination of blood smears of infected and non-infected fish, attention was paid to the number of formed blood elements, their structure, shape, size and location of the nucleus. The majority of erythrocytes of non-infected bream specimens were characterized by an ellipsoidal shape with a well-defined membrane. The presence of a small number of juvenile forms of erythrocytes was observed. In them, the nucleus was clearly defined, oval in shape, located in the center of the cell. In the infected specimens of fish, 24.3% of erythrocytes were deformed: cells of a slightly inflated shape, with an unclear membrane (Fig. 2). Some erythrocytes of infected fish has their nucleus faintly visible.

Similar to the above, the clinical picture was also observed in infected roach with an invasion intensity of  $1.21 \pm 0.06$ . In the examined group of bream, the longitudinal and transverse diameters were  $13.21 \pm 1.07 \mu\text{m}$  and  $7.3 \pm 0.04 \mu\text{m}$ , respec-

При проведенні іхтіопатологічного аналізу досліджених зразків ляща та плітки були виявлені у черевній порожнині плоскі черви білого та світло-жовтого кольору, шириною від 0,5 до 1,2 см та довжиною 7–10 см. Виявлених паразитів ідентифікували за допомогою визначника Маркевича О. П. [3]. Наявність паразитів у черевній порожнині зумовлювала виникнення у інвазованих риб патології з боку внутрішніх органів — печінки, селезінки, гонад. Наприклад, гонади внаслідок механічного тиску атрофуються, змінюють свої природні розміри, колір та форму. Іншим прикладом вищезазначених процесів є те, що печінкові долі нерівномірно забарвлені; їх розміри, порівняно з такими у неінвазованих особин, збільшені. Крім того, в печінці інвазованих риб наявні зони некрозу та крововиливу.

Під час локалізації паразитів у кишечнику риб також виявлено крововиливи, зони некрозу та подекуди запальні процеси.

Здійснюючи мікроскопування мазків крові інвазованих та неінвазованих риб звертали увагу на кількість формених елементів крові, їхню структуру, форму, розміри та розташування ядра. Більшість еритроцитів неінвазованих особин ляща характеризувались еліпсоїдною формою з чітко вираженою оболонкою. Спостерігалась наявність невеликої кількості молодих форм еритроцитів. В них ядро було чітко виражене, овальної форми, розміщувалось в центрі клітини. У інвазованих екземплярів риб 24,3% еритроцитів були деформовані: клітини дещо роздутої форми, з нечіткою оболонкою (рис. 2). У деяких еритроцитів інфікованих риб слабо проглядалось ядро.

Схожа до вищезазначеної клінічна картина спостерігалася й у інвазованих особин плітки при інтенсивності інвазії



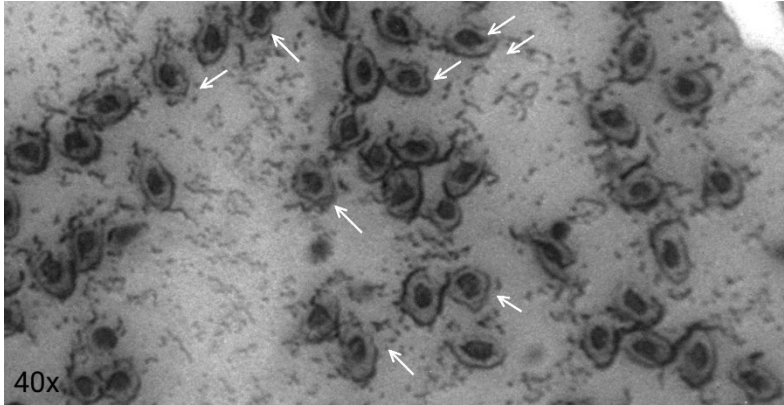


Fig. 2. Erythrocytes of infected common bream (*Abramis brama*, Linnaeus, 1758). Arrows show erythrocytes with a deformed plasmatic membrane

tively, while those of roach were  $11.8 \pm 1.1 \mu\text{m}$  and  $6.4 \pm 0.54 \mu\text{m}$  (Table 1).

The study showed that the areas of erythrocytes and nuclei did not differ significantly in infected and non-infected fish. However, there was an increase in the nuclear-cytoplasmic ratio of erythrocytes in bream and roach. Thus, this parameter increased by 5% in the group of infected bream and by 10% in the group of infected roach. An increase in the nucleus mass in the cell may indicate the transition to mitotic cell division.

The study showed more juvenile forms of erythrocytes than mature ones in the in-

1,21 $\pm$ 0,06. У групі інвазованих лящів повздовжній та поперечний діаметри становили відповідно 13,21 $\pm$ 1,07 мкм та 7,3 $\pm$ 0,04 мкм, тоді як у плітки — 11,8 $\pm$ 1,1 та 6,4 $\pm$ 0,54 мкм (табл. 1).

У ході досліджень виявлено, що площі еритроцитів та ядер несуттєво відрізняються у риб з інвазованої та неінвазованої груп. Втім, спостерігається збільшення ядерно-цитоплазматичного співвідношення еритроцитів у ляща та плітки. Так, у інвазованій групі ляща даний показник зріс на 5%, а у дослідній групі плітки зростання було на 10%. Збільшення маси ядра у клітині може

Table 1. Cytometric parameters of some formed blood elements of bream (*Abramis brama*) and roach (*Rutilus rutilus*)

Parameters	Bream ( <i>Abramis brama</i> ) 3+, Dnipro Reservoir		Roach ( <i>Rutilus rutilus</i> ) 3+, Dnipro Reservoir	
	Infected	Non-infected	Infected	Non-infected
Large longitudinal diameter (D), $\mu\text{m}$	13.21 $\pm$ 1.07	13.54 $\pm$ 2.2	11.8 $\pm$ 1.1	12.31 $\pm$ 0.84
Small transverse diameter (d), $\mu\text{m}$	7.3 $\pm$ 0.04	7.9 $\pm$ 1.91	6.4 $\pm$ 0.54	7.1 $\pm$ 3.62
Erythrocyte area (S), $\mu\text{m}^2$	87.9 $\pm$ 0.62	89.8 $\pm$ 1.6	88.7 $\pm$ 0.71	89.3 $\pm$ 1.67
Erythrocyte nucleus area, $\mu\text{m}^2$	17.02 $\pm$ 0.82	16.36 $\pm$ 2.24	17.51 $\pm$ 1.12	16.85 $\pm$ 1.23
Nuclear-cytoplasmic ratio (s/S)	0.19 $\pm$ 1.08	0.18 $\pm$ 2.82	0.21 $\pm$ 2.63	0.19 $\pm$ 0.07
Juvenile erythrocytes, %	28 $\pm$ 0.43	12 $\pm$ 0.76	33 $\pm$ 0.16	14 $\pm$ 0.37
Total leukocyte count, pieces in the field of vision	17 $\pm$ 0.23	23 $\pm$ 1.92	13 $\pm$ 1.12	21 $\pm$ 1.78
Leukoerythroblastic ratio, %	13.6 $\pm$ 1.41	31.4 $\pm$ 1.23	15.2 $\pm$ 0.84	29.12.8*

Note: \* — the difference between parameters is significant,  $p \leq 0.05$ .



fectured fish compared to non-infected ones (Fig. 3). For example, only 12% of juvenile erythrocytes were observed in non-infected bream and 14% in non-infected roach. At the same time, infected individuals of bream had 28% juvenile erythrocytes, while infected individuals for roach had 33% of juvenile erythrocytes. In turn, this may indicate a lack of oxygen in the body of the affected fish. The latter may be caused by impairment in the functioning of adult forms of erythrocytes or by intoxication of the fish body with products of the vital activity of parasites, which leads to an impairment of metabolism and mitotic division of cells.

In the examined blood smears, lymphocytes were characterized by very large nuclei, which occupied almost the entire volume of the cell (Fig. 4). The total number of leukocytes in the field of view was  $17 \pm 0.23$  pieces on a slide for bream, which was 35% less than in the non-infected group. For roach, this parameter was

свідчити про перехід до мітотичного поділу клітин.

За даними досліджень встановлено, що у досліді більше молодих форм еритроцитів, ніж зрілих, у порівнянні з неінвазованою групою (рис. 3). Так, у контролі на молоді еритроцити припадало лише 12% у лящів та 14% — у плітки. Водночас, у інвазованих особини ляща 28% становили молоді еритроцити, а у інвазованих особин плітки вони склали 33%.

У дослідних мазках крові лімфоцити характеризувалися дуже великим ядром, яке займало майже весь об'єм клітини (рис. 4). Загальна кількість лейкоцитів в полі зору становила  $17 \pm 0,23$  штук на предметному скельці у лящів, що на 35% менше, ніж у неінвазованій групі. Для плітки цей показник становив  $13 \pm 1,12$  штук на предметному скельці, що на 62% менше, ніж у групі неінвазованих риб цього виду.

У дорослих риб співвідношення лейкоцитів і еритроblastів знаходилося в

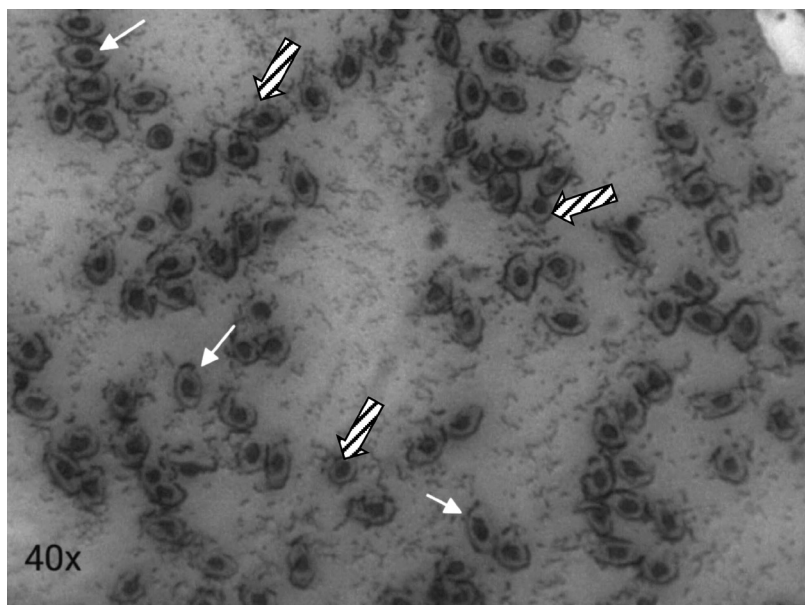


Fig. 3. Erythrocytes of infected common bream (*Abramis brama* Linnaeus, 1758). White arrows indicate mature erythrocytes. Striped arrows indicate immature erythrocytes



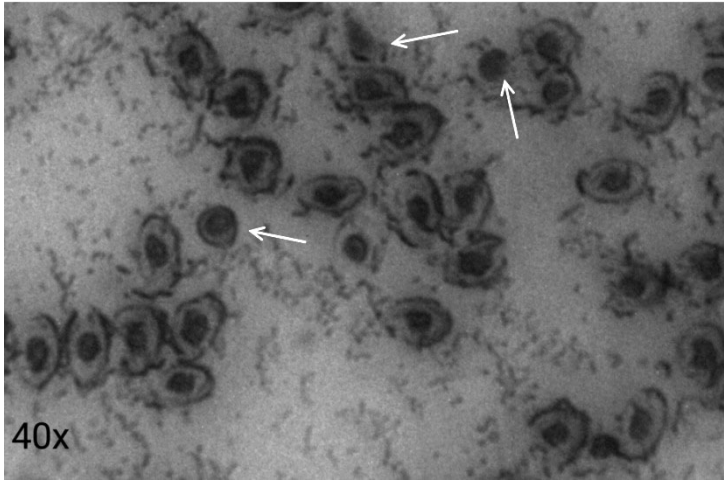


Fig. 4. Lymphocytes of infected common bream (*Abramis brama* Linnaeus, 1758)

13±1.12 pieces on a slide, which was 62% less than in the non-infected group of fish of this species.

In adult fish, the leukocytes to erythroblasts ratio was within 25–35%. It characterizes the ratio of the percentage content of all elements of the lymphoid series to the percentage content of all elements of the erythroid series. In the sample of infected fish, the aforementioned ratio was 13.6% in bream and 15.2% in roach. This was significantly less than in non-infected fish. This parameter may indicate a decrease in immune functions due to invasion to bream and roach by the *L. intestinalis* through a decrease in the count of lymphoid cells. In addition, the heterogeneity of experimental data on the number of leukocytes in the bloodstream can be indicated by the fact that leukocytes easily migrate from the circulatory system to the lymphatic system and vice versa, and are also localized in inflammation sites.

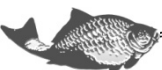
#### CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

Infected specimens of bream (*Abramis brama* Linnaeus, 1758) and roach (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) caught in the

межах 25–35%. Воно характеризує відношення відсоткового вмісту всіх елементів лімфоїдного ряду до відсоткового вмісту всіх елементів еритроїдного ряду. В дослідному зразку вищезгадане співвідношення становило 13,6% у заражених лящів та 15,2% — у плітки. Це значно менше, ніж у неінвазованих групах риб: у лящів даний показник склав 31,4%, а у пліток — 29,1%. Даний показник може свідчити про зниження функцій імунітету, внаслідок ураження лящів та пліток плоским гельмінтом *L. intestinalis*, через зменшення кількості клітин лімфоїдного ряду. Також, на неоднорідність експериментальних даних щодо кількості лейкоцитів у кров'яному руслі може вказувати той факт, що лейкоцити легко мігрують з кровоносної системи до лімфатичної та навпаки, а також локалізуються у місцях запалення.

#### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Інвазовані екземпляри ляща (*Abramis brama* Linnaeus, 1758) та плітки (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758), виловлені у Дніпровському (Запорізькому) водо-



Dnipro (Zaporizhzhia) reservoir are the source of infection of definitive hosts with the parasite tapeworm *L. intestinalis*. The detected pathological changes in the tissues of the infected fish confirm the complex pathological effect of this parasite on the body of the second intermediate host of this tapeworm.

To date, due to the full-scale invasion of the Russian Federation and the destruction of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant, monitoring studies of the parasitofauna of freshwater fish species became complicated. This ecological disaster can cause a change in the parasitocenosis of fish, so the perspective of further studies is a comprehensive study of changes in the biochemical parameters of blood and muscle tissue of fish infected with *L. intestinalis*. First of all, because changes at the biochemical level can affect the organoleptic characteristics of fish products. Therefore, there is a need for detailed studies of the pathogenesis of this invasion at different levels with the aim of both introducing scientifically-based practices into the activities of fish farms and developing measures to limit and prevent the development of parasitic diseases. These measures will primarily be aimed at the ichthyofauna of the Dnipro (Zaporizhzhia) reservoir, but will also be useful in most other reservoirs of Ukraine.

сховищі є джерелом зараження дефінітивних хазяїв паразитичним плоским червом — лігулою (*Ligula intestinalis*). Виявлені патологічні зміни у тканинах інвазованих риб підтверджують комплексний патологічний вплив даного паразита на організм другого проміжного хазяїна цього черва.

На сьогоднішній день через повномасштабне вторгнення Російської Федерації та підриг Каховської гідроелектростанції ускладнено моніторингові дослідження паразитофауни прісноводних видів риб. Дана екологічна катастрофа може спричинити зміну паразитоценозів риб, тому перспективою подальших досліджень є всебічне вивчення зміни біохімічних показників крові та м'язової тканини інвазованих риб гельмінтом лігулою (*Ligula intestinalis*), насамперед через те, що зміни на біохімічному рівні можуть позначитися на органолептичних характеристиках рибної продукції. Отже, виникає потреба в деталізованих дослідженнях патогенезу даної інвазії на різних рівнях як з метою впровадження науково обґрунтованих практик у діяльність рибних господарств, так і для розробки заходів з обмеження та попередження розвитку паразитарних захворювань. Ці заходи в першу чергу будуть спрямовані на іхтіофауну Дніпровського (Запорізького) водосховища, однак на більшості інших водосховищ України також будуть корисними.

## REFERENCES

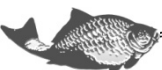
1. Vovk, N. Y., Buchatsky, L. P., & Pyrus, R. I. (2001). Ichthyopathological monitoring of internal reservoirs of Ukraine. *Problems of ichthyopathy: I All-Ukrainian conference materials*. Kyiv, 31-36.
2. Galat, V. F., & Berezovskyi, A. V. (2003). *Parasitology and invasive diseases of animals*. Kyiv: Vyshcha osvita.
3. Arslan, M. Ö., Yilma, M., & Taşçi, G. T.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вовк Н. И., Бучацкий Л. П., Пирус Р. И. Ихтиопатологический мониторинг внутренних водоемов Украины // Проблемы ихтиопатологии : I Всеукр. конф.: тезисы докл. Киев, 2001. С. 31—36.
2. Галат В. Ф., Березовський А. В. Паразитологія та інвазійні хвороби тварин. Київ : Вища освіта, 2003. 241 с.



- (2015). Infections of *Ligula intestinalis* on Freshwater Fish in Kars Plateau of North - Eastern Anatolia, Turkey. *Turkiye Parazitoloj Dergisi*, 39, 218-221.
4. Innal, D., Erk'aka, F., & Keskin, N. (2010). The Dynamics of the *Ligula intestinalis* (Cestoda: Pseudophyllidea) in Three Cyprinid Species [*Alburnus escherichii* Steindachner, 1897; *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758) and *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)] in Camkoru Pond (Ankara-Turkey). *J. Biol. & Chem*, 38(4), 319-324.
  5. Geraudie, P., Boulange-Lecomte, C., Gerbron, M., Hinfrey, N., Brion, F., & Minier, C. (2010). Endocrine effects of the tapeworm *Ligula intestinalis* in its teleost host, the roach (*Rutilus rutilus*). *Parasitology*, 137(4), 697-704.
  6. Innal, D., Erk'aka, F., & Keskin, N. (2007). Distribution of *Ligula intestinalis* (L.) in Turkey. *Turk J Fish Aquat Sci*, 7, 19-22.
  7. Yoneva, A., Scholz, T., Młocicki, D., & Kutcha, R. (2015). Ultrastructural study of vitellogenesis of *Ligula intestinalis* (Diphyllobothriidea) reveals the presence of cytoplasmic-like cell death in cestodes. *Front Zool*, 12, 35.
  8. Bouzid, W., Stefka, J., Hypsa, V., Lek, S., Scholz, T., Lega, I L., Ben, Hassine, O. K., & Loot, G. (2008). Geography and host specificity: two forces behind the genetic structure of the freshwater fish parasite *Ligula intestinalis* (Cestoda: Diphyllobothriidae) *Int J Parasitol*, 38(12), 79.
  9. Loot, G. (2002). The differential effects of *Ligula intestinalis* L. plerocercoids on host growth in three natural populations of roach, *Rutilus rutilus* (L.). *Ecology of Freshwater fish*, 11, 168-177.
  10. Liao, X. H., & Liang, Z. X. (1987). Distribution of ligulid tapeworms in China. *J Parasitol*, 73(1), 36-48.
  11. Gabagamb, N., & Skorping, A. (2018). Spatial and temporal distribution of
  3. Arslan M. Ö., Yilma Z. M., Taşçi G. T. Infections of *Ligula intestinalis* on Freshwater Fish in Kars Plateau of North - Eastern Anatolia, Turkey// *Turkiye Parazitoloj Dergisi*. 2015. № 39. P. 218—221.
  4. Innal D., Erk'aka F., Keskin N. The Dynamics of the *Ligula intestinalis* (Cestoda: Pseudophyllidea) in Three Cyprinid Species [*Alburnus escherichii* Steindachner, 1897; *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758) and *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)] in Camkoru Pond (Ankara-Turkey) Hacettepe // *J. Biol. & Chem*. 2010. № 38(4). P. 319—324.
  5. Endocrine effects of the tapeworm *Ligula intestinalis* in its teleost host, the roach (*Rutilus rutilus*) / Geraudie P. et al. // *Parasitology*. 2010. № 137(4). P. 697—704.
  6. Innal D., Erk'aka F., Keskin N. Distribution of *Ligula intestinalis* (L.) in Turkey // *Turk J Fish Aquat Sci*. 2007. № 7. P. 19—22.
  7. Ultrastructural study of vitellogenesis of *Ligula intestinalis* (Diphyllobothriidea) reveals the presence of cytoplasmic-like cell death in cestodes / Yoneva A. et al. // *Front Zool*. 2015. № 12. P. 35.
  8. Geography and host specificity: two forces behind the genetic structure of the freshwater fish parasite *Ligula intestinalis* (Cestoda: Diphyllobothriidae) / Bouzid W. et al. // *Int J Parasitol*. 2008. № 38(12). P. 79.
  9. Loot G. The differential effects of *Ligula intestinalis* L. plerocercoids on host growth in three natural populations of roach, *Rutilus rutilus* (L.) // *Ecology of Freshwater fish*. 2002. № 11. P. 168—177.
  10. Liao X. H., Liang Z. X. Distribution of ligulid tapeworms in China // *J Parasitol*. 1987. № 73(1). P. 36—48.
  11. Gabagamb N., Skorping A. Spatial and temporal distribution of *Ligula intestinalis* (Cestoda: Diphyllobothriidea) in usipa



- Ligula intestinalis* (Cestoda: Diphylobothriidea) in usipa (*Engraulicypris sardella*) (Pisces: Cyprinidae) in Lake Nyasa. *J Helminthol*, 92(4), 410-416.
12. Buchatsky, L. P., Matvyenko, N. N., & Vashchenko, A. V. (2015). Ichthyopathological situation in reservoirs of the Dnieper Cascade. *Știința agricolă*, 1, 125-128.
  13. Woo, P. T. K. (2006). *Fish Diseases and Disorders. Volume 1: Protozoan and Metazoan Infections Second Edition*. USA: CABI Cambridge.
  14. Noga, E. J. (2010). *Fish disease–diagnosis and treatment*. 2nd edn. Ames, Iowa: USA Wiley-Blackwell.
  15. Kayis, S., Duzgun, A., & Er, A. Bacterial and parasitic pathogens isolated from some wild cyprinid fishes. *El Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5, 763-772.
  16. Yesipova, N. B. (2014). Parasitofauna of fishes of certain small waters of Dnipropetrovsk region. *Modern problems of theoretical and practical ichthyology: VII International ichthyological scientific and practical conference*. Berdyansk, 90-95.
  - (*Engraulicypris sardella*) (Pisces: Cyprinidae) in Lake Nyasa // *J Helminthol*. 2018. № 92(4). P. 410—416.
  12. Бучацкий Л. П., Матвиенко Н. Н., Ващенко А. В. Ихтиопатологическая ситуация на водохранилищах Днепровского каскада // *Știința agricolă*. 2015. Вып. 1. С. 125—128.
  13. Woo P. T. K. *Fish Diseases and Disorders. Vol. 1 : Protozoan and Metazoan Infections Second Edition*. USA : CABI Cambridge, 2006.
  14. Noga E. J. *Fish disease–diagnosis and treatment*. 2nd ed. Ames, Iowa. USA : Wiley-Blackwell, 2010. P. 519.
  15. Kayis S., Duzgun A., Er A. Bacterial and parasitic pathogens isolated from some wild cyprinid fishes // *El Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*. 2018. № 5. P. 763—772.
  16. Єсіпова Н. Б. Паразитофауна риб окремих малих водойм Дніпропетровської області // *Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології : VII Міжнар. іхтіологічна наук.-практ. конф. : тези доп. Бердянськ, 2014*. С. 90—95.



## СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО / YOUNG SCIENTIST PAGE

Ribogospod. nauka Ukr., 2023; 3(65): 134-156  
DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2023.03.134>  
UDC 639.371.64:639.3/.6(477)

Received: 12.05.23  
Received in revised form: 17.06.23  
Accepted: 22.07.23

### MODERN ASPECTS OF PIKEPERCH (*SANDER LUCIOPERCA* LINNAEUS, 1758) AQUACULTURE (A REVIEW)

**O. Polishchuk**, alik93poliwyk@gmail.com,  
Institute of Fisheries NAAS, Kyiv

**M. Simon**, seemann.sm@gmail.com,  
Institute of Fisheries of the NAAS, Kyiv

**Purpose.** To analyze data from special literature on the current state and basic methods of pikeperch (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) aquaculture in Ukraine and other European countries. To determine the differences in technologies for growing this fish species depending on the specifics of the resource provision of aquaculture and regional peculiarities of the functioning of fish farming enterprises in European countries.

**Findings.** The review examines the general principles of aquaculture of pikeperch according to various technological schemes, including in the conditions of ponds and industrial-type farms. The peculiarities of the cultivation of different age groups of this fish species in the specific conditions of the development of aquaculture in Ukraine have been clarified. Some peculiarities of the application of treatment and preventive measures used in the process of its cultivation are described. The problems faced by Ukrainian producers of fish products during the organization of feeding of this percid fish are emphasized. Data from domestic and foreign information sources on productivity, methods of wintering and transportation of this member of the European ichthyofauna are summarized. The main prospects for the further development of pikeperch aquaculture in Ukraine and related problems, in particular in the field of technological support, have been determined.

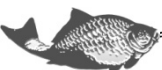
### СУЧАСНІ АСПЕКТИ АКВАКУЛЬТУРИ СУДАКА (*SANDER LUCIOPERCA* LINNAEUS, 1758) (ОГЛЯД)

**О. М. Поліщук**, alik93poliwyk@gmail.com,  
Інститут рибного господарства НААН,  
м. Київ

**М. Ю. Симон**, seemann.sm@gmail.com,  
Інститут рибного господарства НААН,  
м. Київ

**Мета.** Проаналізувати дані спеціальної літератури щодо сучасного стану та основних методів ведення аквакультури судака (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) в Україні та інших країнах Європи. Визначити відмінності технологій вирощування цього виду риб в залежності від специфіки ресурсного забезпечення аквакультури та регіональних особливостей функціонування рибогосподарських підприємств європейських країн.

**Результати.** Розглянуто загальні принципи ведення аквакультури судака (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) за різними технологічними схемами, у тому числі в умовах ставів та господарств індустріального типу. З'ясовано особливості вирощування різних вікових груп цього виду риб у специфічних умовах розвитку аквакультури в Україні. Описано деякі особливості застосування лікувально-профілактичних заходів, що використовуються в процесі його культивування. Наголошено на проблемах, з якими стикаються українські виробники рибної продукції під час організації годівлі цього представника окуневих (Percidae) риб. Підкреслено роль малоцінної іхтіофауни у раціоні цього виду, що у поєднанні з браком комбікормів для хижих видів риб зумовлює розповсюдження біомеліоративного напрямку використання судака в українській аквакультурі, зокрема із введенням його у полікультуру з короповими (Cyprinidae) видами риб. Узагальнено дані





**Practical Value.** The data presented in the review can be used by practitioners of the fish industry and scientists in the field of fisheries in the process of developing pikeperch aquaculture in Ukraine. This will contribute to the improvement of the regulatory and technological base of pond fish farming and increase the efficiency of the development of industrial methods of aquaculture in the farms of different regions of the country. At the same time, the information presented in the review can be used for the training of fisheries specialists during the development of relevant training programs of educational institutions.

**Keywords:** pikeperch (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758), biocontrol effect, pond aquaculture, industrial aquaculture, recirculation aquaculture system (RAS), reservoirs.

## PROBLEM STATEMENT AND ANALYSIS OF LAST ACHIEVEMENTS AND PUBLICATIONS

One of the most promising objects of freshwater aquaculture among predatory fish species is pikeperch (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758). This species is characterized by well-known economic advantages, first of all, high taste qualities of meat and increased demand among the majority of potential consumers, which ensures a high market price for the grown products. At the same time, pikeperch is characterized by increased requirements for ecological factors of the environment and the level of technological support of aquaculture enterprises, which directly affects the efficiency of its cultivation.

The development of strategic plans for the operation of various branches of the economy in European Union countries is usually evaluated from the standpoint of

вітчизняних та закордонних інформаційних джерел щодо продуктивності, методів організації зимівлі й транспортування цього представника європейської іхтіофауни. Визначено основні перспективи подальшого розвитку аквакультури судака в Україні та пов'язані з цим проблеми, зокрема у сфері технологічного забезпечення.

**Практична значимість.** Наведені в огляді дані можуть бути використані практиками рибної галузі та науковцями у сфері рибного господарства в процесі розвитку аквакультури судака (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) в Україні. Це сприятиме удосконаленню нормативно-технологічної бази ставового рибництва та підвищенню ефективності розвитку індустріальних методів аквакультури в господарствах різних регіонів країни. Водночас, представлена в огляді інформація може використовуватись для підготовки спеціалістів рибного господарства під час розроблення відповідних навчальних програм закладів освіти.

**Ключові слова:** судак (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758), біомеліоративний ефект, ставова аквакультура, індустріальна аквакультура, установки замкненого водопостачання (УЗВ), водосховища.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ. МЕТА РОБОТИ

Одним з найбільш перспективних об'єктів прісноводної аквакультури серед хижих видів риб є судак (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758). Цей вид характеризується загальновідомими господарськими перевагами, насамперед високими смаковими якостями м'яса та значним попитом у переважної кількості потенційних споживачів, що забезпечує високу ринкову ціну вирощеної продукції. Водночас, судак відрізняється підвищеними вимогами до екологічних чинників середовища та рівня технологічного забезпечення рибогосподарських підприємств, що безпосередньо позначається на ефективності його культивування.

Формування стратегічних планів функціонування різних галузей економіки в країнах Європейського Союзу



the concept of «sustainable development» proposed at the end of the 20th century, the representatives of world-renowned scientific schools of which often call the «ideology of the 21st century» [1–3]. In Ukraine, since 2019, in accordance with the Presidential Decree, the implementation of the mentioned concept of sustainable development has been introduced in all spheres of the existence of the state, taking into account all its 17 goals [4, 5].

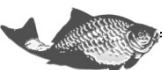
The fisheries industry of Ukraine is one of the important components of the state's economy, where the implementation of the principles of the concept of sustainable development is almost the most logical and necessary. Primarily because among the above-mentioned 17 goals of the concept, in particular, there are the following: «poverty eradication», «good health and well-being», «clean water and adequate sanitation», «decent work and economic growth», «responsible consumption and production», «climate change mitigation» and «conservation of marine resources». In the conditions of Ukraine, adequate achievement of the specified goals can ensure the rational development of the production of various types of aquaculture products. Therefore, there was a need to transform domestic aquaculture taking into account the specific ichthyocenotic and hydroecological peculiarities of different regions of the country in accordance with the concept of sustainable development and the strategy of joining the European Union [2, 4–6].

Pikeperch (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) is a member of the native ichthyofauna of Ukraine and European Union, on the example of aquaculture of which it is possible to trace common and different technological aspects as well as prospects for effective development and «bottlenecks» in the organization of aquaculture-related activities [7–10]. Accordingly, there is a need to analyze the specifics of aquaculture of this species in our country, which is the main goal of this work.

зазвичай оцінюють з позицій запропонованої ще наприкінці ХХ ст. концепції «сталого розвитку», яку представники відомих у світі наукових шкіл часто називають «ідеологією ХХІ століття» [1–3]. В Україні з 2019 р., згідно з указом Президента, запроваджено втілення зазначеної концепції сталого розвитку в усі сфери існування держави з урахуванням усіх її 17 цілей [4, 5].

Рибне господарство України є однією з важливих складових частин економіки держави, де імплементація засад концепції сталого розвитку є чи не найбільш логічною та необхідною, насамперед, через те, що серед вищезгаданих 17 цілей Концепції, зокрема, є такі: «подолання бідності», «міцне здоров'я та благополуччя», «чиста вода та належні санітарні умови», «гідна праця та економічне зростання», «відповідальне споживання та виробництво», «пом'якшення наслідків зміни клімату» й «збереження морських ресурсів». В умовах України адекватне досягнення вказаних цілей може забезпечити раціональний розвиток виробництва різноманітних видів продукції аквакультури. Отже, виникла потреба трансформації вітчизняної аквакультури з урахуванням специфічних особливостей іхтіоценотичних і гідроекологічних різних регіонів країни у відповідності до концепції сталого розвитку та стратегії вступу в Європейський Союз [2, 4–6].

Судак (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) є тим представником аборигенної іхтіофауни України та Європейського Союзу, на прикладі аквакультури якого можливо відстежити спільні та відмінні технологічні аспекти, а також перспективи для ефективного розвитку й «вузькі місця» в організації рибогосподарської діяльності [7–10]. Відповідно, виникає необхідність проаналізувати специфіку аквакультури цього виду саме в нашій країні, що і є основною метою даної роботи.



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

The regular introduction of pikeperch into the aquaculture of Ukraine began in the 1930s and coincided with the period when the fishery was isolated from other areas of the agro-industrial complex and was connected with the construction of numerous reservoirs. The main principles of the exploitation of this species in fisheries activities were reflected in the works of such scientists as: M. O. Poltavchuk, K. S. Buhai, P. H. Sukhoivan, M. D. Bilyi, I. S. Melnyk, V. S. Tanasiichuk, S. P. Ozinkovska та багато інших [11–17]. The above-mentioned principles were deepened and actualized primarily by such Ukrainian scientists as M. V. Hrynzhovskyi, I. I. Hrytsyniak, O. M. Tretiak, I. Yu. Buzevych, A. I. Andriushchenko, O. V. Didenko, I. L. Zakharchenko, S. M. Snihirov, V. P. Martseniuk, R. V. Kononenko, Yu. Ye. Sharylo та ін. [17–26]. In European aquaculture, a significant contribution to the development of pikeperch aquaculture was made by studies of the Research Institute of Freshwater Fisheries named after Stanislaw Sakovich in Poland, under the leadership of Z. Zakęś, with the efforts of such scientists as M. Szkudlarek, T. Ostaszewska, M. Szczepkowski, A. Kowalska and others [27–34]. A comparative contribution to the modern development of pikeperch aquaculture was made by scientists from Belgium, Germany, Hungary, the Czech Republic, Slovakia, Finland, Denmark, and Turkey [35–41].

In Ukraine and other European countries, pikeperch is cultivated using pond technologies (extensive and semi-intensive methods) and industrial aquaculture. The latter involves the use of recirculation aquaculture system (RAS) and is the most developed abroad, while pond aquaculture meth-

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Регулярне введення судака в аквакультуру України розпочалось у 30-х рр. ХХ ст. та припадало на період виокремлення рибного господарства серед інших галузей агропромислового комплексу і було пов'язано з будівництвом численних водосховищ. Основні принципи використання цього виду у рибогосподарській діяльності знайшли відображення у працях таких науковців, як М. О. Полтавчук, К. С. Бугай, П. Г. Сухойван, М. Д. Білий, І. С. Мельник, В. С. Танасійчук, С. П. Озінковська та багато інших [11–17]. Вищезгадані принципи поглибили та актуалізували насамперед такі українські вчені: М. В. Гринжевський, І. І. Грициняк, О. М. Третяк, І. Ю. Бузевич, А. І. Андрющенко, О. В. Діденко, І. Л. Захарченко, С. М. Снігірьов, В. П. Марценюк, Р. В. Кононенко, Ю. Є. Шарило та ін. [17–26]. У європейській аквакультурі значний внесок у розвиток аквакультури судака зроблено дослідженнями на основі Науково-дослідного інституту прісноводного рибництва ім. Станіслава Саковича Республіки Польща під керівництвом З. Закеша, зусиллями таких науковців, як М. Шкудлярєк, Т. Осташевська, М. Щепковський, А. Ковальська та інші [27–34]. Співставний внесок у сучасний розвиток аквакультури судака зроблено науковцями Бельгії, Німеччини, Угорщини, Чехії, Словаччини, Фінляндії, Данії та Туреччини [35–41].

В Україні та інших країнах Європи судака культивують за допомогою технологій ставової (екстенсивними й напівінтенсивними методами) та індустріальної аквакультури. Остання передбачає використання установок замкненого (рециркуляційного) водопостачання (УЗВ) та найбільш розвинута за кордоном, тоді як в Україні здебільшого використовують методи ставової аквакультури. Досить поширеними є комбіновані техноло-



ods are mostly used in Ukraine. Combined technologies of reproduction and breeding of pikeperch are quite common, in which the larvae obtained as a result of spawning carried out under controlled conditions are further grown with the use of RAS [42, 43].

In modern Ukrainian aquaculture, one of the common practices is the use of juvenile pikeperch with an average weight of up to 60 g, which were raised in ponds of carp farms, as stocking material. Artificially created channel water bodies, i.e., created by damming the riverbed with a dam, are stocked with it every year, primarily with a view to the biocontrol effect. The above-mentioned water bodies are divided into ponds and reservoirs depending on the volume of water available in them — up to 1 million m<sup>3</sup> or more, respectively. They are united by the fact that there is a local ichthyofauna in the rivers, represented mainly by low-value small fish species. These species are more competitive (due to high adaptability — early spawning, high fecundity, short incubation period, unpretentiousness to spawning substrates and diet, schooling lifestyle) than valuable commercial fish species. At the same time, it is the latter that are intended to be cultivated in any artificially created water body even during its designing. Therefore, low-value fishes get into ponds or reservoirs during their creation and functioning with the flow of water. For the most part, they develop populations capable of self-reproduction, which reduces the planned fish productivity of cultivated fish species. At the same time, pikeperch is a typical predator, whose morpho-physiological features make it convenient for use in polyculture with carps. That is why it is used as a biocontrol agent in various types of natural (lakes, estuaries, etc.) and artificial water bodies, and the scale of this activity is characterized by stable growth [10–14, 19–21, 44]. The significant pro-

гії відтворення і вирощування судака, за яких отриманих внаслідок нересту, проведеного у контрольованих умовах, личинок у подальшому вирощують із застосуванням УЗВ [42, 43].

В сучасній українській аквакультури однією з поширених практик є використання як посадкового матеріалу молоді судака із середньою масою до 60 г, яку виростили у ставках коропових господарств. Нею щорічно зарибнюють штучно створені руслові водойми, тобто утворені шляхом перегородження русла ріки греблею, насамперед в розрахунку на біомеліоративний ефект. Вищезгадані водні об'єкти розподіляються на стави та водосховища, в залежності від наявного в них об'єму води — до 1 млн м<sup>3</sup> або понад, відповідно. Їх об'єднує те, що у річках є місцева іхтіофауна, представлена переважно малоцінними дрібними видами риб. Ці види є більш конкурентоспроможними (завдяки високій адаптивності — ранньому нересту, великій плодючості, короткому інкубаційному періоду, невибагливості до нерестових субстратів та раціону, зграйному способу життя), ніж представники цінних промислових видів риб. Водночас, саме останніх передбачено культивувати у будь-якій штучно створеній водоймі ще під час її проектування. Отже, представники малоцінної іхтіофауни потрапляють до ставів або водосховищ під час їх створення та функціонування з плином води. Здебільшого вони утворюють здатні до самовідтворення популяції, що знижує заплановану рибопродуктивність об'єктів аквакультури. Водночас, судак є типовим хижаком, морфо-фізіологічні особливості якого роблять його зручним для використання в полікультурі з короповими (*Cyprinidae*) видами риб. Саме тому його використовують як біомеліоратора у різних типах природних (озера, лимани тощо) і штучних водойм, а масштаби цієї діяльності характеризуються стабільним



pects of this area of domestic aquaculture are largely connected with the availability of significant amounts of water resources, namely: 1,102 reservoirs and more than 49,400 ponds exist in various regions of Ukraine [43–45]. On the other hand, in Europe, this method of pikeperch aquaculture is less common, primarily due to the limited resource potential of reservoirs and ponds [22, 33, 42].

In addition to the number of channel ponds and reservoirs, another reason for the dominance of this particular method of pikeperch cultivation in Ukraine is the presence of unresolved issues regarding the feeding of this species with artificial feeds. Firstly, there are currently no artificial feeds adapted specifically to its physiological needs at various stages of ontogenesis, while there is always a food supply in the above-mentioned water bodies, which is adequate for different stages of pikeperch development. Secondly, in our country, there are no domestic formulations of artificial feeds for predatory fishes certified according to the state standard of Ukraine. However, as the level of intensification of aquaculture, there is an increase in not only the productive parameters of pikeperch but also in the demand for food products from it in the market [44, 46]. That is why, since the 1990s, in most European countries, e.g., in Poland, the Czech Republic, Hungary, Germany, Denmark, and Slovakia, there has been an increase in the scale of production and export of food products from pikeperch grown in the most controlled conditions [22, 45, 47–50].

For example, with intensive feeding with artificial feeds in ponds, it reaches a weight of about 120–140 g in the first year of life and 400–800 g in the second. In ponds with a natural food supply formed due to previously introduced intermittent spawning fish species (Prussian carp *Carassius gibelio*

зростанням [10–14, 19–21, 44]. Істотні перспективи цього напрямку вітчизняної аквакультури значною мірою пов'язані з наявністю значних обсягів водних ресурсів, а саме: 1102 водосховищ та понад 49 400 ставів, облаштованих у різних регіонах України [43–45]. Натомість, у Європі такий метод ведення аквакультури судака менш поширений, насамперед через обмеженість ресурсного потенціалу водосховищ та ставів [22, 33, 42].

Окрім чисельності руслових ставів та водосховищ, іншою причиною домінування саме такого способу культивування судака в Україні є наявність невирішених питань щодо годівлі цього виду риб комбікормами. По-перше, наразі відсутні адаптовані саме під його фізіологічні потреби на різних етапах онтогенезу комбікорми, тоді як у вищезгаданих водоймах завжди присутня його адекватна стадії розвитку кормова база. По-друге, в нашій країні відсутні вітчизняні сертифіковані згідно з державним стандартом України рецепти комбікормів для хижих видів риб. Водночас, у руслових водоймах судак в основному споживає ту рибу, що зовсім не користується попитом на внутрішньому споживчому ринку. Однак, у міру зростання рівня інтенсифікації аквакультури, підвищуються не лише рибогосподарські показники судака, але й поживляється попит на харчову продукцію з нього на ринку [44, 46]. Саме тому в більшості країн Європи — наприклад, Польщі, Чехії, Угорщині, Німеччині, Данії та Словаччині — ще з 90-х рр. минулого сторіччя спостерігається нарощування масштабів виробництва та експорту харчової продукції з судака, вирощеного у максимально контрольованих умовах [22, 45, 47–50].

Наприклад, за інтенсивної годівлі комбікормами у ставах він досягає маси близько 120–140 г на першому році життя та 400–800 г — на другому. У ставах зі сформованою природною кормовою



Bloch, 1782 and tench *Tinca tinca* Linnaeus, 1758), age-2 pikeperch reach a weight of about 500 g. In cages, when fed with fish, in the second year of life, pikeperch shows slightly lower growth rates, when fed with fish, in the second year of life, it reaches a weight of more than 200 g, with consumption of 2–2.5 kg of live fish per 1 kg of increase in weight [12, 14, 19–21, 43]. The above-mentioned examples are given taking into account the fact that the most intensive feeding of pikeperch occurs under the following hydrochemical conditions: water temperature from 15 to 22°C; pH of about 7.0; the average concentration of substances dissolved in water — oxygen 7.8 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, ammonium nitrogen 0.33 mg/dm<sup>3</sup> and nitrites 0.23 mg/dm<sup>3</sup> [21, 51, 52]. At the same time, it should be taken into account that pikeperch in ponds and cages take feed, including fish, mainly from the water column, which explains the additional requirements for the quality of artificial feed and the need to use only live low-value fish for feeding. The latter must be carefully selected in terms of size, for which it is widely used to block nets with a certain mesh size at the water inlet, because the larger pikeperch only injures the fish, which leads to the deterioration of the hydrochemical and ichthyopathological condition of the water bodies. For example, at the beginning of summer, pikeperch consumes well live fish weighing less than 3 g, while at the end of summer its weight should not exceed 10 g (juveniles age groups of bleak *Alburnus alburnus* Linnaeus, 1758 and roach *Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) [10, 12, 19, 21].

For the most part, the growth rate of pikeperch is somewhat lower due to the consumption of exclusively low-value fish in reservoirs. However, in addition to the problems with the availability of artificial feeds, there is a significant problem regarding the compliance of a certain type of ar-

базою за рахунок попереднього вселених порційно-нерестуючих видів риб (карась сріблястий *Carassius gibelio* Bloch, 1782, й лин *Tinca tinca* Linnaeus, 1758) дволітки судака досягають маси близько 500 г. У садках, за підгодівлі рибою, на другому році життя судак демонструє дещо нижчі показники приросту, досягаючи маси понад 200 г, з витратами 2,0–2,5 кг живої риби на 1 кг приросту маси цього судака [12, 14, 19–21, 43]. Вищезазначені приклади наведені з урахуванням того, що найбільш інтенсивне живлення у судака відбувається за наступних гідрохімічних умов: температура води — від 15 до 22°C; водневий показник (рН) води — близько 7,0; середня концентрація розчинених у воді речовин: кисню — 7,8 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, амонійного азоту — 0,33 мг/дм<sup>3</sup> й 0,23 мг/дм<sup>3</sup> нітритів [21, 51, 52]. Водночас, необхідно зважати на те, що судаки у ставках та садках споживають корм, у тому числі й рибу, в основному з товщі води, що пояснює додаткові вимоги до якості штучних кормів та необхідність використання для годівлі лише живої малоцінної риби. Остання має бути ретельно підібрана за розміром, для чого повсюдно використовують загради із сіток з певним кроком вічка на водонапуску, адже більшу рибу судак лише травмує, що призводить до погіршення гідрохімічного та іхтіопатологічного стану водойм. Наприклад, на початку літа судак добре споживає живу рибу масою менше 3 г, тоді як наприкінці літа її маса не повинна перевищувати 10 г (молодші вікові групи верховодки *Alburnus alburnus* Linnaeus, 1758, та плітки *Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) [10, 12, 19, 21].

Здебільшого за споживання виключно малоцінної риби у водосховищах темп росту судака дещо нижчий. Втім, окрім проблем з доступністю штучних кормів, існує суттєва проблема щодо відповідності певного виду комбікормів фізіологічним потребам цієї риби. Наразі для підросування цього виду в Украї-



tificial feeds with the physiological needs of this fish. Currently, several formulations of starter and production feeds for trout and whitefish from foreign manufacturers are used for the cultivation of this species in Ukraine. First of all, these are series of compound feed “Bio-Optimal Star” manufactured by “Biomar” (Denmark) and series of compound feed “Supra” manufactured by “Felleskiopet Havbruk” (Norway) [25, 43, 44]. In these two cases, as well as in the Baltic countries, pikeperch farming in recirculation aquaculture system or cage aquaculture is the most common [33, 47, 49, 53, 55]. Both of these technologies put forward the highest requirements for feed used in the diet. At the same time, the basic principle of pikeperch feeding is the fact that it is a predator, therefore the most physiologically justified will be the introduction of fishmeal and fat into its diet. However, the above-mentioned components require careful technological processing in order to have a long storage period and not to cause negative consequences for the ecological state of water bodies [56–61].

Therefore, in the conditions of Ukraine, the cultivation of pikeperch in ponds and cages is widespread. In both cases, it is possible to cultivate this species according to the full technological cycle (cultivation of broodstock and replacement stock, spawning campaign, fattening and wintering) across the year. However, most often, all stages of organizing its reproduction and raising juveniles are carried out under controlled conditions in tanks (based on a water volume of 1.6 m<sup>3</sup>: the water level should be at least 0.4 m, and water exchange at least once per hour) or ponds are stocked with larvae that have completely switched to exogenous nutrition. Cages for growing commercial pikeperch are installed in the nearshore zone, at depths of about 1.5 m and more, since the possibility of deep im-

ні використовуються декілька рецептур стартових та продукційних кормів для форелі та сигів закордонних виробників. Насамперед, це серії комбікормів «Bio-Optimal Star» виробництва фірми «Biomar» з Данії та серії комбікормів «Supra» виробництва фірми «Felleskiopet Havbruk» із Норвегії [25, 43, 44]. У цих двох випадках, а також в країнах Балтії, найбільш поширеним є вирощування судака в УЗВ або у садковій аквакультурі [33, 47, 49, 53, 55]. Обидві ці технології висувають найвищі вимоги до кормів, що застосовуються у раціоні. Водночас, базовим принципом годівлі судака є те, що, оскільки він є хижаком, то найбільш фізіологічно обґрунтованим буде введення до його раціону рибного борошна та жиру. Однак, вищезгадані компоненти потребують ретельної технологічної обробки, аби мати тривалий період зберігання та не завдавати негативних наслідків для екологічного стану водойм [56–61].

Отже, в умовах України поширене вирощування судака у ставах та садках. В обох випадках можливе культивування цього виду за повним технологічним циклом (культивування маточного стада та ремонтного поголів'я, проведення нерестової кампанії, нагул та зимівля) упродовж всього року. Однак, найчастіше, всі етапи з організації його відтворення та підрощування молоді здійснюються у контрольованих умовах в басейнах (з розрахунку на об'єм води 1,6 м<sup>3</sup> рівень води має бути не менше 0,4 м, а водообмін не рідше, ніж раз на годину) або ж зарибнюють стави личинками, що повністю перейшли на екзогенне живлення. Садки для вирощування товарного судака встановлюють у береговій зоні, на глибинах близько 1,5 м та більше, оскільки можливість глибокого занурення дозволяє підтримувати нижчу температуру, ніж у поверхневих шарах води. Запланованими до використання глибинами, великою мірою, й визнача-



mersion allows maintaining a lower temperature than in the surface layers of water. The dimensions of the cages are largely determined by the depths planned for use, because a distance of at least 40–50 cm should be maintained from the bottom of the cage. The parameters of this distance are primarily determined based on the planned feeding ration, water temperature regime, stocking density and bottom condition. The siltiness of the latter has a negative effect on the physiological state of pikeperch and can contribute to the occurrence of diseases, primarily mycosis [19–22, 62]. In the case of hatching eggs in cages and keeping the larvae until the complete transition to exogenous nutrition, it is necessary to use devices with bottom fountaining tubes, in order to improve water saturation with oxygen, as well as kapron nets. Ponds intended for pikeperch growing, which are overgrown with macrophytes, should contain no more than 30% of the total water area if there is an appropriate arrangement of the bed (average depth of at least 1 m, pits with a depth of more than 1.5 m, bottom with dense soil). When grown in a monoculture, the natural fish productivity of pikeperch in all 7 fishing zones will be higher (41–139 kg/ha) than that of whitefish (39–134 kg/ha) and trout (38–130 kg/ha), and lower than that of Prussian carp (88–300 kg/ha), eel (76–259 kg/ha), carp (70–240 kg/ha), pike (64–221 kg/ha), African (58–199 kg/ha) and European (53–180 kg/ha) catfish, sturgeon (50–170 kg/ha), perch (74–161 kg/ha) and Chinese carps (44–151 kg/ha). During the cultivation of pikeperch in polyculture, it is possible to use fishes of the same age group. However, if same-age groups of carps are raised with age-2 pikeperch, then the average weight of the stocking material of the latter should be standard and higher, because the predator will eat it at a lower weight. That is why regular test catches and analysis of size and weight characteristics

ються розміри садків, адже від садка до дна має зберігатися відстань не менше 40–50 см. Параметри даної відстані насамперед визначаються, виходячи із запланованого раціону годівлі, температурного режиму води, щільності посадки та стану дна. Замуленість останнього негативно впливає на фізіологічний стан судака та може сприяти виникненню хвороб, у першу чергу — мікозів [19–22, 62]. У випадку проведення в садках інкубації ікри та витримування личинок до повного переходу на екзогенне живлення, необхідне використання пристроїв з донними фонтануючими трубками, з метою поліпшення насичення води киснем, а також капронових сіток. У ставках, в яких планується вирощувати судака, заростання макрофітами має бути не більше 30% загальної площі водного дзеркала за наявності відповідного планування ложа (середня глибина не менше 1 м, ями з глибиною понад 1,5 м, дно зі щільним ґрунтом). За вирощування у монокультурі природна рибопродуктивність судака у всіх 7 рибницьких зонах буде вищою (41–139 кг/га), ніж така у сигів (39–134 кг/га) та форелі (38–130 кг/га), й нижчою, ніж така у карася (88–300 кг/га), вугра (76–259 кг/га), коропа (70–240 кг/га), щуки (64–221 кг/га), африканського (58–199 кг/га) та європейського (53–180 кг/га) сомів, осетрових (50–170 кг/га), окуня (74–161 кг/га) й товстолобів (44–151 кг/га). Під час вирощування судака у полікультурі можливо використовувати риб однієї з ним вікової групи. Однак, якщо з дволітками судака вирощують одноліткові групи коропових риб, то середня маса посадкового матеріалу останніх має бути стандартною і вище, адже за меншої маси хижак його виїдає. Саме тому особливо важливими є регулярні контрольні лови та аналіз розмірно-вагових характеристик усіх видів риб у полікультурі впродовж першої половини вегетаційного сезону [19–22, 43, 44].





of all types of fish in polyculture during the first half of the growing season are particularly important [19–22, 43, 44].

At the end of the growing season, no later than November, pikeperch should be transported for wintering. Transportation of all age groups, at any time of the year, involves avoiding injuries, complete immersion of fish in water with a temperature ranging from 4 to 10°C. When the temperature increases for one degree, the dissolved oxygen content decreases by 0.1–0.3 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, so sometimes it is necessary to use ice. For the most part, when transporting pikeperch at distances much greater than within the limits of one fish farm, it is advisable to use specialized transport, so-called «live fish» vehicles. It is possible to transport pikeperch within the reservoir in net-covered 65 L plastic tanks, which are loaded onto a boat and firmly fixed, which allows protecting their contents from waves [21, 22, 25, 63].

Pikeperch of all age groups survive wintering in cages and ponds well, with minimal losses, provided they are carefully sorted by size, in order to avoid cannibalism, because they feed throughout the year. However, since the intensity of pikeperch feeding decreases with a decrease in water temperature, feeding live fish at water temperatures below 4°C may be limited. However, feeding should not be stopped completely, including due to the threat of disruption of the processes of the development of sexual products in brood fish. So, for every 1 kg of broodstock, 10 m<sup>2</sup> of pond bottom and 1.5 to 3.5 kg of live feed fish should be available. The total stocking for wintering should be in the range of 10–15 t/ha, with the density of stocking of young-of-the-years wintering ponds of up to 1000 individuals per 1 m<sup>2</sup> of bottom area. Wintering, fattening and growing ponds with hard bottoms and stop-logged outlet can be

Наприкінці вегетаційного періоду, не пізніше листопада, судака транспортують на зимівлю. Транспортування усіх вікових груп в будь-яку пору року передбачає уникнення травмування, повне занурення риб у воду з температурою в межах від 4 до 10°C. При підвищенні температури на кожний градус вміст розчиненого у воді кисню зменшується на 0,1–0,3 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, тому інколи необхідно використовувати лід. Здебільшого при транспортуванні судака на відстані, значно більші, ніж в межах одного рибницького господарства, доцільно використовувати спеціалізований автотранспорт для перевезення живої риби. Транспортування судака в межах водосховища можливо здійснювати у накритих сітками пластикових резервуарах ємністю близько 65 л, які завантажують на човен та міцно фіксують, що дозволяє забезпечити їх вміст від хвиль [21, 22, 25, 63].

Зимівлю в садках та ставах судак усіх вікових груп витримує добре, з мінімальними втратами, за умови ретельного сортування за розміром, з метою уникнення канібалізму, адже він живиться упродовж всього року. Втім, оскільки зі зменшенням температури води інтенсивність живлення судака знижується, згодовування живої риби за температури води нижче 4°C може бути обмеженим. Однак припиняти годівлю повністю не слід, зокрема через загрозу порушення процесів формування статевих продуктів у плідників. Так, на кожен 1 кг плідників має припадати 10 м<sup>2</sup> дна ставу та від 1,5 до 3,5 кг кормової живої риби. Загальна посадка на зимівлю перебуває у межах 10–15 т/га, за щільності посадки цьоголіток у зимувальних ставах до 1000 особин на 1 м<sup>2</sup> дна. Для зимівлі судака можливо використовувати зимувальні, нагульні та вирощувальні стави з твердим дном та водоспусками типу «монах», оскільки зі зниженням температури він починає триматись у при-



used for wintering pikeperch, since as the temperature drops, it begins to stay in the bottom layers of water. Following parameters are optimal for this: rectangular shape; with the length of the shores within 40–60 m to 50–100 m; an area of 0.2 to 1.0 ha; a depth of 2–3 m (in order to maintain a layer of water during ice formation); an oxygen content of more than 3 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> (absolute mortality is observed when it drops to 0.4 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>) and complete water exchange at least once every 10–14 days. For effective wintering of pikeperch, it is desirable to have the possibility of adjusting the intensity of water exchange, rapid descent of water and complete removal of fish from the water body in the event of a sudden deterioration of its hydrochemical or ichthyopathological condition [21, 43, 44, 64–71].

The ichthyopathological condition is an extremely important indicator of the effectiveness of pikeperch aquaculture, since during its cultivation in ponds and cages, the risk of disease increases significantly. Thus, in ponds or low-flow reservoirs, its mortality from mycoses, primarily saprolegniosis, can range from 30 to 70%. In particular, this happens as a result of mechanical injury to fish occurred during fish handling, which is why clove oil or propiscin is widely used for anesthesia. This is due to the fact that individuals obtained from aquaculture, with better productive and biological parameters, than wild fish, may be much less resistant to diseases. Various veterinary-sanitary and enhancement measures are mostly used when diseases are detected. In particular, vitamins and antibacterial drugs are added to feed, salt baths are used (with 1–2% NaCl solution), fish are treated with antiseptic substances with a minimal toxic effect, even long term one. For example, organic dyes in aquaculture in European countries have been banned for a long time [49, 72–80].

Thus, in order to reduce the risks of

донних шарах води. Оптимальними для цього є стави з наступними параметрами: прямокутної форми; довжиною берегів в межах 40–60 м на 50–100 м; площею від 0,2 до 1,0 га; глибиною 2–3 м (з метою підтримання шару води під час льодоставу); вмістом кисню понад 3,0 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (за його зниження до 0,4 мг O<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> спостерігається абсолютна смертність) та повним водообміном не менше, ніж раз на 10–14 діб. Для ефективної зимівлі судака бажано мати можливість здійснення коригування інтенсивності водообміну, швидкого спуску води та повного облову водойми у випадку раптового погіршення її гідрохімічного або іхтіопатологічного стану [21, 43, 44, 64–71].

Іхтіопатологічний стан є вкрай важливим показником ефективності ведення аквакультури судака, оскільки під час його вирощування у ставах та садках ризик підвищення захворюваності значно зростає. Так, у ставах або слабкопроточних водоймах його смертність від мікозів, насамперед — сапролегніозу, може становити від 30 до 70%. Зокрема, це відбувається внаслідок механічного травмування риб, отриманого під час рибницьких маніпуляцій, через що широко застосовується олія гвоздики або ж пропісцин для анестезії. Це зумовлено тим, що у особин, отриманих з аквакультури, за кращих рибницько-біологічних показників, ніж у диких риб, резистентність до захворювань може бути набагато нижчою. При виявленні хвороб здебільшого використовують різноманітні ветеринарно-санітарні та рибницько-меліоративні заходи. Зокрема, додають вітаміни та антибактеріальні препарати до кормів, застосовують сольові ванни (з 1–2% розчином NaCl), обробляють риб антисептичними речовинами з мінімальним токсичним ефектом, навіть віддаленим. Наприклад, органічні барвники у аквакультурі країн Європи вже тривалий час є забороненими [49, 72–80].



pikeperch diseases, preventive measures are primarily used, while curative measures are quite limited [21, 74, 81]. Therefore, in many countries with a high level of economic development, the cultivation of this species of fish in recirculation aquaculture systems, which use water disinfection using ultraviolet irradiation, is the most popular [49, 53, 55, 82].

However, for any technology of aquaculture for the purpose of cultivating pikeperch, the most pressing issue is its reproduction and cultivation at the first most vulnerable stages of ontogenesis [50, 55, 77, 82]. This issue is relevant for both European and Ukrainian aquaculture and requires a separate discussion.

#### CONCLUSION AND PERSPECTIVES OF FURTHER DEVELOPMENT

The development of pikeperch aquaculture in Ukraine has been ongoing since the 1930s, and over the past few decades it has undergone transformations in accordance with socio-economic changes in the country and progressive practices of European aquaculture. This concerns the introduction of the principles of market economy and private property, which made it practically impossible to create new reservoirs and significantly increased the demands of potential consumers for the quality of fish products. In the last few years, the development of the fish industry of Ukraine, and therefore of pikeperch aquaculture, has been oriented towards the principles of sustainable development, which primarily provide for the economical and rational use of all available resources. Accordingly, in combination with the hydro-ecological and socio-cultural peculiarities of Ukraine, this determines the differences in domestic pikeperch aquacul-

Таким чином, з метою зниження ризиків щодо захворювань судака, насамперед використовують профілактичні заходи, тоді як лікувальні є достатньо обмеженими [21, 74, 81]. Саме тому, у багатьох країнах з високим рівнем економічного розвитку найбільшою популярністю користується вирощування цього виду риб в установках замкненого водопостачання, у яких застосовується знезараження води за допомогою ультрафіолетового опромінення [49, 53, 55, 82].

Втім, за будь-якої технології ведення аквакультури з метою культивування судака, найбільш гострим є питання його відтворення та вирощування на перших, найбільш вразливих етапах онтогенезу [50, 55, 77, 82]. Дане питання є актуальним як для європейської, так і для української аквакультури і потребує окремого обговорення.

#### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Розвиток аквакультури судака (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) в Україні триває з 30-х рр. XX ст. та упродовж кількох минулих десятиріч зазнає трансформацій у відповідності до соціально-економічних змін в країні та прогресивних практик європейської аквакультури. Це стосується запровадження принципів ринкової економіки та приватної власності, що практично унеможливили створення нових водосховищ та істотно підвищили вимоги потенційних споживачів до якості рибної продукції. Останні декілька років розвиток рибного господарства України, а, отже, і аквакультури судака орієнтований на принципи сталого розвитку, що насамперед передбачають заощадливе та раціональне використання усіх наявних ресурсів. Відповідно, у поєднанні з гідроекологічними та соціокультурними особливостями України, це зумовлює відмінності вітчизняної аквакультури судака та технологічних схем його відтворення та



ture and technological schemes for its reproduction and cultivation in many other countries with a high level of industrial fish farming development. At the same time, it should be noted that the steady growth in demand for pikeperch grown in aquaculture is combined with the process of successful cooperation between fisheries practitioners and scientists. At the same time, pikeperch is not a native species in the United States of America, Canada, and Asian countries, as it is in Ukraine and Europe. Accordingly, in the aquaculture of these countries, other species of fish related to it have become widespread.

The specificity of Ukrainian pikeperch aquaculture is determined by two main factors — hydro-ecological and socio-economic. Thus, unlike European countries, our country has larger areas of artificially created water bodies, primarily channel ponds and reservoirs, and taxes for water and land use are lower. At the same time, domestically produced artificial feeds, certified according to the state standard of Ukraine and adapted to the physiological requirements of this and other predatory fish species, is absent on the national market of the country. In addition, the protocols for the application of treatment and preventive measures during pikeperch farming are only in the process of harmonization between Ukraine and the European Union. In contrast to European countries, where pikeperch is mostly grown in cages and recirculation aquaculture system (RAS), in Ukraine its use for biocontrol purposes prevails, as an additional object of cultivation in polyculture with carps. The general principles of Ukrainian and European pikeperch aquaculture technologies are largely the same, especially regarding its transportation and wintering.

The prospects for the development of national pikeperch aquaculture are determined not only by the problems of the production of artificial feeds and specialized therapeutic and preventive drugs. They

вирощування в багатьох інших країнах з високим рівнем розвитку індустріального рибництва. Водночас, слід відмітити, що стабільне зростання попиту на продукцію судака, вирощеного в аквакультурі, поєднується з процесом успішної співпраці практиків рибної галузі та науковців. Водночас, у Сполучених Штатах Америки, Канаді та країнах Азії судак не є аборигенним видом, як в Україні та Європі. Відповідно, у аквакультурі цих країн набули поширення інші види риб, споріднені із ним.

Специфіку української аквакультури судака визначають два основні чинники — гідроекологічний та соціально-економічний. Так, на відміну від європейських країн, у нашій країні наявні більші площі штучно створених водойм, насамперед — руслових ставів та водосховищ, а податки за водо- та землекористування є нижчими. Водночас, відсутні на внутрішньому ринку країни сертифіковані згідно з державним стандартом України та адаптовані до фізіологічних вимог цього та інших хижих видів риб комбікорми вітчизняного виробництва. Крім того, протоколи застосування лікувально-профілактичних заходів під час вирощування судака лише знаходяться в процесі гармонізації між Україною та Європейський Союзом. На противагу країнам Європи, де судака здебільшого вирощують у садках та УЗВ, в Україні переважає його використання з біомеліоративною метою як додатковий об'єкт культивування у полікультурі з короповими (*Cyprinidae*) видами риб. Загальні принципи українських та європейських технологій аквакультури судака істотною мірою співпадають, особливо щодо його транспортування та зимівлі.

Перспективи розвитку вітчизняної аквакультури судака визначаються не лише проблемами виробництва комбікормів та спеціалізованих лікувально-профілактичних препаратів. Вони значною мірою



largely depend on the further introduction of its artificial reproduction and rearing of its juveniles to viable stages, which continue to be pressing issues for the modern European aquaculture community.

залежать від подальшого запровадження його штучного відтворення та вирощування його молоді до життєстійких стадій, що продовжує бути актуальною проблемою для сучасної європейської аквакультурної спільноти.

## REFERENCES

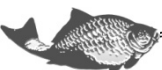
1. Sustainable Development. International Institute for Sustainable Development. *www.iisd.org*. Retrieved from: <https://www.iisd.org/mission-and-goals/sustainable-development>.
2. Sustainable Development. The 17 goals. *sdgs.un.org*. Retrieved from: <https://sdgs.un.org/goals>.
3. Butlin, J. (1987). Our common future. By World commission on environment and development. *Journal of International Development*, 1 (2), 284-287. doi:10.1002/jid.3380010208.
4. Tsili staloho rozvytku ta Ukraina. Natsionalna dopovid (2017). *www.kmu.gov.ua*. Retrieved from: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/cili-stalogo-rozvytku-ta-ukrayina>.
5. Ukaz Prezidenta Ukrainy №722/2019. Pro Tsili staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku. *www.president.gov.ua*. Retrieved from: <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825>.
6. Kabinet Ministriv Ukrainy. Postanova vid 18 lypnia 2007 r. № 950. Pro zatverdzhennia Rehlamentu Kabinetu Ministriv Ukrainy. *zakon.rada.gov.ua*. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/950-2007-%D0%BF#Text>.
7. Dil, H., & Teletchea, F. (2008). The European market of the pikeperch for consumption. *Percid fish culture, from research to production*. Namur, Belgium: Presses Universitaires de Namur, 15-16.
8. Alymov, S. I. (2003). *Rybne hospodarstvo Ukrainy: stan i perspektyvy*. Kyiv: Vyshcha osvita.
9. Kestemont, P., Dabrowski, K., & Summerfelt, R. C. (2015). *Biology and Cul-*

## ЛІТЕРАТУРА

1. Sustainable Development. International Institute for Sustainable Development. URL : <https://www.iisd.org/mission-and-goals/sustainable-development> (дата звернення : 04.05.2023).
2. Sustainable Development. THE 17 GOALS. URL : <https://sdgs.un.org/goals> (дата звернення : 16.05.2023).
3. Butlin J. Our common future. By World commission on environment and development // *Journal of International Development*. 1987. Vol. 1 (2). P. 284—287.
4. Цілі сталого розвитку та Україна. Національна доповідь (2017 рік). URL : <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/cili-stalogo-rozvytku-ta-ukrayina> (дата звернення : 04.05.2023).
5. Указ Президента України №722/2019. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року. URL : <https://www.president.gov.ua/documents/7222019-29825> (дата звернення : 16.05.2023).
6. Постанова Кабінету Міністрів України від 18 липня 2007 р. № 950. Про затвердження Регламенту Кабінету Міністрів України. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/950-2007-%D0%BF#Text> (дата звернення : 16.05.2023).
7. Dil H., Teletchea F. The European market of the pikeperch for consumption // *Percid fish culture, from research to production* / eds. Fontaine P. et al. Namur, Belgium : Presses Universitaires de Namur, 2008. P. 15—16.
8. Алимов С. І. Рибне господарство України: стан і перспективи. Київ : Вища



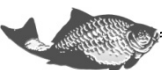
- ture of Percid Fishes: Principles and Practices. Dordrecht, The Netherlands: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7227-3>.
10. Movchan, Yu. V. (2011). *Ryby Ukrainy*. Kyiv: Zoloti vorota.
  11. Bilyi, M. D. (1958). *Rozmnozhennia ta rozvedennia sudaka*. Kyiv: AN URSR.
  12. Poltavchuk, M. A. (1959). *Osnovy biotekhniky rozvedennia sudaka v shtuchnykh vodoimakh*. Kyiv: IRH NAAN.
  13. Zimbalevskaia, L. N., Sukhoyvan, P. G., & Chernogorenko, M. I. (1989). *Bespozvonochnye i ryby Dnepra i ego vodokhranilishch*. Kyiv: Naukova dumka.
  14. Melnyk, I. S. (Ed.). (1966). *Rozvedennia sudaka v stavakh i ozerakh*.
  15. Ozinkovskaya, S. P., Zubenko, V. L., & Poltoratskaya, V. I. (1994). *Sovremennoe sostoyanie populyatsii sudaka Kremenchugskogo vodokhranilishcha. Presnovodnaya akvakultura v usloviyah antropogennogo presa*. Kiev: IRH UAAN.
  16. Tanasyichuk, V. S. (1998). *Byolohicheskaia kharakterystyka sudaka Kremenchuhskoho vodokhranylyshcha y ego promyslovoe yspolzovanye. Rybnoe khoziaistvo*, 16, 64-68.
  17. Tanasyichuk, V. S. (1955). *O biologii malkov sudaka Severnogo Kaspiya. Voprosy ihtiologii*, 3, 87-103.
  18. Buzevych, I. Yu. (2012). *Stan ta perspektyvy rybohospodars'koho vykorystannya promyslovoi ikhtiofauny velykykh rivnynykh vodoskhovyshch Ukrainy. Doctor's thesis*. Kyiv.
  19. Hrynzhevskiy, M. V., & Pekarskiy, A. V. (2004). *Optymizatsiia vyrobnytstva produktsii akvakultury*. Kyiv: PolihrafKon-sal'tynh.
  20. Hrytsyniak, I. I., Hrynzhevskiy, M. V., & Tretiak, O. M. (2008). *Fermerske rybnytstvo*. Kyiv: Rybka moia.
  21. Andriushchenko, A. I., Alymov, S. I., Zakharenko, M. O., & Vovk N. I. (2006). *Tekhnologii vyrobnytstva obiektiv akvakultury*. Kyiv: NUBiP.
  9. Kestemont P., Dabrowski K., Summerfelt R. C. *Biology and Culture of Percid Fishes: Principles and Practices*. Dordrecht, The Netherlands : Springer, 2015. 919 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7227-3>.
  10. Мовчан Ю. В. *Риби України*. Київ : Золоті ворота, 2011. 424 с.
  11. Білий М. Д. *Розмноження та розведення судака*. Київ : АН УРСР, 1958. 64 с.
  12. Полтавчук М. А. *Основи біотехники розведення судака в штучних водоймах*. Київ : ІРГ НААН, 1959. 88 с.
  13. Зимбалева Л. Н., Сухойван П. Г., Черногоренко М. И. *Беспозвоночные и рыбы Днепра и его водохранилищ*. Киев : Наукова думка, 1989. 212 с.
  14. *Розведення судака в ставах і озерах* / ред. Мельник І. С. [Б. м.], 1966. 8 с.
  15. Озинковская С. П., Зубенко В. Л., Полторацкая В. И. *Современное состояние популяции судака Кременчугского водохранилища // Пресноводная аквакультура в условиях антропогенного пресса*. Киев : ИРХ УААН, 1994. С. 229.
  16. Танасийчук В. С. *Биологическая характеристика судака Кременчугского водохранилища и его промышленное использование // Рыбное хозяйство*. 1998. Вып. 16. С. 64—68.
  17. Танасийчук В. С. *О биологии мальков судака Северного Каспия // Вопросы ихтиологии*. 1955. Вып. 3. С. 87—103.
  18. Бузевич І. Ю. *Стан та перспективи рибогосподарського використання промислової іхтіофауни великих рівнинних водосховищ України : дис. ... доктора біол. наук : 03.00.10*. Київ, 2012. 297 с.
  19. Гринжевський М. В., Пекарський А. В. *Оптимізація виробництва продукції аквакультури*. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2004. 328 с.



22. Martseniuk, V. P. (2014). Dosvid rozvedennia ta vyroshchuvannia sudaka (*Sander lucioperca*) za riznykh tekhnolohii. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 3(29), 55-66. <https://doi.org/10.15407/fsu2014.03.055>.
23. Zakharchenko, I. L. (2006). Biologichna kharakterystyka populatsii sudaka (*Stizostedion lucioperca* (L.)) Kakhovskoho vodoshkovyshcha ta yoho promyslove znachennia. *Candidate's thesis*. Kyiv: IRH.
24. Didenko, O. V., & Hurbyk, O. B. (2007). Osoblyvosti zhyvlennia sudaka (*Sander lucioperca* (L.)) Kanivskoho vodoshkovyshcha u vesniani period. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 2(2), 28-35.
25. Kononenko, R. V., Shevchenko, P. H., Kondratiuk, V. M., & Kononenko, I. S. (2016). *Intensyvni tekhnolohii v akvakulturi*. Kherson: OLDI-PLIuS.
26. Snihirov, S. M., Leonchik, Ye. Yu. & Bushuiev S. H. (2020). Stan promyslovykh zapasiv koropa (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), liashcha (*Abramis brama* Linnaeus, 1758), tarani (*Rutilus Linnaeus, 1758*) ta sudaka (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) u Dnistrovskomu lymani v 2000–2019 rr. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 1(51), 44-52. doi: /10.15407/fsu2020.01.044.
27. Żakęś, Z. (1997). Effect of stock density on the survival, cannibalism and growth of summer fry of European pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) fed artificial diets in controlled conditions. *Archive Polish Fisheries*, 5(2), 305-311.
28. Demska-Żakęś, K., Żakęś Z. (2002). Controlled spawning of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.) in lake cages. *Czech Journal of Animal Science*, 47, 230-238.
29. Demska-Żakęś, K., Kowalska, A. & Żakęś, Z. (2003). The development of the swim bladder of pikeperch *Sander lucioperca* (L.) reared in intensive culture. *Archive Polish Fisheries*, 11, 45-55.
30. Jankowska, B., Zdzisław, Z., Żmijewski, T. & Szczepkowski M. (2003). A comparison
20. Фермерське рибництво / Грициняк І. І. та ін. Київ : Рибка моя, 2008. 696 с.
21. Технології виробництва об'єктів аквакультури / Андрющенко А. І. та ін. Київ : НУБіП, 2006. 336 с.
22. Марценюк В. П. Досвід розведення та вирощування судака (*Sander lucioperca*) за різних технологій // Рибогосподарська наука України. 2014. № 3. С. 55—66.
23. Захарченко І. Л. Біологічна характеристика популяції судака (*Stizostedion lucioperca* (L.)) Каховського водосховища та його промислове значення : дис. ... кандидата біол. наук : 03.00.10. Київ : ІРГ, 2006. 157 с.
24. Діденко О. В., Гурбик О. Б. Особливості живлення судака (*Sander lucioperca* (L.)) Канівського водосховища у весняний період // Рибогосподарська наука України. 2007. № 2(2). С. 28—35.
25. Інтенсивні технології в аквакультурі : навч. посіб. / Кононенко Р. В. та ін. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 410 с.
26. Снігірьов С. М., Леончик Є. Ю., Бушуєв С. Г. Стан промислових запасів коропа (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758), ляща (*Abramis brama* Linnaeus, 1758), тарані (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758) та судака (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) у Дністровському лимані в 2000–2019 рр. // Рибогосподарська наука України. 2020. № 1(51). С. 44—52. doi: 10.15407/fsu2020.01.044.
27. Żakęś Z. Effect of stock density on the survival, cannibalism and growth of summer fry of European pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) fed artificial diets in controlled conditions // *Archive Polish Fisheries*. 1997. № 5(2). С. 305—311.
28. Demska-Żakęś K., Żakęś Z. Controlled spawning of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.) in lake cages // *Czech*



- of selected quality features of the tissue and slaughter field of wild and cultivated pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *European Food Research Technology*, 217, 401-405. doi: 10.1007/s00217-003-0757-5.
31. Kowalska, A., Zakeš, Z., Jankowska, B. & Siwicki, A. (2011). Substituting vegetable oil for fish oil in pikeperch diets: the impact on growth, internal organ histology, blood biochemical parameters, and proximate composition. *Aquaculture Nutrition*, 17(2), 148-163. doi: 10.1111/j.1365-2095.2009.00744.x.
32. Ostaszewska, T. (2005). Developmental changes of digestive system structures in pike-perch (*Sander lucioperca* L.). *Electronic journal of ichthyology*, 2, 65-78.
33. Szkudlarek, M., & Zakeš, Z. (2007). Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), larvae under controlled conditions. *Aquaculture International*, 15, 67-81. doi: 10.1007/s10499-006-9069-7.
34. Vinni, M., Lappalainen, J., Malinen, T. & Lehtonen, H. (2009). Stunted growth of pikeperch *Sander lucioperca* in Lake Sahajärvi. *Finland Journal Fish Biology*, 74(4), 967-972. doi: 10.1111/j.1095-8649.2009.02181.x.
35. Vehanen, T., Hyvärinen, P. & Huusko, A. (2007). Food consumption and prey orientation of piscivorous brown trout (*Salmo trutta*) and pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in a large regulated lake. *Journal of Applied Ichthyology*, 14(12), 15-22. doi: 10.1111/j.1439-0426.1998.tb00608.x.
36. Yilmaz, M., & Ablak Ö. (2003). The feeding behavior of pikeperch (*Sander lucioperca* (L., 1758)) Living in Hirfanli Dam Lake. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27, 1159-1165.
37. Steffens, W., Geldhauser, F., Gerstner, P., & Hilge, V. (1996). German experiences in the propagation and rearing of fingerling pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). *Annales Zoologici Fennici*, 33, 627-634.
- Journal of Animal Science. 2002. № 47. C. 230—238.
29. Demska-Žakeš K., Kowalska A., Žakeš Z. The development of the swim bladder of pikeperch *Sander lucioperca* (L.) reared in intensive culture // *Archive Polish Fisheries*. 2003. № 11. C. 45—55.
30. A comparison of selected quality features of the tissue and slaughter field of wild and cultivated pikeperch *Sander lucioperca* (L.) / Jankowska B. et al. // *European Food Research Technology*. 2003. № 217. P. 401—405. doi: 10.1007/s00217-003-0757-5.
31. Substituting vegetable oil for fish oil in pikeperch diets: the impact on growth, internal organ histology, blood biochemical parameters, and proximate composition / Kowalska A. et al. // *Aquaculture Nutrition*. 2011. № 17(2). P. 148—163. doi: 10.1111/j.1365-2095.2009.00744.x.
32. Ostaszewska T. Developmental changes of digestive system structures in pikeperch (*Sander lucioperca* L.) // *Electronic journal of ichthyology*. 2005. № 2. P. 65—78.
33. Szkudlarek M., Zakeš Z. Effect of stocking density on survival and growth performance of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), larvae under controlled conditions // *Aquaculture International*. 2007. Vol. 15. P. 67—81. doi: 10.1007/s10499-006-9069-7.
34. Stunted growth of pikeperch *Sander lucioperca* in Lake Sahajärvi, Finland / Vinni M. et al. // *Journal Fish Biology*. 2009. №74(4). P. 967—972. doi: 10.1111/j.1095-8649.2009.02181.x.
35. Vehanen T., Hyvärinen P., Huusko A. Food consumption and prey orientation of piscivorous brown trout (*Salmo trutta*) and pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in a large regulated lake // *Journal of Applied Ichthyology*. 2007. № 14(12). P. 15—22. doi: 10.1111/j.1439-0426.1998.tb00608.x.
36. Yilmaz M., Ablak Ö. The feeding be-





38. Schulz, C., Böhm, M., Wirth, M. & Rennert, B. (2007). Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pike perch fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, 13, 373-380. doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00487.x.
39. Peterka, J., Matina, J. & Lipka, J. (2003). The diet and growth of larval and juvenile pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)): a comparative study of fishponds and a reservoir. *Aquaculture International*, 11, 337-348. doi: 10.1023/A:1025791208123.
40. Ljubobratović, U., Peter, G., & Horvath, Z. (2018). Effect of parental origin on dry feed habituation and Intensive on-growing results in pikeperch (*Sander lucioperca*) offspring. *Turkish Journal Fisheries Aquaculture Sciences*, 18, 425-433.
41. Kestemont, P., Jourdan, S., Houbart, M., Mélard, C., Paspatis, M., Fontaine, P., Cuvier, A., Kentouri, M., & Baras, E. (2003). Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture*, 227, 333-356. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00513-1.
42. Lendiel, S. A. (2020). Novi aspekty vyroshchuvannia okunia (*Perca fluviatilis*) i sudaka (*Sander lucioperca*) na rannikh stadiiakh rozvytku v intensyvnnykh umovakh. *Candidate's thesis*. Kyiv: IRH.
43. *Praktychni rekomendatsii shchodo vyrobnytstva sudaka pry vybori shliakhiv zabezpechennia konkurentnykh perevah rybnoho hospodarstva*. (2018). Kyiv: BU MTTs z akvakultury.
44. Derzhavne ahenstvo melioratsii ta rybnoho hospodarstva Ukrainy. Plany roboty ta zvyty. *darg.gov.ua*. Retrieved from: [https://darg.gov.ua/\\_plani\\_roboty\\_ta\\_zvyty\\_0\\_1045\\_menu\\_0\\_1.html](https://darg.gov.ua/_plani_roboty_ta_zvyty_0_1045_menu_0_1.html).
45. Marushevskiy, H. B., & Zharuk, I. S. (2006). *Vodno-bolotni uhiddia Ukrainy*. Kyiv: Chornomorska prohrama Wetlands International.
- havior of pikeperch (*Sander lucioperca* (L., 1758)) Living in Hirfanli Dam Lake // *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 2003. № 27. P. 1159—1165.
37. German experiences in the propagation and rearing of fingerling pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) / Steffens W. et al. // *Annales Zoologici Fennici*. 1996. № 33. P. 627—634.
38. Effect of dietary protein on growth, feed conversion, body composition and survival of pike perch fingerlings / Schulz C. et al. // *Aquaculture Nutrition*. 2007. № 13. P. 373—380. doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00487.x.
39. Peterka J., Matina J., Lipka J. The diet and growth of larval and juvenile pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)): a comparative study of fishponds and a reservoir // *Aquaculture International*. 2003. № 11. P. 337—348. doi: 10.1023/A:1025791208123.
40. Ljubobratović U., Peter G., Horvath Z. Effect of parental origin on dry feed habituation and Intensive on-growing results in pikeperch (*Sander lucioperca*) offspring // *Turkish Journal Fisheries Aquaculture Sciences*. 2018. №18. P. 425—433.
41. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences / Kestemont P. et al. // *Aquaculture*. 2003. № 227. P. 333—356. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00513-1.
42. Ленд'єл С. А. Нові аспекти вирощування окуня (*Perca fluviatilis*) і судака (*Sander lucioperca*) на ранніх стадіях розвитку в інтенсивних умовах : дис. ... кандидата с.-г. наук : 06.02.03. Київ, 2020. 136 с.
43. Практичні рекомендації щодо виробництва судака при виборі шляхів забезпечення конкурентних переваг рибного господарства. Київ : БУ МТЦ з аквакультури, 2018. 20 с.



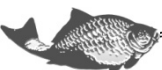
46. FAOStat: Global Aquaculture Production Volume and Value Statistics Database. FAO Fisheries and Aquaculture Department. [www.fao.org](http://www.fao.org). Retrieved from: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/en>.
47. Blecha, M., Kristan, J. & Policar, T. (2016). Adaptation of intensively reared pikeperch (*Sander lucioperca*) juveniles to pond culture and subsequent re-adaptation to a recirculation aquaculture system. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16, 15-18. doi: 10.4194/1303-2712-v16\_1\_02.
48. Bokor, Z., Horváth, Á., Horváth, L., & Urbányi, B. (2008). Cryopreservation of pike perch sperm in hatchery conditions. *Israeli Journal of Aquaculture*, 60, 168-171. doi: 10.46989/001c.20493.
49. Dalsgaard, J., Lund, I., Thorarinsdottir, R., Drengstig, A., Arvonen, K., & Pedersen, P. B. (2013). Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives. *Aquaculture England*, 53, 2-13. doi: 10.1016/j.aquaeng.2012.11.008.
50. Hilge, V., & Steffens, W. (1996). Aquaculture of fry and fingerling of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) a short review. *Journal Applied Ichthyology*, 12 (3-4), 167-170. doi: 10.1111/j.1439-0426.1996.tb00083.x.
51. Frisk, M., Skov, P. V., & Steffensen, J. F. (2012). Thermal optimum for pikeperch (*Sander lucioperca*) and the use of ventilation frequency as a predictor of metabolic rate. *Aquaculture*, 324-325, 151-157. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.10.024.
52. Frisk, M., Steffensen, J. F., & Skov, P. V. (2012). The effects of temperature on specific dynamic action and ammonia excretion in pikeperch (*Sander lucioperca*). *Aquaculture*, 404-405, 65-70. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.04.005.
53. Wuertz, S., Hermelink, B., Kloas, W., & Schulz, C. (2012). Pike perch in recirculation. *Державне агенство меліорації та рибного господарства України. Плани роботи та звіти*. URL : [https://darg.gov.ua/plani\\_roboti\\_ta\\_zviti\\_0\\_1045\\_menu\\_0\\_1.html](https://darg.gov.ua/plani_roboti_ta_zviti_0_1045_menu_0_1.html) (дата звернення : 08.05.2023).
44. Державне агенство меліорації та рибного господарства України. Плани роботи та звіти. URL : [https://darg.gov.ua/plani\\_roboti\\_ta\\_zviti\\_0\\_1045\\_menu\\_0\\_1.html](https://darg.gov.ua/plani_roboti_ta_zviti_0_1045_menu_0_1.html) (дата звернення : 08.05.2023).
45. Марушевський Г. Б., Жарук І. С. Водно-болотні угіддя України. Київ : Чорноморська програма Wetlands International, 2006. 312 с.
46. FAOStat: Global Aquaculture Production Volume and Value Statistics Database. FAO Fisheries and Aquaculture Department. <https://www.fao.org/fishery/en/fishstat> (дата звернення : 25.03.2023).
47. Blecha M., Kristan J., Policar T. Adaptation of intensively reared pikeperch (*Sander lucioperca*) juveniles to pond culture and subsequent re-adaptation to a recirculation aquaculture system // *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 2016. № 16. P. 15—18. doi: 10.4194/1303-2712-v16\_1\_02.
48. Cryopreservation of pike perch sperm in hatchery conditions / Bokor Z. et al. // *Israeli Journal of Aquaculture*. 2008. Vol. 60. P. 168—171. doi: 10.46989/001c.20493.
49. Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives / Dalsgaard J. et al. // *Aquaculture England*. 2013. № 53. P. 2—13. doi: 10.1016/j.aquaeng.2012.11.008.
50. Hilge V., Steffens W. Aquaculture of fry and fingerling of pike-perch (*Stizostedion lucioperca* L.) a short review // *Journal Applied Ichthyology*. 1996. Vol. 12(3-4). P. 167—170. doi: 10.1111/j.1439-0426.1996.tb00083.x.
51. Frisk M., Skov P. V., Steffensen J. F. Thermal optimum for pikeperch (*Sander lucioperca*) and the use of ventilation frequency as a predictor of metabolic rate // *Aquaculture*. 2012. Vol. 324—325. P. 151—157. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.10.024.



- lation aquaculture. *Global Aquaculture Advocate*, 4, 46-47.
54. Salminen, M., Ruuhijärvi, J., & Ahlfors P. (1993). Spawning of wild zander (*Stizostedion lucioperca* (L.)) in cages. *Fish Reproduction: Scientific Conference*. Vodnany: Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology, 42-47.
  55. Linfield, R. S. J., & Rickards, R. B. (2008). The zander in perspective. *Aquaculture Research*, 10(1), 1-16. doi: 10.1111/j.1365-2109.1979.tb00249.x.
  56. Schulz C., Huber, M., Ogunji, J., & Rennert, B. (2008). Effects of varying dietary protein to lipid ratios on growth performance and body composition of juvenile pike perch (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Nutrition*, 14, 166-173. doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00516.x.
  57. Nyina-Wamwiza, L., Xueliang, L. Xu., Blanchard, G., & Kestemont, P. (2005). Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pikeperch *Sander lucioperca* fingerlings. *Aquaculture Research*, 36, 486-492. doi: 10.1111/j.1365-2109.2005.01233.x.
  58. Kowalska, A., Zakęś, Z., & Demska-Zakęś, K. (2006). The impact of feeding on the results of rearing larval pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), with regard to the development of the digestive tract. *Electronic journal of Polish agricultural universities*, 9(2), 1-10.
  59. Ljunggren, L., Staffan, F., Falk, S., Lindén, B., & Mendes, J. (2003). Weaning of juvenile pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L., and perch, *Perca fluviatilis* L., to formulated feed. *Aquaculture Research*, 34(4), 281-287. doi: 10.1046/j.1365-2109.2003.00805.x.
  60. Ronyai, A., & Csengeri, I. (2008). Effect of feeding regime and temperature on ongrowing results of pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Aquaculture Research*, 39(8), 820-827. doi: 10.1111/j.1365-2109.2008.01935.x.
  52. Frisk M., Steffensen J. F., Skov P. V. The effects of temperature on specific dynamic action and ammonia excretion in pikeperch (*Sander lucioperca*) // *Aquaculture*. 2012. Vol. 404—405. P. 65—70. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.04.005.
  53. Pike perch in recirculation aquaculture / Wuertz S. et al. // *Global Aquaculture Advocate*. 2012. № 4. P. 46—47.
  54. Salminen M., Ruuhijärvi J., Ahlfors P. Spawning of wild zander (*Stizostedion lucioperca* (L.)) in cages // *Fish Reproduction : Scientific Conference*. 1993. Vodnany : Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology, 1993. P. 42—47.
  55. Linfield R. S. J., Rickards R. B. The zander in perspective // *Aquaculture Research*. 2008. Vol. 10(1). P. 1—16. doi: 10.1111/j.1365-2109.1979.tb00249.x.
  56. Effects of varying dietary protein to lipid ratios on growth performance and body composition of juvenile pike perch (*Sander lucioperca*) / Schulz C. et al. // *Aquaculture Nutrition*. 2008. Vol. 14. P. 166—173. doi: 10.1111/j.1365-2095.2007.00516.x.
  57. Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate ratio on growth, feed efficiency and body composition of pikeperch *Sander lucioperca* fingerlings / Nyina-Wamwiza L. et al. // *Aquaculture Research*. 2005. Vol. 36. P. 486—492. doi: 10.1111/j.1365-2109.2005.01233.x.
  58. Kowalska A., Zakęś Z., Demska-Zakęś K. The impact of feeding on the results of rearing larval pikeperch, *Sander lucioperca* (L.), with regard to the development of the digestive tract // *Electronic journal of Polish agricultural universities*. 2006. Vol. 9(2). P. 1—10.
  59. Weaning of juvenile pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L., and perch, *Perca fluviatilis* L., to formulated feed / Ljunggren L. et al. // *Aquaculture Research*, 2003. Vol. 34(4). P. 281—287. doi: 10.1046/j.1365-2109.2003.00805.x.
  60. Ronyai A., Csengeri I. Effect of feeding



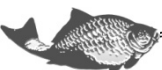
61. Peterka, J., Matína, J., & Lipka, J. (2003). The diet and growth of larval and juvenile pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)): a comparative study of fishponds and a reservoir. *Aquaculture International*, 11, 337-348. doi: 10.1023/A:1025791208123.
62. Bódis, M., & Bercsényi, M. (2009). The effect of different daily feed rations on the growth, condition, survival and feed conversion of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) reared with dry feed in net cages. *Aquaculture International*, 17, 1-6. doi: 10.1007/s10499-008-9226-2.
63. Sachs, T. R. (1878). Transportation of live pikeperch (*Lucioperca zanda*) in Germany called zander. *Land and Water*, 25, 47-56.
64. Molnár, T., Hancz, Cs., Molnár, M., & Horn, P. (2004). The effects of diet and stocking density on the growth and behaviour of pond pre-reared pikeperch under intensive conditions. *Journal Applied Ichthyology*, 20, 105-109. doi: 10.1046/j.1439-0426.2003.00529.x.
65. Keskinen, T., & Marjomäki, T. J. (2003). Growth of pikeperch in relation to lake characteristics: total phosphorus, water colour, lake area and depth. *Journal of Fish Biology*, 63(5), 1274-1282. doi: 10.1046/j.1095-8649.2003.00249.x.
66. Kestemont, P., Jourdan, S., Houbart, M., Mélard, C., Paspatis, M., Fontaine, P., Cuvier, A., Kentouri, M. & Baras, E. (2003). Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture*, 227, 333-356. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00513-1.
67. Lappalainen, J., Olin, M., & Vinni, M. (2006). Pikeperch cannibalism: effects of abundance, size and condition. *Annales Zoologici Fennici*, 43, 35-44.
68. Lappalainen, J., Dörner, H., & Wysujak, K. (2003). Reproduction biology of pikeperch *Sander lucioperca* (L.) – a review. *Ecology of Freshwater Fish*, regime and temperature on ongrowing results of pikeperch (*Sander lucioperca* L.) // *Aquaculture Research*. 2008. Vol. 39(8). P. 820—827. doi: 10.1111/j.1365-2109.2008.01935.x.
61. Peterka J., Matína J., Lipka J. The diet and growth of larval and juvenile pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)): a comparative study of fishponds and a reservoir // *Aquaculture International*. 2003. Vol. 11. P. 337—348. doi: 10.1023/A:1025791208123.
62. Bódis M., Bercsényi M. The effect of different daily feed rations on the growth, condition, survival and feed conversion of juvenile pikeperch (*Sander lucioperca*) reared with dry feed in net cages // *Aquaculture International*. 2009. Vol. 17. P. 1—6. doi: 10.1007/s10499-008-9226-2.
63. Sachs T. R. Transportation of live pikeperch (*Lucioperca zanda*) in Germany called zander // *Land and Water*. 1878. Vol. 25. P. 47—56.
64. Hancz Cs., Molnár M., Horn P. The effects of diet and stocking density on the growth and behaviour of pond pre-reared pikeperch under intensive conditions // *Journal Applied Ichthyology*. 2004. Vol. 20. P. 105—109. doi: 10.1046/j.1439-0426.2003.00529.x.
65. Keskinen T., Marjomäki T. J. Growth of pikeperch in relation to lake characteristics: total phosphorus, water colour, lake area and depth // *Journal of Fish Biology*. 2003. Vol. 63(5). P. 1274—1282. doi: 10.1046/j.1095-8649.2003.00249.x.
66. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences / Kestemont P. et al. // *Aquaculture*. 2003. Vol. 227. P. 333—356. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00513-1.
67. Lappalainen J., Olin M., Vinni M. Pikeperch cannibalism: effects of abundance, size and condition // *Annales Zoologici Fennici*. 2006. Vol. №43. P. 35—44.



- 12(2), 95-106. doi: 10.1034/j.1600-0633.2003.00005.x.
69. Żakęś, Z., & Szczepkowski, M. (2004). Induction of out-of-season spawning of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture International*, 12, 1–18. doi: 10.1023/B:AQUI.0000017183.40691.7d.
70. Steinberg, K., Zimmermann, J., Stiller, K. T., Meyer, S., & Schulz, C. (2017). The effect of carbon dioxide on growth and energy metabolism in pikeperch (*Sander lucioperca*). *Aquaculture*, 481, 162-168. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.09.003.
71. Kirjasniemi, M., & Valtonen, T. (1997). Winter mortality of young-of-the-year pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). *Ecology of Freshwater Fish*, 6(3), 155-160. doi: 10.1111/j.1600-0633.1997.tb00158.x.
72. Siwicki, A. K., Zakęś, Z., Fuller, J. C., Nissen, S., Trapkowska, S., Głąbski, E., Cejko, A. A., Kazuń, K., & Terlech-Majewska, E. (2006). Influence of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on non-specific humoral defence mechanisms and protection against furunculosis in pikeperch (*Sander lucioperca*). *Aquaculture Research*, 37(2), 127-131. doi: 10.1111/j.1365-2109.2005.01407.x.
73. Rolbiecki, L., & Rokicki, J. (1996). Parasitic Metazoan of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) in the Gulf of Gdansk. *Cranon*, 1, 73-85.
74. Németh, S., Horváth, Z., Felföldi, Z., Beliczky, G., & Demeter, K. (2013). The use of permitted ectoparasite disinfection methods on young pike-perch (*Sander lucioperca*) after transition from over-wintering lake to RAS. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation International Journal of the Bioflux Society*, 6(1), 1-11.
75. Křišťan, J., Stara, A., Turek, J., Policar, T., & Velisek, J. (2012). Comparison of the effects of four anaesthetics on haematological and blood biochemical pro-
68. Lappalainen J., Dörner H., Wysujak K. Reproduction biology of pikeperch *Sander lucioperca* (L.) – a review // *Ecology of Freshwater Fish*. 2003. Vol. 12(2). P. 95—106. doi: 10.1034/j.1600-0633.2003.00005.x.
69. Żakęś Z., Szczepkowski M. Induction of out-of-season spawning of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) // *Aquaculture International*. 2004. Vol. 12. P. 1—18. doi: 10.1023/B:AQUI.0000017183.40691.7d.
70. The effect of carbon dioxide on growth and energy metabolism in pikeperch (*Sander lucioperca*) / Steinberg K. et al. // *Aquaculture*. 2017. Vol. 481. P. 162—168. doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.09.003.
71. Kirjasniemi M., Valtonen T. Winter mortality of young-of-the-year pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) // *Ecology of Freshwater Fish*. 1997. Vol. 6(3). P. 155—160. doi: 10.1111/j.1600-0633.1997.tb00158.x.
72. Influence of  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on nonspecific humoral defence mechanisms and protection against furunculosis in pikeperch (*Sander lucioperca*) / Siwicki A. K. et al. // *Aquaculture Research*. 2006. Vol. 37(2). P. 127—131. doi: 10.1111/j.1365-2109.2005.01407.x.
73. Rolbiecki L., Rokicki J. Parasitic Metazoan of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.) in the Gulf of Gdansk // *Cranon*. 1996. № 1. P. 73—85.
74. The use of permitted ectoparasite disinfection methods on young pike-perch (*Sander lucioperca*) after transition from over-wintering lake to RAS / Németh S. et al. // *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation International Journal of the Bioflux Society*. 2013. № 6(1). P. 1—11.
75. Comparison of the effects of four anaesthetics on haematological and blood biochemical profiles in pikeperch (*Sander lucioperca* L.) / Křišťan J. et al. //



- files in pikeperch (*Sander lucioperca* L.). *Neuroendocrinology Letter*, 33, 101-106.
76. Steinberg, K., Zimmermann, J., Meyer, S., & Schulz, C. (2018). Start-up of recirculating aquaculture systems: how do water exchange rates influence pikeperch (*Sander lucioperca*) and water composition? *Aquaculture Engineering*, 83, 151-159. doi: 10.1016/j.aquaeng.2018.10.006.
77. Zakęs, Z., & Demska-Zakęs, K. (2010). Controlled reproduction of pikeperch *Sander lucioperca* (L.): a review. *Fisheries & Aquatic Life*, 17(4), 153-170. doi: 10.2478/v10086-009-0014-z.
78. Falahatkar, B., & Poursaeid, S. (2014). Effects of hormonal manipulation on stress responses in male and female broodstocks of pikeperch *Sander lucioperca*. *Aquaculture International*, 22(1), 235-244. doi: 10.1007/s10499-013-9678-x.
79. Cejko, A. A., Zakęs, Z., Jankowska, B., & Siwicki, A. (2010). Impact of diets with vegetable oils on the growth, histological structure of internal organs, biochemical blood parameters, and proximate composition of pikeperch *Sander lucioperca* (L.). *Aquaculture*, 301(1-4), 69-77. doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.01.028.
80. Abbasi, F., Ghafori, S., & Jamili, S. H. (2008). Plasma cortisol changes and body composition in *Stizostedion lucioperca* exposed to handling stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(4), 623-627. doi: 10.3923/pjbs.2008.623.627.
81. Polishchuk, O., & Simon, M. (2023). Biological peculiarities of pikeperch (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) as a promising object of freshwater aquaculture of Ukraine (a review). *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 2(64), 141-164.
82. Ruuhijärvi, J., & Hyvärinen, P. (1996). The status of pike-perch culture in Finland. *Journal of Applied Ichthyology*, 12(3-4), 185-188. doi: 10.1111/j.1439-0426.1996.tb00087.x.
- Neuroendocrinology Letter. 2012. Vol. 33. P. 101—106.
76. Start-up of recirculating aquaculture systems: how do water exchange rates influence pikeperch (*Sander lucioperca*) and water composition? / Steinberg K. et al. // *Aquaculture Engineering*. 2018. Vol. 83. P. 151—159. doi: 10.1016/j.aquaeng.2018.10.006.
77. Zakęs Z., Demska-Zakęs K. Controlled reproduction of pikeperch *Sander lucioperca* (L.): a review // *Fisheries & Aquatic Life*. 2010. Vol. 17(4). P. 153—170. doi: 10.2478/v10086-009-0014-z.
78. Falahatkar B., Poursaeid S. Effects of hormonal manipulation on stress responses in male and female broodstocks of pikeperch *Sander lucioperca* // *Aquaculture International*. 2014. Vol. 22(1). P. 235—244. doi: 10.1007/s10499-013-9678-x.
79. Impact of diets with vegetable oils on the growth, histological structure of internal organs, biochemical blood parameters, and proximate composition of pikeperch *Sander lucioperca* (L.). / Cejko A. A. et al. // *Aquaculture*. 2010. № 301(1—4). P. 69—77. doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.01.028.
80. Abbasi F., Ghafori S., Jamili S. H. Plasma cortisol changes and body composition in *Stizostedion lucioperca* exposed to handling stress // *Pakistan Journal of Biological Sciences*. (2008). № 11(4). P. 623—627. doi: 10.3923/pjbs.2008.623.627.
81. Polishchuk O., Simon M. Biological peculiarities of pikeperch (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) as a promising object of freshwater aquaculture of Ukraine (a review) // *Rybohospodarska nauka Ukrainy*. 2023. № 2(64). P. 141—164.
82. Ruuhijärvi J., Hyvärinen P. The status of pike-perch culture in Finland // *Journal of Applied Ichthyology*. 1996. № 12(3—4). P. 185—188. doi: 10.1111/j.1439-0426.1996.tb00087.x.



## CRITICISM AND BIBLIOGRAPHY / КРИТИКА І БІБЛІОГРАФІЯ

Ribogospod. nauka Ukr., 2023; 3(65): 157-168  
DOI: <https://doi.org/10.15407/fsu2023.03.157>  
UDC 016:[597.554.2:639.371.5]

Received: 27.05.23  
Received in revised form: 16.06.23  
Accepted: 02.07.23

### BLACK CARP (*MYLOPHARYNGODON PICEUS* RICHARDSON, 1846). THEMATIC BIBLIOGRAPHY

**Ir. Hrytsynyak**, [library.inst.fish@gmail.com](mailto:library.inst.fish@gmail.com),  
Institute of Fisheries NAAS, Kyiv  
**T. Shvets**, [library.inst.fish@gmail.com](mailto:library.inst.fish@gmail.com),  
Institute of Fisheries NAAS, Kyiv

**Purpose.** Forming a thematic bibliographic list of English-language publications on molecular-genetic, immunological, physiological-biochemical, as well as ecological and individual biological features of black carp (*Mylopharyngodon piceus* L.).

**Methods.** The complete and selective methods were applied in the process of the systematic search. The bibliographic core have been consisted of English-language scientific publications from resources available to users of the Institute of Fisheries NAAS Scientific Library.

**Results.** There was composed the thematic list of publications with a total quantity of 89 sources covering the time interval from 1995 to 2023, and highlighting the biological and ecological characteristics of a representative of the Cyprinids, the black carp, as well as considering the issue of its physiological, biochemical, genetic, and immunological features. The literary sources are arranged in alphabetical order by author or title, and described according to DSTU 8302:2015 "Information and documentation. Bibliographic reference. General principles and rules of composition", with the amendments (code UKND 01.140.40), as well as in accordance with the requirements of APA style — international standard of references.

**Practical value.** The list may be useful for scientists, practitioners, students, whose area of interests includes issues of biological re-

### ЧОРНИЙ АМУР (*MYLOPHARYNGODON* *PICEUS* RICHARDSON, 1846). ТЕМАТИЧНА БІБЛІОГРАФІЯ

**І. Й. Грициняк**, [library.inst.fish@gmail.com](mailto:library.inst.fish@gmail.com),  
Інститут рибного господарства  
НААН, м. Київ  
**Т. М. Швець**, [library.inst.fish@gmail.com](mailto:library.inst.fish@gmail.com),  
Інститут рибного господарства НААН,  
м. Київ

**Мета.** Формування довідкового переліку англomовних публікацій з питань молекулярно-генетичних, імунологічних, фізіолого-біохімічних, а також екологічних та окремих біологічних особливостей чорного амура (*Mylopharyngodon piceus* L.).

**Методика.** Під час системного пошуку у процесі підготовки тематичного переліку було застосовано як цілісний, так і вибірко-вий методи. Бібліографічне ядро складало англomовні наукові видання з ресурсів, доступних користувачам наукової бібліотеки Інституту рибного господарства НААН України.

**Результати.** Сформовано тематичний бібліографічний перелік публікацій загальною кількістю 89 джерел, що охоплюють часовий інтервал з 1995 по 2023 рр., і висвітлюють біологічні та екологічні характеристики представника родини корошових — чорного амура, а також розглядають питання його фізіолого-біохімічних, генетичних та імунологічних особливостей. Літературні джерела розміщені у алфавітному порядку за автором чи назвою, описані згідно з ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання», із урахуванням поправок (код УКНД 01.140.40), а також відповідно до вимог оформлення списку літератури за міжнародним стандартом APA style.



search of Cyprinids, in particular black carp (*Mylopharyngodon piceus* L.).

**Key words:** black carp, immunology, genetic indicators, biochemical indicators.

**Практична значимість.** Підготовлений список публікацій може бути використаний науковцями, практиками, студентами, до сфери інтересів яких належать питання біологічного дослідження риб роду коропових, зокрема чорного амура (*Mylopharyngodon piceus* L.).

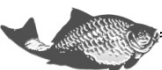
**Ключові слова:** чорний амур, імунологія, генетичні показники, біохімічні показники.

## REFERENCES

1. Yunfan, He, et al. (2023). ATG16L1 negatively regulates MAVS-mediated antiviral signaling in black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Fish & Shellfish Immunology*, 136, 108706.
2. Ben-Ami, Frida, & Heller, Joseph. (2001). Biological Control of Aquatic Pest Snails by the Black Carp *Mylopharyngodon piceus*. *Biological Control*, 22, 2, 131-138.
3. Hongbing, Fan, et al. (2016). Quality Changes and Biogenic Amines Accumulation of Black Carp (*Mylopharyngodon piceus*) Fillets Stored at Different Temperatures. *Journal of Food Protection*, 79, 4, 635-645.
4. Gidmark, N. J., Konow, N., Lopresti, E., & Brainerd, E. L. (2013). Bite force is limited by the force-length relationship of skeletal muscle in black carp, *Mylopharyngodon piceus*. *Biol Lett*, 9(2), 20121181.
5. Chanyuan, Wang, et al. (2021). Black carp IKK $\epsilon$  collaborates with IRF3 in the antiviral signaling. *Fish & Shellfish Immunology*, 118, 160-168.
6. Can, Yang, et al. (2019). Black carp IRF5 interacts with TBK1 to trigger cell death following viral infection. *Developmental & Comparative Immunology*, 100, 103426.
7. Can, Cai, Ji, Liu, Yaqi, Tan, Jing, Wei, Xiao, Yang, Jun, Xiao, & Hao, Feng. (2020). Black carp NAP1 positively regulates MDA5-mediated antiviral signaling during the innate immune activation. *Developmental & Comparative Immunology*, 107, 103659.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ATG16L1 negatively regulates MAVS-mediated antiviral signaling in black carp *Mylopharyngodon piceus* / Yunfan He et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2023. Vol. 136. 108706.
2. Ben-Ami Frida, Heller Joseph. Biological Control of Aquatic Pest Snails by the Black Carp *Mylopharyngodon piceus* // *Biological Control*. 2001. Vol. 22, iss. 2. P. 131—138.
3. Biogenic amine and quality changes in lightly salt- and sugar-salted black carp (*Mylopharyngodon piceus*) fillets stored at 4°C / Fan H. et al. // *Food Chem*. 2014. Vol. 159. P. 20—28.
4. Bite force is limited by the force-length relationship of skeletal muscle in black carp, *Mylopharyngodon piceus* / Gidmark N. J. et al. // *Biol Lett*. 2013. Vol. 9(2). 20121181.
5. Black carp IKK $\epsilon$  collaborates with IRF3 in the antiviral signaling / Chanyuan Wang et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2021. Vol. 118. P. 160—168.
6. Black carp IRF5 interacts with TBK1 to trigger cell death following viral infection / Can Yang et al. // *Developmental & Comparative Immunology*. 2019. Vol. 100. 103426.
7. Black carp NAP1 positively regulates MDA5-mediated antiviral signaling during the innate immune activation / Can Cai et al. // *Developmental & Comparative Immunology*. 2020. Vol. 107. 103659.
8. Black carp PRMT6 inhibits TBK1-IRF3/7





8. Yuanyuan, Jiang, et al. (2019). Black carp PRMT6 inhibits TBK1-IRF3/7 signaling during the antiviral innate immune activation. *Fish & Shellfish Immunology*, 93, 108-115.
9. Li, Q., Xie, L., Pan, J., He, Y., Wang, E., Wu, H., Xiao, J., & Feng, H. (2023). Black carp RIOK3 suppresses MDA5-mediated IFN signaling in the antiviral innate immunity. *Dev Comp Immunol*, 16, 105059.
10. Xinchu, Xie, et al. (2020). Black carp RIPK1 negatively regulates MAVS-mediated antiviral signaling during the innate immune activation. *Developmental & Comparative Immunology*, 109, 103726.
11. Jun, Yan, et al. (2023). Black carp RNF5 inhibits STING/IFN signaling through promoting K48-linked ubiquitination and degradation of STING. *Developmental & Comparative Immunology*, 145, 104712.
12. Liang, Lu, et al. (2017). Black carp STING functions importantly in innate immune defense against RNA virus. *Fish & Shellfish Immunology*, 70, 13-24.
13. Ziqi, Zou, et al. (2019). Black carp TAB1 up-regulates TAK1/IRF7/IFN signaling during the antiviral innate immune activation. *Fish & Shellfish Immunology*, 89, 736-744.
14. Wanzhen, Li, Yingyi, Cao, Zhaoyuan, Chen, Yaqi, Tan, Yuhuan, Dai, Jing, Wei, Jun, Xiao, & Hao, Feng. (2021). Black carp TRADD suppresses MAVS/IFN signaling during the innate immune activation. *Fish & Shellfish Immunology*, 111, 83-93.
15. Jun, Yan, et al. (2020). Black carp TRAFD1 restrains MAVS-mediated antiviral signaling during the innate immune activation. *Fish & Shellfish Immunology*, 103, 66-72.
16. Yingyi, Cao, et al. (2021). Black carp TUFM collaborates with NLRX1 to inhibit MAVS-mediated antiviral signaling pathway. *Developmental & Comparative Immunology*, 122, 104134.
17. Black carp vasa identifies embryonic signaling during the antiviral innate immune activation / Yuanyuan Jiang et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2019. Vol. 93. P. 108—115.
9. Black carp RIOK3 suppresses MDA5-mediated IFN signaling in the antiviral innate immunity / Li Q. et al. // *Dev Comp Immunol*. 2023. Vol. 16. 105059.
10. Black carp RIPK1 negatively regulates MAVS-mediated antiviral signaling during the innate immune activation / Xinchu Xie et al. // *Developmental & Comparative Immunology*. 2020. Vol. 109. 103726.
11. Black carp RNF5 inhibits STING/IFN signaling through promoting K48-linked ubiquitination and degradation of STING / Jun Yan et al. // *Developmental & Comparative Immunology*. 2023. Vol. 145. 104712.
12. Black carp STING functions importantly in innate immune defense against RNA virus / Liang Lu et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2017. Vol. 70. P. 13—24.
13. Black carp TAB1 up-regulates TAK1/IRF7/IFN signaling during the antiviral innate immune activation / Ziqi Zou et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2019. Vol. 89. P. 736—744.
14. Black carp TRADD suppresses MAVS/IFN signaling during the innate immune activation / Wanzhen Li et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2021. Vol. 111. P. 83—93.
15. Black carp TRAFD1 restrains MAVS-mediated antiviral signaling during the innate immune activation / Jun Yan et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2020. Vol. 103. P. 66—72.
16. Black carp TUFM collaborates with NLRX1 to inhibit MAVS-mediated antiviral signaling pathway / Yingyi Cao et al. // *Developmental & Comparative Immunology*. 2021. Vol. 122. 104134.
17. Black carp vasa identifies embryonic



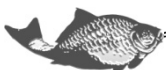
17. Xue, T., Yu, M., Pan, Q., Wang, Y., Fang, J., Li, L., Deng, Y., Chen, K., Wang, Q., & Chen, T. (2017). Black carp vasa identifies embryonic and gonadal germ cells. *Dev Genes Evol*, 227(4), 231-243.
18. Fu, J., He, C., Xia, B., Li, Y., Feng, Q., Yin, Q., Shi, X., Feng, X., Wang, H., & Yao, H. (2016). c-axis preferential orientation of hydroxyapatite accounts for the high wear resistance of the teeth of black carp (*Mylopharyngodon piceus*). *Sci Rep.*, 22, 6, 23509.
19. Gur, G., Melamed, P., Gissis, A., & Yaron, Z. (2000). Changes along the pituitary-gonadal axis during maturation of the black carp, *Mylopharyngodon piceus*. *J Exp Zool*, 286(4), 405-13.
20. Wang, Y., Wu, H., Shi, W., Huang, H., Shen, S., Yang, F., & Chen, S. (2021). Changes of the flavor substances and protein degradation of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) pickled products during steaming. *J Sci Food Agric*, 101(10), 4033-4041.
21. Shu Jiang, et al. (2017). Characterization of the black carp TRAF6 signaling molecule in innate immune defense. *Fish & Shellfish Immunology*, 67, 147-158.
22. Rothbard, Shmuel, et al. (1995). Chromosomeset manipulation in the black carp, *Mylopharyngodon piceus*. *Aquaculture*, 137, 1-4, 156-157.
23. Liang, Chen, et al. (2023). Cloning and characterization of type IV interferon from black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Developmental & Comparative Immunology*, 140, 104614.
24. Jiahua, Zhang, et al. (2023). Cloning, prokaryotic expression, purification, and functional verification of the insulin gene in black carp (*Mylopharyngodon piceus*). *Aquaculture and Fisheries*, 8, 18-25.
25. Bao, S. C., Xie, N., Xu, X. Y., Su, Y. H., Bao, T. J., Shen, Y. B., & Li, J. L. (2020). Complete mitochondrial genome of gray black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Mitochondrial DNA B Resour*, 13, 5(3), 2076-2077.
- and gonadal germ cells / Xue T. et al. // *Dev Genes Evol*. 2017. Vol. 227(4). P. 231—243.
18. c-axis preferential orientation of hydroxyapatite accounts for the high wear resistance of the teeth of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) / Fu J. H. et al. // *Sci Rep*. 2016. Vol. 22, 6. 23509.
19. Changes along the pituitary-gonadal axis during maturation of the black carp, *Mylopharyngodon piceus* / Gur G. et al. // *J Exp Zool*. 2000. Vol. 286(4). P. 405—413.
20. Changes of the flavor substances and protein degradation of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) pickled products during steaming / Wang Y. et al. // *J Sci Food Agric*. 2021. Vol. 101(10). P. 4033—4041.
21. Characterization of the black carp TRAF6 signaling molecule in innate immune defense / Shu Jiang et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2017. Vol. 67. P. 147—158.
22. Chromosomeset manipulation in the black carp, *Mylopharyngodon piceus* / Shmuel Rothbard et al. // *Aquaculture*. 1995. Vol. 137, iss. 1—4. P. 156—157.
23. Cloning and characterization of type IV interferon from black carp *Mylopharyngodon piceus* / Liang Chen et al. // *Developmental & Comparative Immunology*. 2023. Vol. 140. 104614.
24. Cloning, prokaryotic expression, purification, and functional verification of the insulin gene in black carp (*Mylopharyngodon piceus*) / Jiahua Zhang et al. // *Aquaculture and Fisheries*. 2023. Vol. 8, iss. 1. P. 18—25.
25. Complete mitochondrial genome of gray black carp (*Mylopharyngodon piceus*) / Bao S. C. et al. // *Mitochondrial DNA B Resour*. 2020. Vol. 13, No. 5(3). P. 2076—2077.
26. Complete mitogenome sequence of black carp (*Mylopharyngodon piceus*)



26. Wang, C., Wang, J., Yang, J., Lu, G., Song, X., Chen, Q., Xu, J., Yang, Q., & Li, S. (2012). Complete mitogenome sequence of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) and its use for molecular phylogeny of leuciscine fishes. *Mol Biol Rep*, 39(5), 6337-6342.
27. Jiamin Guo, Anqi Wang, Siqu Mao, Xiaoyan Xu, Jiale Li, Yubang Shen. (2022). Construction of high-density genetic linkage map and QTL mapping for growth performance in black carp (*Mylopharyngodon piceus*). *Aquaculture*, 549, 737799.
28. Guancheng, Liao, et al. (2022). DAK inhibits MDA5-mediated signaling in the antiviral innate immunity of black carp. *Developmental & Comparative Immunology*, 126, 104255.
29. Yankai, Liu, et al. (2022). DDX19 inhibits RLR/IRF3 mediated type I interferon signaling of black carp *Mylopharyngodon piceus* by restricting IRF3 from entering nucleus. *Aquaculture*, 553, 738087.
30. Qin, W., Liu, Y., Xiao, J., Chen, N., Tu, J., Wu, H., Zhang, Y., & Feng, H. (2023). DDX23 of black carp negatively regulates MAVS-mediated antiviral signaling in innate immune activation. *Dev Comp Immunol*, 146, 104727.
31. Tongtong, Wang, Shanshan, Jin, Ruoxuan, Lv, Yuting, Meng, Guozhong, Li, Yuxing, Han, & Qiusheng, Zhang. (2023). Development of an indirect ELISA for detection of the adaptive immune response of black carp (*Mylopharyngodon piceus*). *Journal of Immunological Methods*, 521, 113550.
32. Qi, Zhang, et al. (2021). Diversity and succession of the microbial community and its correlation with lipid oxidation in dry-cured black carp (*Mylopharyngodon piceus*) during storage. *Food Microbiology*, 98, 103686.
33. Nguyen, Manh Hung, et al. (2015). Does hardness of food affect the development of pharyngeal teeth of the black carp, *Mylopharyngodon piceus* and its use for molecular phylogeny of leuciscine fishes / Wang C. et al. // *Mol Biol Rep*. 2012. Vol. 39(5). P. 6337—6342.
27. Construction of high-density genetic linkage map and QTL mapping for growth performance in black carp (*Mylopharyngodon piceus*) / Jiamin Guo et al. // *Aquaculture*. 2022. Vol. 549. 737799.
28. DAK inhibits MDA5-mediated signaling in the antiviral innate immunity of black carp / Guancheng Liao et al. // *Developmental & Comparative Immunology*. 2022. Vol. 126. 104255.
29. DDX19 inhibits RLR/IRF3 mediated type I interferon signaling of black carp *Mylopharyngodon piceus* by restricting IRF3 from entering nucleus / Yankai Liu et al. // *Aquaculture*. 2022. Vol. 553. 738087.
30. DDX23 of black carp negatively regulates MAVS-mediated antiviral signaling in innate immune activation / Qin W. et al. // *Dev Comp Immunol*. 2023. Vol. 146. 104727.
31. Development of an indirect ELISA for detection of the adaptive immune response of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) / Tongtong Wang et al. // *Journal of Immunological Methods*. 2023. Vol. 521. 113550.
32. Diversity and succession of the microbial community and its correlation with lipid oxidation in dry-cured black carp (*Mylopharyngodon piceus*) during storage / Qi Zhang et al. // *Food Microbiology*. 2021. Vol. 98. 103686.
33. Does hardness of food affect the development of pharyngeal teeth of the black carp, *Mylopharyngodon piceus* (Pisces: Cyprinidae)? / Nguyen Manh Hung et al. // *Biological Control*. 2015. Vol. 80. P. 156—159.
34. Effects of dietary berberine on growth performance, lipid metabolism, antiox-



- lopharyngodon piceus* (Pisces: Cyprinidae)? *Biological Control*, 80, 156-159.
34. Wang, J. H., Wang, T., Ye, T. H., & et al. (2022). Effects of dietary berberine on growth performance, lipid metabolism, antioxidant capacity and lipometabolism-related genes expression of AMPK signaling pathway in juvenile black carp (*Mylopharyngodon piceus*) fed high-fat diets. *Fish Physiol Biochem*, 23.
35. Xiaowei, Jia, Pengcheng, Qian, Chenlong, Wu, Yuanyuan, Xie, Wenxue, Yang, Rui, Song, Jiaojiao, Wu, & Jinyun, Ye. (2022). Effects of dietary pantothenic acid on growth, antioxidant ability and innate immune response in juvenile black carp. *Aquaculture Reports*, 24, 101131.
36. Wu, C., Lu, B., Wang, Y., Jin, C., Zhang, Y., & Ye, J. (2020). Effects of dietary vitamin D3 on growth performance, antioxidant capacities and innate immune responses in juvenile black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Fish Physiol Biochem*, 46(6), 2243-2256.
37. el-Deeb, F. A., & Ismail, N. M. (2004). Feeding ecology and food composition of the black carp *Mylopharyngodon piceus* and the grass carp *Ctenopharyngodon idella* inhabiting the fish pond of Al-Abbassa fish hatchery with emphasis given to vector snails. *J Egypt Soc Parasitol*, 34(2), 643-57.
38. Xue, T., Wang, Y. Z., Pan, Q. H., Wang, Q., Yuan, J. F., & Chen, T. S. (2018). Establishment of a cell line from the kidney of black carp and its susceptibility to spring viremia of carp virus. *J Fish Dis*, 41(2), 365-374.
39. Nguyen, Manh Hung, et al. (2014). Feeding behavior of black carp *Mylopharyngodon piceus* (Pisces: Cyprinidae) on fry of other fish species and trematode transmitting snail species. *Biological Control*, 72, 118-124.
40. Gidmark, N. J., Taylor, C., LoPresti, E., & Brainerd, E. (2015). Functional capacity and lipometabolism-related genes expression of AMPK signaling pathway in juvenile black carp (*Mylopharyngodon piceus*) fed high-fat diets / Wang J. H. et al. // *Fish Physiol Biochem*. 2022. Nov 23.
35. Effects of dietary pantothenic acid on growth, antioxidant ability and innate immune response in juvenile black carp / Xiaowei Jia et al. // *Aquaculture Reports*. 2022. Vol. 24. 101131.
36. Effects of dietary vitamin D3 on growth performance, antioxidant capacities and innate immune responses in juvenile black carp *Mylopharyngodon piceus* / Wu C. et al. // *Fish Physiol Biochem*. 2020. Vol. 46(6). P. 2243—2256.
37. el-Deeb F. A., Ismail N. M. Feeding ecology and food composition of the black carp *Mylopharyngodon piceus* and the grass carp *Ctenopharyngodon idella* inhabiting the fish pond of Al-Abbassa fish hatchery with emphasis given to vector snails // *J Egypt Soc Parasitol*. 2004. Vol. 34(2). P. 643—657.
38. Establishment of a cell line from the kidney of black carp and its susceptibility to spring viremia of carp virus / Xue T. et al. // *J Fish Dis*. 2018. Vol. 41(2). P. 365—374.
39. Feeding behavior of black carp *Mylopharyngodon piceus* (Pisces: Cyprinidae) on fry of other fish species and trematode transmitting snail species / Nguyen Manh Hung et al. // *Biological Control*. 2014. Vol. 72. P. 118—124.
40. Functional morphology of durophagy in black carp, *Mylopharyngodon piceus* / Gidmark N. J. et al. // *J Morphol*. 2015. Vol. 276(12). P. 1422—1432.
41. Identification and characterization of IRF9 from black carp *Mylopharyngodon piceus* / Xingyu Lu et al. // *Developmental & Comparative Immunology*. 2020. Vol. 103. 103528.
42. Identification and characterization of



- morphology of durophagy in black carp, *Mylopharyngodon piceus*. *J Morphol.*, 276(12), 1422-1432.
41. Xingyu, Lu, et al. (2020). Identification and characterization of IRF9 from black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Developmental & Comparative Immunology*, 103, 103528.
  42. Wei, Zhou, et al. (2015). Identification and characterization of MAVS from black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Fish & Shellfish Immunology*, 43, 2, 460-468.
  43. Wu, C., Gao, J., Chen, L., Shao, X., & Ye, J. (2018). Identification, characterization, and expression analysis of adiponectin receptors in black carp *Mylopharyngodon piceus* in response to dietary carbohydrate. *Fish Physiol Biochem*, 44(4), 1127-1141.
  44. Zhilin, Huang, Song, Chen, Jiachen, Liu, Jun, Xiao, Jun, Yan, & Hao, Feng. (2015). IFN $\alpha$  of black carp is an antiviral cytokine modified with N-linked glycosylation. *Fish & Shellfish Immunology*, 46, 2, 477-485.
  45. Hui, Wu, Liqun, Liu, Sizhong, Wu, Chanyuan, Wang, Chaoliang, Feng, Jun, Xiao, & Hao, Feng. (2018). IFN $\beta$  of black carp functions importantly in host innate immune response as an antiviral cytokine. *Fish & Shellfish Immunology*, 74, 1-9.
  46. Feng, H., Cheng, J., Liu, Y., Luo, J., Li, J. Z., Liu, S. J., & Liu, J. (2005). *In vitro* expression and antibody preparation of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) GH. *Yi Chuan*, 27(5), 729-34.
  47. Jun, Xiao, et al. (2016). LGP2 of black carp plays an important role in the innate immune response against SVCV and GCRV. *Fish & Shellfish Immunology*, 57, 127-135.
  48. Liu, W. (2020). Complement proteins detected through iTRAQ-based proteomics analysis of serum from black carp *Mylopharyngodon piceus* in response to experimentally induced *Aeromonas hydrophila* infection. *Dis Aquat* MAVS from black carp *Mylopharyngodon piceus* / Wei Zhou et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2015. Vol. 43, iss. 2. P. 460—468.
  43. Identification, characterization, and expression analysis of adiponectin receptors in black carp *Mylopharyngodon piceus* in response to dietary carbohydrate / Wu C. et al. // *Fish Physiol Biochem*. 2018. Vol. 44(4). P. 1127—1141.
  44. IFN $\alpha$  of black carp is an antiviral cytokine modified with N-linked glycosylation / Zhilin Huang et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2015. Vol. 46, iss. 2. P. 477—485.
  45. IFN $\beta$  of black carp functions importantly in host innate immune response as an antiviral cytokine / Hui Wu et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2018. Vol. 74. P. 1—9.
  46. *In vitro* expression and antibody preparation of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) GH / Feng H. et al. // *Yi Chuan*. 2005. Vol. 27(5). P. 729—734.
  47. LGP2 of black carp plays an important role in the innate immune response against SVCV and GCRV / Jun Xiao et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2016. Vol. 57. P. 127—135.
  48. Liu W. Complement proteins detected through iTRAQ-based proteomics analysis of serum from black carp *Mylopharyngodon piceus* in response to experimentally induced *Aeromonas hydrophila* infection // *Dis Aquat Organ*. 2020. Vol. 140. P. 187—201.
  49. Long non-coding RNAs are involved in immune resistance to *Aeromonas hydrophila* in black carp (*Mylopharyngodon piceus*) / Xueshu Zhang et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2022. Vol. 127. P. 366—374.
  50. Lysine 39 of IKK $\epsilon$  of black carp is crucial for its regulation on IRF7-mediated antiviral signaling / Jun Li et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2018. Vol. 77.



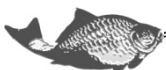
- Organ*, 140, 187-201.
49. Xueshu, Zhang, et al. (2022). Long non-coding RNAs are involved in immune resistance to *Aeromonas hydrophila* in black carp (*Mylopharyngodon piceus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 127, 366-374.
50. Jun, Li, et al. (2018). Lysine 39 of IKK $\epsilon$  of black carp is crucial for its regulation on IRF7-mediated antiviral signaling. *Fish & Shellfish Immunology*, 77, 410-418.
51. Yixiao, Qu, et al. (2015). Molecular cloning and characterization of IKK $\epsilon$  gene from black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Fish & Shellfish Immunology*, 47, 1, 122-129.
52. Chaoliang, Feng, Yinyin, Zhang, Jun, Li, Ji, Liu, Hui, Wu, Jun, Xiao, & Hao, Feng. (2018). Molecular cloning and characterization of TANK of black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Fish & Shellfish Immunology*, 81, 113-120.
53. Shujian, Chen, et al. (2020). Molecular cloning, characterization and expression modulation of four ferritins in black carp *Mylopharyngodon piceus* in response to *Aeromonas hydrophila* challenge. *Aquaculture Reports*, 16, 100238.
54. Chenglong, Wu, et al. (2016). Molecular cloning, characterization and mRNA expression of six peroxiredoxins from Black carp *Mylopharyngodon piceus* in response to lipopolysaccharide challenge or dietary carbohydrate. *Fish & Shellfish Immunology*, 50, 210-222.
55. Ji, Liu, et al. (2020). Multi-omics analysis revealed crucial genes and pathways associated with black carp antiviral innate immunity. *Fish & Shellfish Immunology*, 106, 724-732.
56. Jun, Xiao, et al. (2016). Mx1 of black carp functions importantly in the antiviral innate immune response. *Fish & Shellfish Immunology*, 58, 584-592.
57. Xueshu, Zhang, et al. (2019). Myeloid differentiation factor 88 (Myd88) is involved in the innate immunity of P. 410—418.
51. Molecular cloning and characterization of IKK $\epsilon$  gene from black carp *Mylopharyngodon piceus* / Yixiao Qu et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2015. Vol. 47, iss. 1. P. 122—129.
52. Molecular cloning and characterization of TANK of black carp *Mylopharyngodon piceus* / Chaoliang Feng et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2018. Vol. 81. P. 113—120.
53. Molecular cloning, characterization and expression modulation of four ferritins in black carp *Mylopharyngodon piceus* in response to *Aeromonas hydrophila* challenge / Shujian Chen et al. // *Aquaculture Reports*. 2020. Vol. 16. 100238.
54. Molecular cloning, characterization and mRNA expression of six peroxiredoxins from Black carp *Mylopharyngodon piceus* in response to lipopolysaccharide challenge or dietary carbohydrate / Chenglong Wu et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2016. Vol. 50. P. 210—222.
55. Multi-omics analysis revealed crucial genes and pathways associated with black carp antiviral innate immunity / Ji Liu et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2020. Vol. 106. P. 724—732.
56. Mx1 of black carp functions importantly in the antiviral innate immune response / Jun Xiao et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2016. Vol. 58. P. 584—592.
57. Myeloid differentiation factor 88 (Myd88) is involved in the innate immunity of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) defense against pathogen infection / Xueshu Zhang et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2019. Vol. 94. P. 220—229.
58. Negatively regulation of MAVS-mediated antiviral innate immune response by E3 ligase RNF5 in black carp / Jun Yan et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2023. Vol. 134. 108583.



- black carp (*Mylopharyngodon piceus*) defense against pathogen infection. *Fish & Shellfish Immunology*, 94, 220-229.
58. Jun, Yan, Guoxia, Qiao, Enhui, Wang, Yuqing, Peng, Jiamin, Yu, Hui, Wu, Meiling, Liu, Jiagang, Tu, Yongan, Zhang, & Hao, Feng. (2023). Negatively regulation of MAVS-mediated antiviral innate immune response by E3 ligase RNF5 in black carp. *Fish & Shellfish Immunology*, 134, 108583.
  59. Nico, L. G., Williams, J. D., & Jelks H. L. (2005). *Black carp. Biological synopsis and risk assessment of an introduced fish*. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society.
  60. Zhaoyuan, Chen, et al. (2021). NLK suppresses MAVS-mediated signaling in black carp antiviral innate immunity. *Developmental & Comparative Immunology*, 122, 104105.
  61. Xuejiao, Song, et al. (2019). NLRX1 of black carp suppresses MAVS-mediated antiviral signaling through its NACHT domain. *Developmental & Comparative Immunology*, 96, 68-77.
  62. Qun, Wang, et al. (2022). PKAC $\alpha$  negatively regulates TAK1/IRF7 signaling in black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Developmental & Comparative Immunology*, 127, 104306.
  63. Yang, X., Ai, Y., Chen, L., Wang, C., Liu, J., Zhang, J., Li, J., Wu, H., Xiao, J., Chang, M., & Feng, H. (2023). PRKX down-regulates TAK1/IRF7 signaling in the antiviral innate immunity of black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Front Immunol*, 11, 13, 999219.
  64. Can, Yang, et al. (2023). PRMT6 inhibits K63-linked ubiquitination and promotes the degradation of IRF3 in the antiviral innate immunity of black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Aquaculture*, 562, 738872.
  65. Yulong, Bao, et al. (2020). Protein degradation of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) muscle during cold storage.
  59. Nico L. G., Williams J. D., Jelks H. L. Black carp. Biological synopsis and risk assessment of an introduced fish. Bethesda, Maryland : American Fisheries Society, 2005. 337 p.
  60. NLK suppresses MAVS-mediated signaling in black carp antiviral innate immunity / Zhaoyuan Chen et al. // Developmental & Comparative Immunology. 2021. Vol. 122. 104105.
  61. NLRX1 of black carp suppresses MAVS-mediated antiviral signaling through its NACHT domain / Xuejiao Song et al. // Developmental & Comparative Immunology. 2019. Vol. 96. P. 68—77.
  62. PKAC $\alpha$  negatively regulates TAK1/IRF7 signaling in black carp *Mylopharyngodon piceus* / Qun Wang et al. // Developmental & Comparative Immunology. 2022. Vol. 127. 104306.
  63. PRKX down-regulates TAK1/IRF7 signaling in the antiviral innate immunity of black carp *Mylopharyngodon piceus* / Yang X. et al. // Front Immunol. 2023. Vol. 13. 999219.
  64. PRMT6 inhibits K63-linked ubiquitination and promotes the degradation of IRF3 in the antiviral innate immunity of black carp *Mylopharyngodon piceus* / Can Yang et al. // Aquaculture. 2023. Vol. 562. 738872.
  65. Protein degradation of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) muscle during cold storage / Yulong Bao et al. // Food Chemistry. 2020. Vol. 308. 125576.
  66. Quality Changes and Biogenic Amines Accumulation of Black Carp (*Mylopharyngodon piceus*) Fillets Stored at Different Temperatures / Hongbing Fan et al. // Journal of Food Protection. 2016. Vol. 79, iss. 4. P. 635—645.
  67. Quality parameters of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) raised in lotic and lentic freshwater systems / Yves Harimana et al. // LWT. 2018. Vol. 90.



- Food Chemistry*, 308, 125576.
66. Hongbing, Fan, et al. (2014). Biogenic amine and quality changes in lightly salt- and sugar-salted black carp (*Mylopharyngodon piceus*) fillets stored at 4 °C. *Food Chemistry*, 159, 15, 20-28.
67. Yves, Harimana, et al. (2018). Quality parameters of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) raised in lotic and lentic freshwater systems. *LWT*, 90, 45-52.
68. Yuhan, Dai, et al. (2021). RIPK3 collaborates with RIPK1 to inhibit MAVS-mediated signaling during black carp antiviral innate immunity. *Fish & Shellfish Immunology*, 115, 142-149.
69. Dai, Y. F., Shen, Y. B., Wang, S. T., Zhang, J. H., Su, Y. H., Bao, S. C., Xu, X. Y., & Li, J. (2021). L. RNA-Seq Transcriptome Analysis of the Liver and Brain of the Black Carp (*Mylopharyngodon piceus*) During Fasting. *Mar Biotechnol (NY)*, 23(3), 389-401.
70. Jun, Yan, et al. (2023). Role of the dimerization domain of black carp STING during the antiviral innate immunity. *Reproduction and Breeding*, 3, 2, 59-65.
71. Jun, Li, et al. (2019). SIKE of black carp is a substrate of TBK1 and suppresses TBK1-mediated antiviral signaling. *Developmental & Comparative Immunology*, 90, 157-164.
72. Hui, Wu, et al. (2019). STAT1a and STAT1b of black carp play important roles in the innate immune defense against GCRV. *Fish & Shellfish Immunology*, 87, 386-394.
73. Li, X., Zhang, Y., Li, X., Zheng, H., Peng, J., & Fu, S. (2018). Sustained exercise-trained juvenile black carp (*Mylopharyngodon piceus*) at a moderate water velocity exhibit improved aerobic swimming performance and increased postprandial metabolic responses. *Biol Open*, 7(2), bio032425.
74. Chanyuan, Wang, Jun, Peng, Minyu, Zhou, Guancheng, Liao, Xiao, Yang, Hui, Wu, Jun, Xiao, & Hao, Feng. P. 45—52.
68. RIPK3 collaborates with RIPK1 to inhibit MAVS-mediated signaling during black carp antiviral innate immunity / Yuhan Dai et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2021. Vol. 115. P. 142—149.
69. RNA-Seq Transcriptome Analysis of the Liver and Brain of the Black Carp (*Mylopharyngodon piceus*) During Fasting / Dai Y. F. et al. // *Mar Biotechnol (NY)*. 2021. Vol. 23(3). P. 389—401.
70. Role of the dimerization domain of black carp STING during the antiviral innate immunity / Jun Yan et al. // *Reproduction and Breeding*. 2023. Vol. 3, iss. 2. P. 59—65.
71. SIKE of black carp is a substrate of TBK1 and suppresses TBK1-mediated antiviral signaling / Jun Li et al. // *Developmental & Comparative Immunology*. 2019. Vol. 90. P. 157—164.
72. STAT1a and STAT1b of black carp play important roles in the innate immune defense against GCRV / Hui Wu et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2019. Vol. 87. P. 386—394.
73. Sustained exercise-trained juvenile black carp (*Mylopharyngodon piceus*) at a moderate water velocity exhibit improved aerobic swimming performance and increased postprandial metabolic responses / Li X. et al. // *Biol Open*. 2018. Vol. 7(2). bio032425.
74. TAK1 of black carp positively regulates IRF7-mediated antiviral signaling in innate immune activation / Chanyuan Wang et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2019. Vol. 84. P. 83—90.
75. TBK1 of black carp plays an important role in host innate immune response against SVCV and GCRV / Chuanzhe Yan et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2017. Vol. 69. P. 108—118.
76. The antiviral signaling mediated by black carp MDA5 is positively regulated by LGP2 / Ji Liu et al. // *Fish &*





- (2019). TAK1 of black carp positively regulates IRF7-mediated antiviral signaling in innate immune activation *Fish & Shellfish Immunology*, 84, 83-90.
75. Chuanzhe, Yan, et al. (2017). TBK1 of black carp plays an important role in host innate immune response against SVCV and GCRV. *Fish & Shellfish Immunology*, 69, 108-118.
76. Ji, Liu, Jun, Li, Jun, Xiao, Hui, Chen, Liang, Lu, Xu, Wang, Yu, Tian, & Hao, Feng. (2017). The antiviral signaling mediated by black carp MDA5 is positively regulated by LGP2. *Fish & Shellfish Immunology*, 66, 360-371.
77. Chenglong, Wu, et al. (2016). The effects of dietary carbohydrate on the growth, antioxidant capacities, innate immune responses and pathogen resistance of juvenile Black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Fish & Shellfish Immunology*, 49, 132-142.
78. Chenglong, Wu, et al. (2017). The effects of dietary leucine on the growth performances, body composition, metabolic abilities and innate immune responses in black carp *Mylopharyngodon piceus*. *Fish & Shellfish Immunology*, 67, 419-428.
79. Pang, X., Fu, S. J., Li, X. M., & Zhang, Y. G. (2016). The effects of starvation and re-feeding on growth and swimming performance of juvenile black carp (*Mylopharyngodon piceus*). *Fish Physiol Biochem*, 42(4), 1203-1212.
80. Liu, J., He, Y., Miao, Y., Dai, C., Yan, J., Liu, M., Zou, J., & Feng, H. (2023). The phenylalanine-28 is crucial for black carp RIG-I mediated antiviral signaling. *Dev Comp Immunol*, 148, 104917.
81. Hui, Chen, et al. (2017). TRAF2 of black carp upregulates MAVS-mediated antiviral signaling during innate immune response. *Fish & Shellfish Immunology*, 71, 1-9.
82. Xu, Wang, Xuejiao, Song, Xinchu, Xie, Wanzhen, Li, Liang, Lu, Song, Chen, Hui, Wu, & Hao, Feng. (2018). TRAF3 Shellfish Immunology. 2017. Vol. 66. P. 360—371.
77. The effects of dietary carbohydrate on the growth, antioxidant capacities, innate immune responses and pathogen resistance of juvenile Black carp *Mylopharyngodon piceus* / Chenglong Wu et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2016. Vol. 49. P. 132—142.
78. The effects of dietary leucine on the growth performances, body composition, metabolic abilities and innate immune responses in black carp *Mylopharyngodon piceus* / Chenglong Wu et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2017. Vol. 67. P. 419—428.
79. The effects of starvation and re-feeding on growth and swimming performance of juvenile black carp (*Mylopharyngodon piceus*) / Pang X. et al. // *Fish Physiol Biochem*. 2016. Vol. 42(4). P. 1203—1212.
80. The phenylalanine-28 is crucial for black carp RIG-I mediated antiviral signaling / Liu J. et al. // *Dev Comp Immunol*. 2023. Vol. 148. 104917.
81. TRAF2 of black carp upregulates MAVS-mediated antiviral signaling during innate immune response / Hui Chen et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2017. Vol. 71. P. 1—9.
82. TRAF3 enhances STING-mediated antiviral signaling during the innate immune activation of black carp / Xu Wang et al. // *Developmental & Comparative Immunology*. 2018. Vol. 88. P. 83—93.
83. Transcriptome analysis and histopathology of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) spleen infected by *Aeromonas hydrophila* / Xueshu Zhang et al. // *Fish & Shellfish Immunology*. 2018. Vol. 83. P. 330—340.
84. Transcriptome Analysis of the Liver and Muscle Tissues of Black Carp (*Mylopharyngodon piceus*) of Different Growth Rates / Zhang J. et al. // *Mar*



- enhances STING-mediated antiviral signaling during the innate immune activation of black carp. *Developmental & Comparative Immunology*, 88, 83-93.
83. Xueshu, Zhang, Yubang, Shen, Xiaoyan, Xu, Meng, Zhang, Yulin, Bai, Yiheng, Miao, Yuan, Fang, Jiahua, Zhang, Rongquan, Wang, & Jiale, Li. (2018). Transcriptome analysis and histopathology of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) spleen infected by *Aeromonas hydrophila*. *Fish & Shellfish Immunology*, 83, 330-340.
84. Zhang, J., Shen, Y., Xu, X., Dai, Y., & Li, J. (2020). Transcriptome Analysis of the Liver and Muscle Tissues of Black Carp (*Mylopharyngodon piceus*) of Different Growth Rates. *Mar Biotechnol (NY)*, 22(5), 706-716.
85. Fei, Peng, Saisai, Jin, Zhaoyuan, Chen, Haiyan, Chang, Jun, Xiao, Jianzhong, Li, Jun, Zou, & Hao, Feng. (2021). TRIF-mediated antiviral signaling is differentially regulated by TRAF2 and TRAF6 in black carp. *Developmental & Comparative Immunology*, 121, 104073.
86. Hung, N. M., Duc, N. V., Stauffer, J. R. Jr., & Madsen, H. (2013). Use of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) in biological control of intermediate host snails of fish-borne zoonotic trematodes in nursery ponds in the Red River Delta, Vietnam. *Parasit Vectors*, 16, 6, 142.
87. Xueshu, Zhang, et al. (2020). Using GFP as a biomarker to visualize the process of bacterial infection in black carp (*Mylopharyngodon piceus*). *Aquaculture Reports*, 18, 100530.
88. Wang, Y., Xue, T., Wang, Q., Xia, B., Pan, Q., & Chen, T. (2020). Virus susceptibility of a new cell line derived from the fin of black carp *Mylopharyngodon piceus*. *J Fish Biol*, 96(2), 418-426.
89. Wozney, Kristyne M., & Wilson, Chris C. (2017). Quantitative PCR multiplexes for simultaneous multispecies detection of Asian carp eDNA. *Journal of Great Lakes Research*, 43, 4, 771-776.
- Biotechnol (NY). 2020. Vol. 22(5). P. 706—716.
85. TRIF-mediated antiviral signaling is differentially regulated by TRAF2 and TRAF6 in black carp / Fei Peng et al. // *Developmental & Comparative Immunology*. 2021. Vol. 121. 104073.
86. Use of black carp (*Mylopharyngodon piceus*) in biological control of intermediate host snails of fish-borne zoonotic trematodes in nursery ponds in the Red River Delta, Vietnam / Hung N. M. et al. // *Parasit Vectors*. 2013. Vol. 16, 6. P. 142.
87. Using GFP as a biomarker to visualize the process of bacterial infection in black carp (*Mylopharyngodon piceus*) / Xueshu Zhang et al. // *Aquaculture Reports*. 2020. Vol. 18. 100530.
88. Virus susceptibility of a new cell line derived from the fin of black carp *Mylopharyngodon piceus* / Wang Y. et al. // *J Fish Biol*. 2020. Vol. 96(2). P. 418—426.
89. Wozney Kristyne M., Wilson Chris C. Quantitative PCR multiplexes for simultaneous multispecies detection of Asian carp eDNA // *Journal of Great Lakes Research*. 2017. Vol. 43, iss. 4. P. 771—776.



## ANNIVERSARIES / ЮБІЛЕЇ



### ВІДОМОМУ ВЧЕНОМУ В ГАЛУЗІ РИБНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА БІОЛОГІЇ ГІДРОБІОНТІВ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я — 70 РОКІВ

*Павло Володимирович Шекк народився 9 липня 1953 року у місті Одеса і, як більшість одеських хлопців, з дитинства заховався в море, в дивовижний підводний світ, в його таємничих мешканців. Це і визначило шлях майбутнього вченого, морського біолога, рибника.*

Закінчивши у 1975 р. кафедру гідробіології біологічного факультету Одеського державного університету ім. І. І. Мечникова (Одеський національний університет імені І. І. Мечникова), Павло Володимирович почав працювати на посаді молодшого наукового співробітника в лабораторії сировинної бази Чорного моря Одеського відділення Азово-Чорноморського науково-дослідного інституту морського рибного господарства та океанографії — АзЧерНІРО (з 1988 р. ОдвПівденНІРО). Брав участь у наукових експедиціях на Середземне, Чорне та Азовське моря, Індійський та Атлантичний океани, в Антарктику. Ці експедиції значно розширили світогляд молодого біолога, допомогли сформувати його наукові інтереси, визначити напрямок подальших досліджень.

У 1979 р. Павло Шекк вступив до аспірантури Всесоюзного науково-дослід-

ного інституту рибного господарства та океанографії (ВНІРО). Після успішного завершення навчання повернувся на роботу в лабораторію лиманного рибництва ОдвАзЧерНІРО. У 1983 р. Павло Володимирович в Інституті морфології і екологічної фізіології тварин ім. А.Н. Северцова АН СРСР (нині Інститут проблем екології і еволюції імені О. М. Северцова) захистив кандидатську дисертацію на тему «Енергетичний обмін і харчові потреби молоді чорноморських кефалей» (спеціальність «іхтіологія» — 03.02.06), отримав науковий ступінь кандидата біологічних наук.

У цей час молодого вченого зацікавили перспективи розвитку марикультури у Чорноморському басейні. До кола його наукових інтересів увійшли проблеми зимівлі чорноморських кефалей, садкового вирощування осетрових та лососевих риб, дослідження особливостей формування біоти штучних рифів та



інші. Сформувався й пріоритетний напрямок його досліджень — відновлення популяцій цінних аборигенних риб — легендарних кефалей, камбали глоси та чорноморського калкана.

У 1985 році Павло Володимирович Шекк був призначений на посаду старшого наукового співробітника ОдвАзЧерНІРО. В цей час у складі групи молодих фахівців-одномумців він займався розробкою методів відтворення чорноморських кефалей лобаня, сингіля, далекосхідної кефалі піленгаса та інших морських риб.

У 1987 році після призначення на посаду провідного наукового співробітника Павло Володимирович очолив об'єднану групу фахівців головного Інституту АзЧерНІРО та його Одеського відділення, яка займалася проблемами відтворення морських риб. В 1993–1995 роках ці дослідження завершилися, а розроблені технології штучного відтворення кефалевих та камбалових риб пройшли виробничу перевірку і були рекомендовані до практичного використання. На жаль, на той час в Україні не було відповідного обладнання (УЗВ) для запровадження таких технологій.

Зважаючи на це, в період 1993–1997 років, Павло Володимирович Шекк, працюючи старшим науковим співробітником ОдвПівденНІРО, одночасно обіймав посаду заступника директора з наукової роботи Госпрозрахункового територіального міжгалузевого об'єднання (ГТМО), на базі якого організував розробку та виробництво рециркуляційних рибницьких систем (УЗВ), необхідних для культивування морських риб. Розроблена біотехнологія і рибницьке обладнання використовували при будівництві п'яти рибозплідників з відтворення кефалевих і камбалових риб (поблизу міст Джанкой, Керч, Тамань, а також в Одеській області на Шаболатському та Хаджибейському лиманах).

У 1997 році, за рекомендацією вченого, кефаль піленгаса було вселено в Хаджибейський лиман, який на цей час практично втратив прісноводну іхтіофауну в результаті осолонення і прогресуючої евтрофікації. Завдяки роботі збудованого на базі Палієвської рибдільниці рибозплідника, щорічно в лиман випускали молодь піленгаса (за 4 роки — 46 мільйонів мальків). У результаті, вже через 5 років вилов кефалі в лимані становив понад 250–400 т і продовжував зростати, досягнувши максимуму — понад 900 т у 2013 році.

У цей час (1997 р.) Павло Володимирович обіймав посаду директора виробничо-дослідних експериментальних рибозплідних об'єктів управління «Одесарибвод» (Одеського басейнового управління охорони, відтворення водних живих ресурсів та регулювання рибальства «Одесарибвод»), одночасно продовжував працювати на посаді старшого наукового співробітника ОдвПівденНІРО, а пізніше — в Одеській філії Інституту біології південних морів імені О. О. Ковалевського НАН України.

На базі трьох рибозплідників, які входили до складу Дирекції Експериментально-дослідних рибницьких об'єктів управління «Одесарибвод» — Експериментального кефалевого заводу (Шаболатський і Тузлівські лимани), Палієвського (Хаджибейський лиман) та Дністровського (р. Дністер, с. Паланка) рибозплідників — проводились роботи з відтворення морських і прісноводних видів риб для зариблення природних водойм. Ці роботи сприяли відновленню природних популяцій аборигенної іхтіофауни, зростанню рибного промислового ресурсу в водоймах Одеської області.

З 2004 року Павло Володимирович Шекк працює в Одеському державному екологічному університеті (ОДЕКУ)



на посаді доцента кафедри гідроекології і водних досліджень, а в період 2006–2012 років — на посаді декана природоохоронного факультету. В цей період за активної участі Павла Володимировича в університеті було створено кафедру «Водні біоресурси та аквакультура», яку він очолював упродовж 2012–2022 років. За плідну багаторічну працю Павло Володимирович нагороджений почесним знаком МОН України «Відмінник освіти».

У 2012 р. П. В. Шекк в Інституті рибного господарства Національної академії аграрних наук України (ІРГ НААН) захистив дисертаційну роботу «Теоретично-біологічні основи культивування морських риб» (спеціальність 06.02.03 — «рибництво») і отримав науковий ступінь доктора сільськогосподарських наук. У 2014 році йому було присвоєно вчене звання професора.

З 2022 року Павло Володимирович Шекк — професор кафедри водних біоресурсів та аквакультури ОДЕКУ, є науковим керівником фахових робіт багатьох магістрів та аспірантів кафедри.

Вченим опубліковано понад 225 на-

укових і науково-методичних праць, в тому числі шість монографій, два патенти, сім підручників та посібників (два з них з грифом МОН України).

Павло Володимирович входить до складу спеціалізованих вчених рад із захисту кандидатських і докторських дисертацій при Інституті морської біології Національної академії наук України (м. Одеса) та Інституті рибного господарства НААН (м. Київ). Він є членом редакційних колегій фахових наукових журналів категорії Б: «Водні біоресурси та аквакультура» (м. Херсон), «Вісник аграрної науки Причорномор'я» (м. Миколаїв), «Рибогосподарська наука України» (м. Київ).

За період багаторічної плідної наукової та педагогічної роботи Павло Володимирович Шекк підготував значну кількість фахівців рибогосподарської галузі — рибників, науковців і виробників, іхтіологів, інспекторів органів рибоохорони тощо. Сьогодні він продовжує активну науково-педагогічну діяльність, яку успішно суміщає з практичною роботою у рибогосподарській галузі.

*Колектив Інституті рибного господарства Національної академії аграрних наук України і редакція журналу «Рибогосподарська наука України» бажає Павлу Володимировичу міцного здоров'я та довгих років плідної праці.*



## З ДНЕМ РИБАЛКИ!

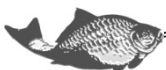
Нехай віра, надія і любов у Вашому серці допомагають тримати рівновагу у ці буремні часи!

Господь обов'язково принесе мир в родини по всій країні!

Бажаю відзначити наступний день рибалки в мирній та вільній Україні!

**Слава Україні! Героям слава!**

*Головний редактор,  
директор Інституту рибного господарства НААН,  
доктор сільськогосподарських наук, професор, академік  
Національної академії аграрних наук України,  
Грициняк Ігор Іванович*



## FISHERIES SCIENCE OF UKRAINE

“Fisheries Science of Ukraine” — a scientific journal, has been published in Ukraine since 2007. “Fisheries Science of Ukraine” included in the List of Specialized Publications of Ukraine, which can be used for publishing results of doctor’s and candidate’s thesis (biological and agricultural subject specialism – 091, 207), recertification of 17.03.2020 (decision of Ministry of Education and Science of Ukraine №409)

Founder and publisher of the journal —

Institute of Fisheries of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (IF NAAS)

State registration certificate KB № 20934-10734 PR of 18.08.2014

**EDITOR-IN-CHIEF** — **Ihor Hrytsyniak**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the NAAS of Ukraine, Director IF NAAS, Kyiv, UKRAINE

**DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF** (*are staff employees of the IF NAAS*) — **N. Matvienko** (Doctor of Biological Sc., SRS, Head of the Lab. of Ichthyopathology) & **N. Kolesnyk** (Candidate of Agricultural Sc., SRS, Head of the Lab. of International Scientific and Technical Cooperation and Intellectual Property)

**EDITORIAL BOARD** (biology, aquatic bioresources & aquaculture)

**I. Buzevych**, D. of Biological Sc., SRS, Head of the Dept. of Study Reservoirs Bioresources, IF NAAS, Kyiv, UKRAINE

**L. Buchatskyi**, D. of Biological Sc., Academician of the Academy of Sciences of the Higher School of Ukraine, LRS of the Lab. of Biotechnologies, IF NAAS, Kyiv, UKRAINE

**A. Lysytsya**, D. of Biological Sc., Prof., Experimental Epizootology Station, IF NAAS, Rivne, UKRAINE

**O. Potrokhov**, D. of Biological Sc., SRS, Head of the Lab. of Biology of reproduction of fish, Institute of Hydrobiology NAS of Ukraine, Kyiv, UKRAINE

**V. Sondak**, D. of Biological Sc., Prof., Water Bioresources Dept., National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, UKRAINE

**O. Didenko**, Candidate of Biological Sc., LRS, Dept. of Study Reservoirs Bioresources, IF NAAS, Kyiv, UKRAINE

**L. Dragan**, Candidate of Biological Sc., SRS, Head of the Lab. of Ecological Studies, IF NAAS, Kyiv, UKRAINE

**G. Kotovska**, Candidate of Biological Sc., SRS, Associate Prof., Dept. of Hydrobiology and Ichthyology, National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, UKRAINE

**S. Kruzhilina**, Candidate of Biological Sc., SRS, Head of the section of Study Reservoirs Bioresources, IF NAAS, Kyiv, UKRAINE

**P. Kutishchev**, Candidate of Biological Sc., Associate Prof., Dept. of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Kherson State Agricultural University, Kherson, UKRAINE

**O. Marenkov**, Candidate of Biological Sc., Associate Prof., vice-rector for scientific work, Dnipro National University named after Oles Honchar, UKRAINE

**Mgr. L. Pekárik**, PhD., OBE senior researcher, Institute of Botany, Plant Science and Biodiversity Centre Slovak Academy of Sciences, Bratislava, SLOVAK REPUBLIC

**Yu. Rud'**, Candidate of Biological Sc., SRS, Head of the Lab. of Biotechnology, IF NAAS, Kyiv, UKRAINE

**L. Samchyshyna**, Candidate of Biological Sc., LRS., Lab. of Hydrobiology and Technology of Invertebrates Cultivation, IF NAAS, Kyiv, UKRAINE

**M. Stachnik**, PhD, Dept. of Fish Diseases, National Veterinary Research Institute, Pulawy, REPUBLIC OF POLAND

**D. Khrystenko**, Candidate of Biological Sc., SRS, Dept. of Study Reservoirs Bioresources, IF NAAS, Kyiv, UKRAINE

**V. Bekh**, D. of Agricultural Sc., Prof., Head of the Aquaculture Dept., National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, UKRAINE

**T. Dyman**, D. of Agricultural Sc., Prof., vice-rector for educational, educational and international activities, Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, UKRAINE

**G.-V. Zodape**, D. Sc., Prof., Head of the Dept. of Zoology, State Shivaji University, Kolhapur, REPUBLIC OF INDIA

**A. Kapusta**, D. Sc., Prof., National Inland Fisheries Research Institute, Olsztyn, REPUBLIC OF POLAND

**Yu. Loboiko**, D. of Agricultural Sc., Associate Prof., Dept. of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies named after Stepan Ghzytskyi, Lviv, UKRAINE

**O. Tretiak**, D. of Agricultural Sc., SRS, Deputy Director in scientific works, IF NAAS, Kyiv, UKRAINE

**P. Shekk**, D. of Agricultural Sc., Prof., Dept. of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Odesa State Ecological University, Odesa, UKRAINE

**B. Hankevych**, Candidate of Agricultural Sc., SRS, Lab. of salmon farming, sturgeon farming and reproduction technologies of rare and endangered fish species, IF NAAS, Kyiv, UKRAINE

**B. Glamuzina**, PhD, Prof., Dept. of Aquaculture, University of Dubrovnik, Dubrovnik, REPUBLIC OF CROATIA

**D. Breus**, Candidate of Agricultural Sc., Associate Prof., Dept. Ecology and Sustainable Development named after Prof. Yu. V. Pilipenko, Kherson State Agrarian University, Kherson, UKRAINE

**O. Kostenko**, Candidate of Agricultural Sc., SRS, Head of the Veterinary Medicine and Zootechnics Dept., National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv, UKRAINE

**T. Policar**, PhD, Prof., Faculty of Fisheries and Protection of Waters, University of South Bohemia, České Budějovice, CZECH REPUBLIC

**L. Chepil**, Candidate of Agricultural Sc., Associate Prof., Dept. of Animal Biology, National University of Life and Environmental Sciences, Kyiv, UKRAINE

**T. Sharamok**, Candidate of Agricultural Sc., Associate Prof., Dept. of General Biology and Water Bioresources, Dnipro National University named after Oles Honchar, UKRAINE

**SCIENTIFIC EDITORS OF SECTIONS** (*are staff employees of the IF NAAS*):

**O. Bernakevych**, Candidate of Agricultural Sc., Acting Director of Lviv Research Station; **T. Hryhorenko**, Candidate of Agricultural Sc., Head of the Lab. of Hydrobiology and Technology of Valuable Invertebrates Cultivation; **O. Deren**, Candidate of Agricultural Sc., SRS, Head of the Lab. of fodder and fish feeding; **Yu. Zabytivskyi**, Candidate of Biological Sciences, LRS, Lviv Research Station; **H. Kurinenko**, SRS, Candidate of Agricultural Sc., Head of the Lab. of Fish Selection; **A. Kucheruk**, Candidate of Agricultural Sc., Head of the Lab. of salmon farming, sturgeon farming and reproduction technologies of rare and endangered fish species; **A. Mariutsa**, Candidate of Agricultural Sc., SRS, Head of the Lab. of molecular-genetic studies.

Editorial board of the Journal “Fisheries Science of Ukraine”: Institute of Fisheries NAAS, 135, Obukhivska St, Kiev-164, Ukraine, 03164; tel.: +38(098)837-7150; <https://fsu.ua/>, e-mail: [fsu\\_journal@gmail.com](mailto:fsu_journal@gmail.com)

The journal is published by the decision of the scientific council of the IF NAAS

**Layout design**: Natalia Kolesnik, Serhii Shinkar, Yevheniy Arkhanhelskyi; **Making-up**: Yevheniy Arkhanhelskyi, Maria Simon;

**Literature editing**: Tetiana Shvets; **Corrector**: Hanna Kovalchuk



**Postal address:**

Editorial board of the Journal "Fisheries Science of Ukraine",  
Institute of Fisheries NAAS,  
135, Obukhivska St, Kiev-164, Ukraine, 03164

Phone mobile: +38(063)115-3916

Web-site: <http://fsu.ua>

E-mail: [fsu.journal@gmail.com](mailto:fsu.journal@gmail.com)