

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

Водные биоресурсы и аквакультура

Water bioresources and aquaculture

Науковий

журнал

2(12)/2022



Видавничий дім
«Гельветика»
2022

Рекомендовано до друку та поширення через мережу Internet
Вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 3 від 08.12.2022 року).

Головний редактор – Пічура В.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор.
Відповідальний секретар – Корнієнко В.О. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент.

Відповідальний секретар – Дюдяєва О.А. – старша викладачка кафедри екології
та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пилипенка.

Члени редакційної колегії:

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

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

*На підставі наказу Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. (додаток 1)
журнал внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б»)
у галузі сільськогосподарських наук (101 – Екологія, 207 – Водні біоресурси та аквакультура)*

Науковий журнал «Водні біоресурси та аквакультура»
zareєстровано Міністерством юстиції України
(Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації,
серія KB № 24811-14751ПР від 12.04.2021 року)

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

ЗМІСТ

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ	5
<i>Пічура В.І., Потравка Л.О., Рутта О.В., Білошкурєнко О.С.</i> Обґрунтування безпеки водо- і землекористування за басейновим принципом	5
<i>Ковальов М.М., Васильковська К.В., Мороз С.М.</i> Вирощування троянд в умовах гідропонних плівкових теплиць	44
АКВАКУЛЬТУРА	57
<i>Бучковська В.І., Євстафієва Ю.М.</i> Вплив кормової бази та гідрохімічного режиму на продуктивність коропа	57
<i>Дерень О.В., Кориляк М.З., Добрянська О.П., Коба С.А.</i> Оцінка впливу на організм коропа згодовування сорго	67
<i>Коваленко В.О., Зубчевський Б.В.</i> Рибницько-біологічні показники дволітків стерляді за вирощування в садках з годівлею кормами із додаванням нанозаліза	82
<i>Козій М.С., Пічура В.І., Кутищев П.С.</i> Стимуляція овогенезу стерляді у переднерестовий період	96
<i>Козій М.С., Пічура В.І., Кутищев П.С.</i> Модифікація технології обробки та отримання зернистої ікри з овульованої ікри стерляді	112
<i>Краснопольська О.В., Куріненко Г.А.</i> Характеристика реципрокних помісей антонінсько-зозуленецьких та галицьких рамчастих коропів на першому році життя	128
<i>Кухарець С.М., Овдіюк В.М., Овдіюк О.М.</i> Теорія та методологія аквакультурних систем і технологій	138
<i>Лошкова Ю.М., Шевченко В.Ю.</i> Стан дволіток коропових риб для зариблення водойм Пониззя Дніпра за гематологічними показниками	150
<i>Шарило Ю.Є., Вдовенко Н.М., Матій І.І., Коваленко Б.Ю.</i> Інструментарій впливу військової агресії на функціонування аквакультури України	158
<i>Щербатюк Н.В.</i> Вирощування товарного коропа у ставах	172
ГІДРОЕКОЛОГІЯ	180
<i>Кузнєцов П.М., Бєдункова О.О.</i> Порівняльний гідробіологічний моніторинг вод систем технічного водопостачання атомних електростанцій	180
<i>Потравка Л.О., Пічура В.І., Iljasevicius K.</i> Антропогенно-кліматична обумовленість зміни стоку річки Дніпро	191

CONTENTS

WATER BIORESOURCES.....	5
<i>Pichura V.I., Potravka L.O., Rutta O.V., Boloshkurenko O.S.</i> Justification of water and land use safety according to the basin principle.....	5
<i>Kovalov M.M., Vasytkovska K.V., Moroz S.M.</i> Growing roses in hydroponic film greenhouses.....	44
AQUACULTURE.....	57
<i>Buchkovska V.I., Ievstafieva Yu.M.</i> Influence of feed base and hydrochemical regime on carp productivity.....	57
<i>Deren O.V., Korylyak M.Z., Dobryanska O.P., Koba S.A.</i> Assessment of the effect of sorghum feeding on carp organism.....	67
<i>Kovalenko V.O., Zubchevskiy B.V.</i> Fish-breeding and biological indicators of two-year-old sterlet growing in cage feeding with feed with the addition of nanoiron.....	82
<i>Kozij M.S., Pelykh V.G., Kutishchev P.S.</i> Stimulation of ovogenesis in the sterlet in pre-sphering period.....	96
<i>Kozij M.S., Pelykh V.G., Kutishchev P.S.</i> Modification of the technology of processing that removing granular caviar with ovulated caviar of the starlet.....	112
<i>Krasnopol'ska O.V., Kurinenko H.A.</i> Characteristics of reciprocal mixtures of antonina-zozulenetsky and galitic framed carp in the first year of life.....	128
<i>Kukharets S.M., Ovdyyuk V.M., Ovdyyuk O.M.</i> Theory and methodology of aquaculture systems and technologies.....	138
<i>Lozhkova Yu.M., Shevchenko V.Yu.</i> Condition of two-year-old carp fishes according to hematological indicators for stocking in the Lower Dnieper waters.....	150
<i>Sharylo Yu.Ye., Vdovenko N.M., Mativ I.L., Kovalenko B.Yu.</i> Impact of russian military aggression on Ukraine aquaculture.....	158
<i>Shcherbatiuk N.V.</i> Growing commercial corop in ponds.....	172
GYDROECOLOGY.....	180
<i>Kuznietsov P.M., Biedunkova O.O.</i> Comparative hydrobiological monitoring of water in technical water supply systems of nuclear power plants.....	180
<i>Potravka L.O., Pichura V.I., Iljasevicius Konstantinas.</i> Anthropogenic and climatic conditionality of changes in the flow of the Dnieper river.....	191

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ

УДК 504.4:556:631:551.58:519.2:528.94

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.1>

ОБҐРУНТУВАННЯ БЕЗПЕКИ ВОДО- І ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ЗА БАСЕЙНОВИМ ПРИНЦИПОМ

¹Пічура В.І. – д.с.-г.н, професор,

¹Потравка Л.О. – д.е.н., професор,

¹Рутта О.В. – викладач,

²Білошкурєнко О.С. – студент,

¹Херсонський державний аграрно-економічний університет, Україна

²Поморська академія, м. Слупськ, Польща

picuravitalii@gmail.com, potravkalarisa@gmail.com

Ефективному державному та транскордонному управлінню в галузі використання, охорони та відтворення земельних і водних ресурсів сприятиме перехід від адміністративно-територіальної до адміністративно-басейнової системи управління земельними та водними ресурсами, за якої головною одиницею управління та розроблення природоохоронних заходів буде визначено басейн водного об'єкта. Вивчення потоків речовини, енергії та інформації всередині басейну дозволяє моделювати антропогенний вплив на природні комплекси в цілому та його окремі компоненти в результаті природокористування, прогнозувати результати та коригувати господарську діяльність. Представлено методiku визначенням внутрішньої геоморфологічної структури території водозбору та створення екологічного каркасу басейну річки із застосуванням ГІС-технологій. Описано існуючі підходи та їх переваги у вивченні стану та моделювання процесів басейнових територіальних структур. Запропонована концептуальна модель еколого-раціональної експлуатації території водозбірного басейну, яка включає: створення екологічного каркасу річкового басейну на основі ідентифікації внутрішньої геоморфологічної структури території водозбору; розробку і наповнення геоінформаційно-аналітичної системи річкового басейну, в тому числі оцінку і прогноз екологічної ситуації та визначення найбільш агрогенно трансформованих різнопорядкових суббасейнів; розробку проекту басейнової організації природокористування, в тому числі еколого-ресурсну характеристику сучасного стану території різнопорядкових суббасейнів та оцінку ефективності провадження проекту. Розроблено алгоритм оцінки стану водозбору та проекту басейнової організації природокористування із застосуванням ГІС і ДЗЗ-технологій. Запропоновано механізм створення та обґрунтовано перспективи впровадження геоінформаційно-аналітичної системи підтримки басейнового природокористування, яке передбачає систематизацію різнорівневої та галузевої

інформацій моніторингових спостережень із метою організації ґрунто- та водохоронних заходів.

Ключові слова: річка, басейн річки, водні та земельні ресурси, наукові підходи, геоінформаційно-аналітична система, еколого-раціональна експлуатація, природокористування.

Постановка проблеми. Останніми роками найбільш перспективним об'єктом географічних досліджень щодо встановлення просторово-часових закономірностей організації та взаємозв'язків стабілізуючих (природне середовище) та дестабілізуючих (антропогенне середовище) компонентів екосистем є басейн річки, який [1] оцінюється як «особлива просторова одиниця біосфери, найбільш перспективна для багатоаспектного вивчення природи, економіки та для управління навколишнім середовищем». Басейни мають досить чіткі природні кордони – вододіли та внутрішню функціонально-цілісну замкнутість міграційних потоків поверхневого та внутрішньогрунтового стоку вод, а також міграцію розчинених речовин і твердої речовини ґрунтів, винос яких здійснюється через замикаючий створ водозбору [2]. Басейн представляє собою обмежену вододілом частину земної поверхні з урахуванням товщі ґрунтів, звідки відбувається стікання води в окрему річку. Це водно-балансова система, в якій відбувається трансформація атмосферних опадів у інші елементи водного балансу. Тому, велике значення для виникнення басейнів мають режим випадання опадів, температурні характеристики клімату та все те, що визначає співвідношення елементів балансу поверхневого стоку вод. З точки зору кліматичних особливостей басейни виникають там, де кількість атмосферних опадів перевищує їх випаровування та фільтрацію води в ґрунті [3].

Традиційно в гідрології басейн річки розглядається як водозбірна поверхня, яка визначає обсяг стоку, характер водного режиму та інші гідрологічні характеристики стоку, твердого стоку та стоку речовин. Особливе місце займає ерозійний напрямок у дослідженні річкових басейнів [4]. Будь-яка ерозійна форма має свій басейн стоку поверхневих вод, або водозбір. Водозбори різних річок (водотоків) розділені між собою вододілами.

В річкових басейнах легко виділяються парагенетичні зв'язки, в яких верхня ланка визначає поведінку нижньої ланки, а нижня ланка інтегрує явища, які відбуваються у верхніх ланках басейну [5]. Зокрема, на басейновому рівні здійснюється найважливіша функція взаємозв'язків складових (біотичних і абіотичних) екосистем [6], між якими існують генетичні, історичні чи функціональні зв'язки, виражені безперервним обміном речовин, енергії та інформації між ними. Саме річковий басейн виступає в якості цілісної системи з установленими екологічними, соціальними та економічними зв'язками [7, 8]. Також басейн є природно-організованою територіальною одиницею, яка забезпечує можливість установ-

лення істинних просторово-часових закономірностей наслідків і ступеня впливу людської діяльності на деградацію природних екосистем [9, 10].

Басейн будь-якої річки внаслідок господарського використання зазнає певних антропогенних навантажень. Причому потреба у водних ресурсах річок постійно зростає, що, відповідно, впливає на кількісні та якісні показники їх стану [11]. Річка є одночасно джерелом води та приймачем стічних вод [12]. Найбільш уразливими до антропогенного впливу є малі річки, зокрема, розорювання водозборів, надмірна їх насиченість просапними культурами, меліорація, недостатня лісистість [13]. Усе це посилює ерозійні процеси, що призводять до замулення й забруднення [14], зміни водно-фізичних властивостей ґрунтів [15, 16], теплового та водного балансів [17], порушення гідравлічних взаємозв'язків поверхневих і підземних вод, а також умов формування стоку [18–20]. Ситуація ускладнюється ще й тим, що в останні роки простежується тенденція до активного відведення берегів і заплав річок під дачне будівництво, садівництво й городництво [21]. Тому сучасні підходи до вивчення антропогенного впливу на водозборах і в річкових долинах повинні ґрунтуватися на екосистемному [22, 23] та басейновому підходах [1], які полягають у комплексній оцінці використання водних і земельних ресурсів, структури ландшафтів і їх деструкції. Перевагами використання басейнового підходу є [24]: чіткість і простота виділення меж; ієрархічна структура, що дозволяє переходити на різні територіальні рівні управління; організація односпрямованих потоків речовини, енергії та інформації; геосистемний взаємозв'язок, що дає можливість здійснювати всі види екологічного моніторингу; приуроченість ґрунтового й рослинного покриву, системи розселення та природокористування до окремих басейнових структур; локалізація техногенних джерел забруднення середовища вздовж водозбірних басейнів – водотоків.

Басейновий підхід знайшов широке застосування в еколого-географічних дослідженнях [25–28]. Вивчення потоків речовини, енергії та інформації всередині басейну дозволяє моделювати антропогенний вплив на природні комплекси в цілому та його окремі компоненти (в тому числі воду й ґрунт) в результаті природокористування, прогнозувати результати та коригувати господарську діяльність [29]. Переваги, об'єктивна необхідність і доцільність комплексного управління водними ресурсами, заснованого на басейновому принципі, визнана сьогодні в усьому світі. Країни з різним державним устроєм змушені шукати шляхи взаємодії учасників водогосподарського комплексу та спільно вирішувати завдання його розвитку в рамках басейнів водних об'єктів. Результатом багаторічних обговорень членами Європейського союзу комплексної політики з управління водними ресурсами стало закріплення басейнового принципу управління

водними ресурсами в Рамковій директиві ЄС 2000/60/ЄС [30]. В ній визначено, що інтегроване управління водними ресурсами на основі басейнових принципів забезпечить процес, який сприятиме скоординованому розвитку та управлінню водними, земельними та пов'язаними з ними ресурсами для підвищення результативності економічного та соціального добробуту на принципах справедливості для сталого розвитку важливих екосистем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Басейновий принцип в останні роки все частіше використовується для виявлення та прогнозування загострення природоохоронних проблем, коли територіальні узагальнення здійснюються за гідрографічними басейнами в різних природних зонах. Коритний Л. М. [1, 24] наголосив, що басейновий підхід є основою сучасної геоекологічної оцінки територій. Долженко В. А. [31] акцентував увагу на необхідності широкого та послідовного впровадження в життя принципів управління та правового регулювання в галузі використання та охорони водних об'єктів на основі басейнового підходу. Швебс Г. І. [32] пропонував виділення та вивчення природно-господарських одиниць на основі басейнового підходу з ціллю оптимізації природокористування. В результаті пошуку рішення проблеми поєднання адміністративних кордонів із природними межами все більш привабливою стає басейнова концепція природокористування [1, 22, 24, 29].

Традиційно механізм управління природними ресурсами є адміністративно-територіальним, який у більшості випадків не відповідає межам природних територіальних систем. Такий підхід має пріоритет за рахунок налагодженої системи надходження інформації про території для прийняття управлінських рішень і оцінки економічної ефективності господарської діяльності. Але узагальнені середні екологічні показники абсолютно не відображають просторову диференціацію оцінюваних показників усередині адміністративних кордонів [33]. Тому в останні роки приходить усвідомлення того, що багатоаспектні явища взаємодії суспільства з природою можна вивчати й регулювати лише за допомогою басейнового та геосистемного підходів у поєднанні з комплексним територіально-ландшафтним аналізом [34, 35].

Таким чином, можна констатувати, що басейновий підхід до різних географічних і еколого-економічних проблем за свою майже піввікову історію довів життєвість, необхідність і перспективність. Починаючи з його застосування в гідрології суші, в інших науках фізико-географічного циклу та ландшафтознавства, в даний час все більше використовується у геоекологічних дослідженнях для вирішення задач збалансованого природокористування, що обґрунтовується з методологічних, методичних і організаційних позицій і вже підтверджено конкретними результатами. Басейновий принцип управління водними ресурсами визначає передумови та

напрями створення в Україні сучасного механізму використання, охорони та відтворення вод [5], який відповідатиме найбільш ефективній міжнародній практиці та надасть змогу реалізувати стратегію державної політики, спрямованої на запобігання виснаженню водних ресурсів і досягнення та підтримку якості води [36].

Постановка завдання. Здійснити теоретико-методологічне обґрунтування безпеки водо- і землекористування за басейновим принципом із застосуванням геоінформаційних систем (ГІС) та технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Матеріали та методи досліджень. Для просторово-часового дослідження стану водних та земельних ресурсів в межах басейнів річок, розробки природоохоронних заходів на основі басейнної концепції природокористування важливою задачею є коректне створення екологічного каркасу басейну річки із визначенням внутрішньої геоморфологічної структури території водозбору із застосуванням ГІС-технологій.

Для поділу річкових басейнів на групи, залежно від порядку головного русла, використаний підхід Стралера-Філософова [37, 38], у якому водотік (або русло тимчасового водотоку), який не отримує приток, відноситься до русла 1-го порядку. Два русла 1-го порядку, зливаючись, дають початок водотокам 2-го порядку. За цим правилом нижче вузла злиття будь-яких однопорядкових водотоків починається русло більш високого порядку (порядок збільшується на одиницю).

При злитті різнопорядкових водотоків і утворений нижче вузла їх злиття водотік зберігає порядок, який був у водотоку до злиття однопорядковими водотоками (рис. 1). Дослідження особливостей навантаження



Рис. 1. Структура річкового басейну IV порядку
(відповідно до кодування басейнів за Стралером – Філософовим):
.... – лінія вододілу, 1–4 – порядки водотоків або ерозійної мережі

геоморфологічної роботи на басейн річки та всіх компонентів ландшафту, у взаємозв'язку з визначенням характеристик із параметрами стоку води, - можливі за умови басейнної організації території на рівні водозборів ерозійних форм IV порядку, яка передбачає можливість виявлення ландшафтно-ї неоднорідності території [24].

Поділ (районування) території на басейни річок – одне з найбільш типових і необхідних операцій у гідрологічних і екологічних дослідженнях. Річкові басейни можуть виступати в якості основної операційно-територіальної одиниці при районуванні, оцінці інтенсивності ерозійних процесів та ін. Застосування басейнового підходу географічно та екологічно обґрунтоване (басейн – природна та іноді – природно-господарська система).

Геоморфологічні дослідження позиційно-динамічної структури басейну річки необхідно проводити на основі даних Shuttle radar topographic mission (SRTM) – радарна топографічна зйомка більшої частини території земної кулі, за винятком найпівнічніших (> 60), найбільш південних широт (> 54), а також океанів, яка була створена за 11 днів у лютому 2000 р. за допомогою спеціальної радарної системи. Двома радіолокаційними сенсорами SIR-C і X-SAR було зібрано понад 12 терабайт даних (що приблизно дорівнює обсягу інформації бібліотеки Конгресу).

Виділення водотоків, визначення їх порядків і водозбірних територій виконується за допомогою програми ArcGIS на основі цифрової моделі рельєфу з використанням удосконаленого нами алгоритму [39-41] гідрологічного геомодельовання робочого модуля Hydrology tools of Spatial Analyst Tools, який включає вісім послідовних кроків моделювання.

Крок 1. Візуалізація цифрової моделі рельєфу (ЦМР) на основі SRTM-90 із дозволом пікселю на місцевості 90×60 м.

Крок 2. Заповнення некоректних знижень рельєфу із застосуванням функції Fill. За допомогою цієї функції виконується корекція ЦМР із метою подальшого створення коректного ґрида кумулятивного (сумарного) стоку.

Крок 3. Побудова ґрида напрямків стоку з використанням функції Flow Direction, яка дозволяє встановити напрям стоку за структурою відношень 8-ми сусідніх румбів, які визначаються морфометричними характеристиками рельєфу (ухил і експозиція). Тобто визначається напрямок максимального ухилу від центра осередку до центрів 8-ми сусідніх чарунків.

Крок 4. Побудова ґрида кумулятивного стоку функцією Flow Accumulation, який створюється на основі ґрида напрямку стоку.

Крок 5. Ідентифікація чарунків водотоку зі значеннями кумулятивного стоку вище заданого. На цьому етапі виконується процедура вибору граничного значення кумулятивного стоку за допомогою інструменту Con, який є складовим набору інструментів Conditional. Функція Con, важлива частина

команди ArcGrid, яка необхідна для визначення коректності значень чарунків вхідних даних і комплексного контролю вихідних даних.

Крок 6. Визначення ланок водотоків функцією Stream Link. Ланки водотоків представляють собою окремі просторові лінійні сегменти неперервних потоків, які взаємозв'язані послідовністю вузлів (точок) виходу (витоку русла 1-го порядку або початку витоку більш високого порядку) з кінцевими вузлами (точками) вододілу (гирла різнопорядкових водотоків).

Крок 7. Присвоєння порядку кожній ланці водотоків функцією Stream Order. Кожен водотік, який є ланкою мережі, класифікується за наданим їм порядком, який залежить від взаємозв'язку та послідовності вузлів.

Крок 8. Визначення дренажної (водозбірної) площі кожної ланки функцією Watershed. Дренажна (водозбірна) площа басейну водотоку визначається на підставі ґридів напрямку стоку й водотоків, для яких вона обчислюється.

Представлений алгоритм передбачає, що дослідник задає деяке граничне значення, виражене через мінімальну кількість чарунок растра або мінімальну водозбірну площу (км²), які дають поверхневий стік. Під час побудови моделі річкової мережі на основі растру акумуляції стоку гранична величина виділення чарунок, складових руслової мережі приймається рівною 600. Таке граничне значення пов'язане з тим, що у використанні цифрової моделі рельєфу на основі даних SRTM-90 для автоматичного виділення річкової мережі засобами ГІС-технологій є деякі обмеження, обумовлені наявністю на цифровій моделі рельєфу рослинності та штучних споруд, що ускладнюють достовірність виділення верхніх ланок річкової мережі та виділення вододілів басейну річки. Після отримання геоморфологічної моделі басейнової організації водозбірної території здійснюється додаткова ручна корекція для підвищення якості моделювання.

Аналіз внутрішньої геоморфологічної структури водозбірної території басейну дає можливість детально дослідити її позиційно-динамічну просторово-організовану системи, складові якої є різко відмінними між собою за типом, складом, рівнем організації, характером і тривалістю експлуатації, що визначає індивідуальність існуючої екологічної ситуації в їх водозборах, які в сукупності формують певний екологічний стан водозбірного регіону досліджень.

Результати досліджень. Ефективному державному та транскордонному управлінню в галузі використання, охорони та відтворення земельних і водних ресурсів сприятиме перехід від адміністративно-територіальної до адміністративно-басейнової системи управління земельними та водними ресурсами, за якої головною одиницею управління та розроблення природоохоронних заходів повинний бути визначений басейн водного об'єкта. Впровадження інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом сприятиме сталому територіальному розвитку,

координації розвитку водного сектора, сталому використанню пов'язаних із ним ресурсів, створенню ефективної економіки та підвищенню якості життя місцевого населення держави [42, 43].

Доповнює басейновий підхід [44, 45] і може реалізуватися паралельно з ним екорегіональний підхід до моніторингу та управління якістю ґрунтово-земельних і водних ресурсів. Екорегіон являється цілісним природно-господарським утворенням, яке оцінюється за ступенем антропогенного впливу та перетворенням природних ландшафтів. Загальний екологічний стан екорегіонів визначається рангом екологічної напруженості – ступенем трансформації ландшафтів, як результату певного поєднання та співвідношення ареалів екологічних ситуацій різного ступеня гостроти. Зокрема, в певному екорегіоні формується специфічна «фоновая» якість місцевого стоку вод під впливом географічних особливостей, включаючи регіональні геохімічні умови та історичний розвиток господарської діяльності, які визначають особливості просторово-розподілених на певній території джерел надходження додаткових речовин у водні об'єкти, концентрація яких визначається за пріоритетними в екорегіоні джерелами забруднення, спектр яких обумовлений домінуючою на водозборі галуззю господарювання. При сільськогосподарському освоєнні земель такими компонентами стають азот, фосфор, калій; при меліоративному – сульфати й залізо; при розвитку промисловості – хлоридні та сульфатні іони. Кожен екорегіон відрізняється за певним станом характерного для нього діапазону показників якості вод і, таким чином, цільовими показниками стану водних об'єктів, які встановлені з урахуванням еколого-господарського стану на водозборі. Цей принцип регулювання стану водних об'єктів покладений в основу рамкової Водної директиви Євросоюзу [30] й спрямований на запобігання погіршенню стану, захист та відновлення водних екосистем і підземних вод. Зокрема, поєднання екорегіонального та басейнового підходів дозволяє виділити однорідні за природно-антропогенними умовами території, які стають об'єктом подальшого комплексного екологічного моніторингу, який поєднує елементи агроекологічного та гідрологічного моніторингів (рис. 2) [46].

Із басейнових позицій екорегіон представляє собою природно-господарське утворення, зовнішні та внутрішні кордони якого визначаються підсистемами певного рівня ієрархії, цілісні за спільними просторовими відносинами, які обумовлені гідрофункціонуванням. При такому розумінні екорегіон і його басейнові структури виступають об'єктами управління водного господарським комплексом і басейнової організації природокористування.

Басейни є цілісними екосистемами високого рівня організації з розвиненими зворотними зв'язками. Якщо порушити режим русла річки в

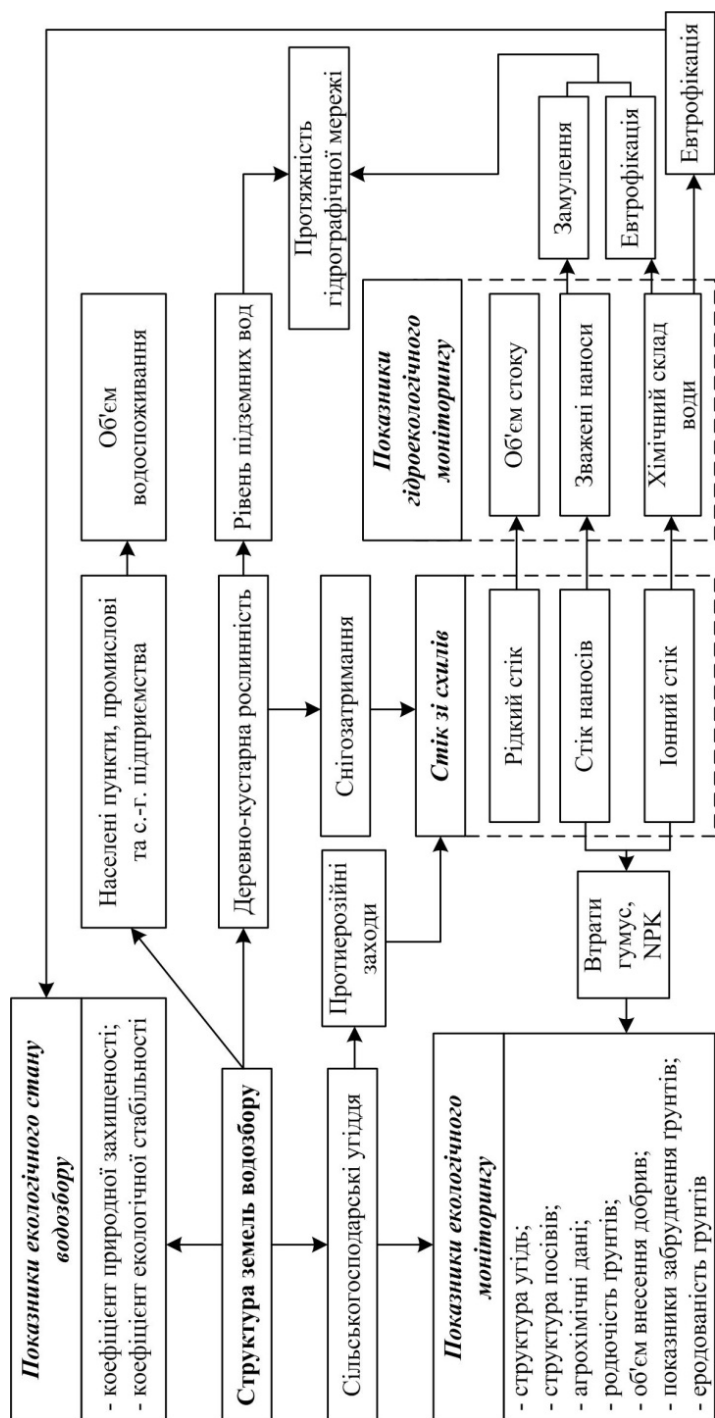


Рис. 2. Взаємозв'язок показників агро- та гідроекологічного моніторингу

середній течії, це неодмінно викличе певну реакцію в усіх екосистемах басейну – й угору, й униз за течією, і в бокових напрямках – тобто в екосистемах, що знаходяться на верхніх, віддалених від русла вододільних рівнях басейну. Також у працях вчених [47, 48] розглядається басейнову систему як геоекологічну систему зі входами та виходами для потоків речовини, енергії та інформації, що функціонує у визначених просторово-часових межах, які визначені верхньою та нижньою межами вододілу, та співпадає з поверхнею конвективних атмосферних процесів і верхнім горизонтом водотривких порід. У зв'язку з цим особливе значення набув екосистемний підхід до аналізу стану басейнів річок. Він базується на раніше розроблених екологічних моделях малих річок і водойм [49], які є важливими локальними структурними природними одиницями транскордонних річок і відображають зміни стану річок у ході зростаючого антропогенного впливу [2, 5, 10, 11]. Зокрема, басейн малої річки [50, 51] є складною саморегулюючою системою, яка має здатність до функціонування незалежно від змін зовнішніх умов і є важливим індикатором стану довкілля транскордонних водозбірних площ, зумовлений рівнем антропогенного навантаження на складові його ландшафтних екосистем, які представляють собою сукупність на однорідній ділянці земної поверхні біогеоценозів, поєднаних між собою генетичними (за походженням), історичними (історія розвитку та освоєння), геохімічними (геохімічне сполучення, стік води, перенесення органічних і мінеральних речовин) і біотичними зв'язками (міграція тварин, перенесення спор і живого рослинного матеріалу) та охоплених певним типом господарського використання [1, 2, 5].

Запропоновано використовувати крупні басейни, зоновані за біокліматичними поясами, як основу для природно-ресурсного районування. Такий принцип районування в найбільшому ступені ув'язує між собою водні, кліматичні, мінеральні та земельні ресурси. Визначення антропогенного впливу на басейни малих і середніх річок в існуючих соціо-економічних умовах має важливе значення, адже можлива втрата цих екосистем призведе до низки глобальних екологічних проблем (зменшення водності річок першого порядку, втрати цінних біологічних видів тощо) [52]. Екологічне відродження великих транскордонних річок повинно ґрунтуватися на розробленні відповідних стратегій, науковим підґрунтям яких повинна бути реальна інформація про екологічний стан у їх складі різнопорядкових суббасейнів малих і середніх річок і постійна взаємодія відповідних служб країн транскордонних басейнів.

У середині 90-х рр. XX ст. екосистемний підхід набув подальшого розвитку для потреб розроблення та оцінки параметрів стану екосистем і їх компонентів із урахуванням функціонування з метою екологічного нормування [53]. У використанні цього підходу відзначається, що антропоген-

ний вплив на екосистеми річок у своїй основі пов'язаний із додатковим надходженням у них речовини та енергії. Частину речовин екосистема здатна переробити, засвоїти, а від решти звільняється й виносить за свої межі. Чим більше накопичується зайвих речовин у екосистемі, тим більше їй необхідно енергії для їх утилізації або перенесення в іншу екосистему. Основним джерелом такої енергії є гідрофізичні процеси, що зумовлюють певні процеси стоку, швидкість течії та водність річки, які характеризуються [54] як основні інтегруючі екологічні фактори, які беруть участь у формуванні геосистеми та безпосередньо визначають її межі та напрям кругообігу речовин. На даний час у результаті вирубування лісів [55], значної розораності ландшафтів [9], інтенсифікації або хімізації агровиробництва [56] відбувається систематичне надходження та постійне зростання біогенних елементів [10] у екосистемі більшості річок. Паралельно зросли витрати безповоротного споживання води, трансформувалася стік річок, у результаті чого знизилася природна енергія річних екосистем, що спричинило значне погіршення умов здатності річок виносити в інші водні системи мінеральні та органічні речовини. Це призвело до їх накопичення та, як наслідок, зарегулювання, замулення, деградації та повного зникнення малих річок [57]. Важливим для вирішення проблеми річок в умовах невідомості та нестабільності джерел їх забруднення є екологічне прогнозування [58] ймовірності змін стану річних екосистем.

Недостатня обґрунтованість теоретичних передумов для подібних досліджень транскордонних річок, порушення принципу єдності екологічних і економічних аспектів ємності екосистем при експлуатації природних ресурсів країнами в їх басейнах, зумовили виникнення різнопланових негативних екологічних наслідків. Відсутність достовірних прогнозів розвитку ситуації на річках та їх водозбірних площах призвела до заболочення та засолення значних площ земель, зниження їхньої продуктивності, забруднення вод. Результатом у екологічному прогнозуванні ситуації та раціонального природокористування в басейнах річок повинно стати визначення оптимальної структури екосистем окремих типів в складі різнопорядкових суббасейнів, визначення взаємозв'язку між її елементами та визначення їх ролі у функціонуванні екосистеми в цілому. Виникає необхідність, по-перше, визначити ступінь трансформації екологічної рівноваги екосистеми річок за окремими типами різнопорядкових суббасейнів; по-друге, виділити еталонні суббасейни річок для їх віднесення до заповідного фонду, по-третє, здійснити інтеграцію природоохоронних стратегій із впровадження підсилених природоохоронних заходів на територіях екологічно порушених суббасейнів річок у Стратегію соціально-економічного розвитку країн транскордонних басейнів; по-четверте, більш детально вивчити закономірності формування екосистем річок, гідробіологічний їх

режим, визначити продуктивність механізму надходження та поведінки забруднювачів, організацію моніторингу на заповідних і деградованих річнопорядкових суббасейнах річок. Результати таких досліджень повинні стати основою прогнозування змін у екосистемах річкових басейнів і розроблення обґрунтованих концепцій для раціонального природокористування в їх межах [59–61].

Коритний Л. М. [1, 24] у своїх працях використовував геосистемно-гідрологічний підхід для дослідження річкового басейну. Він відмічав, що басейн представляє собою реальну геосистему, що легко виділяється на карті та місцевості, має чітку ієрархічну упорядкованість класифікації річкових систем, у яких водні об'єкти частіше за все слугують шляхом розповсюдження та акумуляції забруднюючих речовин. Тому, з нашого погляду, басейн річки можна розглядати як функціонально-цілісну оболонку геосистеми зі своїм входом і виходом, усередині якої відбуваються індивідуальні природно-антропогенно обумовлені процеси зв'язку та кругообігу речовин.

Основні завдання дослідження басейнової організації як географічної системи є виявлення просторово-часової ієрархії елементів і явищ, розташованих на земній поверхні, шляхом поділу цілого на частини; визначення просторових форм різнорангових структур і виявлення закономірностей, що визначають кількісні відносини між внутрішніми елементами цих структур; виявлення типу організації системи та визначення міри її організованості. Виділення басейнів річок – одна з найбільш типових операцій у гідрологічних і екологічних дослідженнях, яка на сьогоднішній день значно спрощується зі застосуванням геоінформаційного підходу на основі сучасних геоінформаційних систем. До того ж активний розвиток комп'ютерної техніки та геоінформаційних технологій останнім часом дозволяє отримати необхідні характеристики про запаси водних ресурсів і екологічний стан водних об'єктів [62] для своєчасного прийняття управлінських рішень щодо раціонального використання водних ресурсів конкретного басейну повніше та швидше в порівнянні з традиційними методами. Нині значного поширення набули різні методи аналізу ресурсів поверхневих і підземних вод, у тому числі зі застосуванням ГІС-технологій. Геоінформаційні системи знаходять усе ширше застосування як для виконання оперативних розрахунків і оцінки водних ресурсів, їх водозбірних площ, так і для вивчення гідрологічного режиму водних об'єктів. Процеси збору, оброблення та інтерпретації даних, проектування гідрологічних мереж і підготовки пропозицій для прийняття рішень із використанням ГІС-технології та персональних комп'ютерів вирішуються легше та ефективніше, ніж раніше в гідрологічній практиці. Можливість ГІС-технології оперативно представляти на цифрових або паперових картах водні об'єкти та їх

водозбірні території спільно з гідрографічними характеристиками, гідрологічними постами й даними вимірювань дозволяє оперативно проводити автоматизований комплексний аналіз і інтерпретацію матеріалів спостережень і космічних знімків для отримання детальної картини процесів, що відбуваються [58].

Використання геоінформаційних систем для комплексної оцінки стану річних басейнів передбачає виконання наступних видів робіт [63]:

- дослідження структури річкових басейнів, що дозволяє виявити механізми функціонування басейну як геосистеми;

- збір інформації про природні умови, забруднення поверхневих і підземних вод із використанням фондових матеріалів організацій екологічного моніторингу, а також даних польових досліджень;

- виявлення основних чинників, що визначають умови розвитку негативних природних процесів і зміну показників стану поверхневих вод;

- побудова узагальнюючих карт як природних умов досліджуваного регіону, так і карт районування басейну щодо рівня антропогенної трансформації, стану якості поверхневих вод;

- аналіз результатів районування.

- Кінцевим результатом досліджень екологічного стану басейнів річок повинно стати встановлення шляхів оптимізації та розроблення проєктів геопланування басейнового природокористування [64, 65]. Геопланування передбачає комплексний підхід до проблем територіального планування басейну, який розглядає інтегровані компоненти ландшафтної оболонки – природу, населення та господарство.

Геопланування втілює геоекологічні аспекти функціонування екосистем через комплекс проектних рішень. При цьому пріоритетом є обґрунтування їх раціональних просторових поєднань на кожній ділянці, в кожному басейні, регіоні та країні в цілому. Найбільш оптимальне поєднання та взаємодія компонентів ландшафтної оболонки досягаються шляхом реалізації трьох складових геопланування: формування екологічного каркасу регіону, екістичних (способи створення поселень) територіальних систем і каркасу антропогенно-техногенних навантажень на природне середовище.

У регіонах з аграрною спеціалізацією об'єктом геопланування є сільськогосподарські землі – особливо цінний природний ресурс, де земля виступає як головний засіб виробництва та основа сталого розвитку. Зокрема, геопланування [2] є глибоким комплексним підходом до вивчення сталих природно-антропогенних взаємин у географічній оболонці: воно включає принципи як еколого-ландшафтного планування, з його упором на геоекологічну оптимізацію територій, так і територіального планування, спрямованого на задоволення соціально-економічних потреб регіону. Геопланування усуває суперечності між еколого-географічним

і соціально-економічним підходами до організації природокористування, так як враховує екстичний фактор, який визначає основні види господарської діяльності населення та загальний рівень антропогенно-техногенних навантажень на природне середовище в межах системи розселення, основним індикатором яких є річні системи та їх басейни. Об'єктом геопланування на виході є інтегрований територіальний соціо-природно-господарський комплекс.

Узагальнення дослідження. У зв'язку із необхідністю зміни існуючої ситуації в управлінні водними та земельними ресурсами, розроблення ефективних заходів басейнового природокористування з метою вирішення ґрунтозахисних і гідроекологічних проблем та покращення екологічного стану навколишнього середовища найбільш перспективним є розроблення та впровадження концептуальної моделі еколого-раціональної експлуатації території водозбірного басейну на основі геоінформаційно-аналітичної системи моніторингу та управління басейновим природокористуванням, методи визначення структури земельного фонду водозбору та розроблення проєкту басейнової організації природокористування на території водозбору річки з використанням ГІС і ДЗЗ-технологій [66, 67].

Концептуальна модель еколого-раціональної експлуатації території водозбірного басейну включає: створення екологічного каркасу річкового басейну на основі ідентифікації внутрішньої геоморфологічної структури території водозбору; розробку і наповнення геоінформаційно-аналітичної системи річкового басейну, в тому числі оцінку і прогноз екологічної ситуації та визначення найбільш агрогенно трансформованих різнопорядкових суббасейнів; розробку проєкту басейнової організації природокористування, в тому числі еколого-ресурсну характеристику сучасного стану території різнопорядкових суббасейнів та оцінку ефективності провадження проєкту.

Раціональне природокористування, засноване на концептуальній моделі еколого-раціональної експлуатації території водозбірного басейну, крім оптимізації використання природних ресурсів, повинне забезпечити підтримку механізмів їх відтворення шляхом пошуку оптимальних сценаріїв природокористування, які будуть формувати перспективи ефективного територіального розвитку та оздоровлення гідроекосистеми річки. Для цього найбільш перспективним є впровадження геоінформаційно-аналітичної системи (ГІАС) підтримки басейнового природокористування, яке передбачає систематизацію різнорівневої та галузевої інформації моніторингових спостережень із метою організації ґрунто- та водоохоронних заходів.

Інформаційною одиницею ГІАС є річковий басейн, що представляє собою природно-господарську систему, в якій взаємопов'язані та взаємозумовлені всі види використання природних ресурсів, що здійснюються на його території. Басейн також виступає в якості інтегральної природно-гос-

подарсько-демографічної системи, яка є найбільш ефективним об'єктом управління [68].

Створення інтегрованої багаторівневої ГІАС басейнового природо-користування повинне здійснюватися на основі інформаційних ресурсів і взаємодії спеціально уповноважених координаційних органів. Структурно запроектована ГІАС представляє собою логічну модель, яка включає три підсистеми – базу даних, спеціальну програмну підтримку та аналітичний блок. Аналітична частина базується на багатомірній реляційній базі даних, яка містить предметно-орієнтовану інформацію. Аналітичний блок ГІАС включає методи, алгоритми та програми, орієнтовані на предметну область. У рамках системи розглядаються дві предметні області (рис. 3), які мають

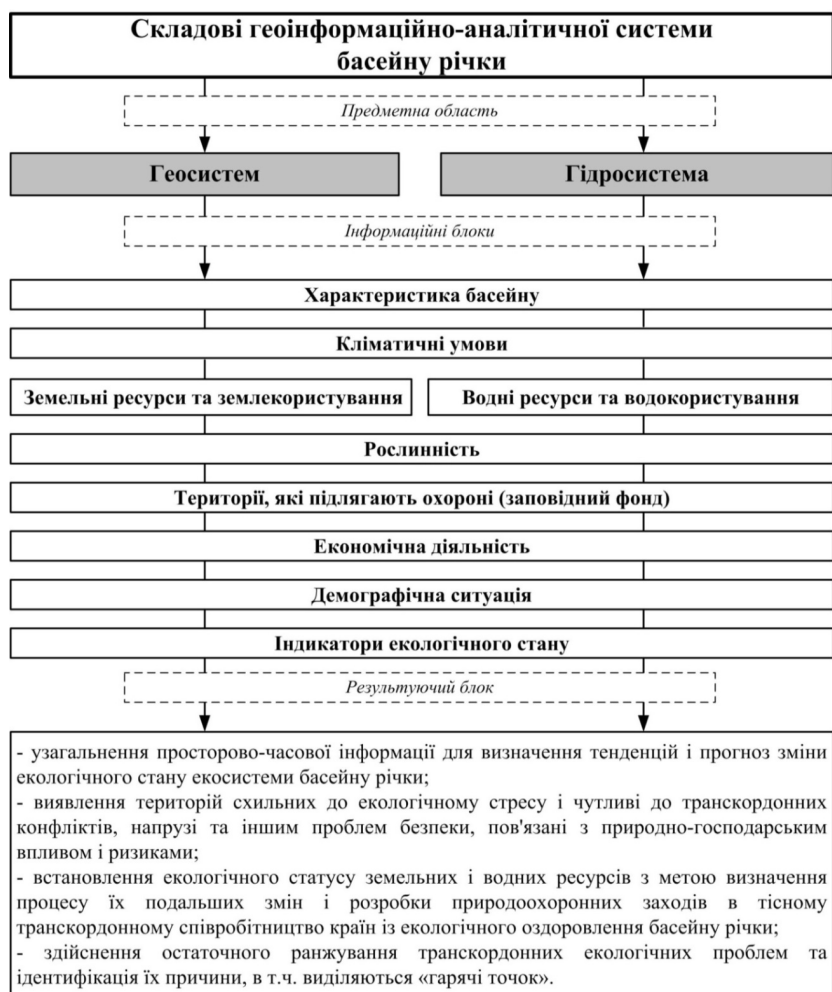


Рис. 3. Структурна схема ГІАС басейну річки

умовні назви «Гідросистема» та «Геосистема». Предметна область «Гідросистема» включає розділи: гідрогеологія (умови), гідрологія (ресурси) та екологія (якість). Предметна область «Геосистема» включає розділи: умови (природний потенціал), ресурси (характеристика), екологія (якість) стосовно до територіальних об'єктів.

Для комплексного аналізу екологічного стану басейну річки в ГІАС бажано виокремлювати наступні інформаційні блоки та показники: характеристика басейну (показники: морфологічні та морфометричні особливості, адміністративно-територіальний і басейновий розподіл тощо); кліматичні умови (показники: температура повітря, опади, кліматична енергетика тощо); водні ресурси та водокористування (показники: гідрологічні та гідрохімічні особливості тощо); земельні ресурси та землекористування (показники: частка основних видів землекористування, наявність орних земель тощо); рослинність (показники: природні угіддя, ліси тощо); території, які підлягають охороні (заповідний фонд); економічна діяльність (показники: валовий внутрішній продукт, індекс демографічного навантаження тощо); демографічна ситуація (показники: щільність населення, міграція, захворюваність, смертність, народжуваність та ін.); індикатори екологічного стану (показники: ерозійні процеси, фактори впливу на екологічний стан тощо).

У відповідності до нашої методики [69] визначення структури земельного фонду водозбору та розроблення проєкту басейнової організації природокористування на території водозбору річки з використанням ГІС і ДЗЗ-технологій основою просторової організації територій водозбору на басейнових принципах є реорганізація структури угідь, яка повинна включати наступні етапи: 1 – землевпорядкування ріллі на основі позиційно-динамічних і басейнових принципів; 2 – проєктування лісних насаджень; 3 – проєктування водоохоронних зон; 4 – раціоналізація використання кормових угідь; 5 – проєктування рекреаційних зон; 6 – виявлення нових природних резерватів.

У проєктах басейнової організації природокористування на території водозбору річки необхідно аналізувати співвідношення двох основних груп земель: господарського використання та природних непорушених комплексів або слабопорушених людською діяльністю, що становлять екологічний фонд земель і виконують найважливіші еколого-біосферні функції, або «екологічні послуги».

Для розроблення проєктів басейнового природокористування визначені послідовні етапи дій (рис. 4).

Розроблення та впровадження відповідних ґрунто- та водоохоронних заходів із облаштування водозбірної території річки мають бути переведені в науково-правову площину організації природокористування із



Рис. 4. Етапи створення ГІАС для розроблення проектів басейнового природокористування

забезпеченням відповідних землевпорядних дій [70, 71], що представлені на рисунку 5.

При територіальному плануванні водозбірних басейнів необхідно знайти компроміс між досягненням екологічної стійкості агроландшафтів і економічно вигідною інтенсивністю сільськогосподарського виробництва з отриманням стабільних урожаїв. Для цього варто визначити



Рис. 5. Критерії та заходи землевпорядних робіт при басейновій організації природокористування

найбільш пріоритетні способи екологізації ріллі, серед яких її скорочення є крайнім заходом.

До таких способів у порядку пріоритету використання можна віднести:

1. Зміна частки стабілізуючих сівозмін на ріллі за рахунок збільшення площ багаторічних трав. Це найоптимальніший спосіб підвищення екологічної стабільності ріллі без скорочення її площі [72].

У структурі польових сівозмін на схилах крутизною 0–3° необхідно вводити до 20% багаторічних трав. На схилах 3–5° впроваджують зерно-трав'яні сівозміни з часткою багаторічних бобово-злакових трав до 50% і не допускають вирощування просапних культур. Найбільш ерозійно небезпечні ділянки ріллі на схилах крутизною понад 5° необхідно повністю віддати під травопільні та ґрунтозахисні сівозміни.

Використання багаторічних трав у сівозмінах направлене на одночасне вирішення кількох завдань: накопичення органічних речовин і підвищення родючості ґрунту; зниження інтенсивності водно-ерозійних процесів; зменшення загального антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Крім того, тривале використання багаторічних трав дозволить знизити витрати мінеральних добрив, призведе до скорочення частки бур'янів і чисельності шкідливих комах, зниження захворювання сільськогосподарських культур.

2. Упровадження агролісомеліоративних заходів на ріллі, а саме збільшення частки контурних протиерозійних лісосмуг на схилах. Численні дослідження переконливо довели, що під захистом лісових смуг продуктивність ріллі підвищується на 15–30%. Середня врожайність зернових культур під захистом лісонасаджень вище на 18–23%, технічних культур – на 20–26%, кормових – на 29–41%. Найбільш стійкі ландшафтні умови формуються при частці агролісомеліоративних насаджень на ріллі в зоні Лісостепу – 3,0–3,5% і в зоні Степу – 3,5–4,5% [5, 73].

3. Тимчасова (поворотна) консервація сильно еродованої ріллі. Такі землі слід перевести в довгостроковий поклад. Сукцесії, які з'являються на покладах, характерні для зональних екосистем, мають значний ресурсний і біосферний потенціал і особливо важливі для відновлення родючості ґрунтів. Для формування екологічно стабільних покладів необхідно досягнення ними як мінімум 10-річного віку, а передчасне їх повернення в сільськогосподарське використання посилить їх ерозійну деструкцію. Просторова ідентифікація таких земель дуже складна, однак усе більш перспективним рішенням цього завдання є використання даних дистанційного зондування Землі [74].

4. Трансформація сильно деградованих ділянок ріллі в інші види угідь. При цьому слід враховувати фізико-географічні умови території: для

зони Лісостепу – переважно вибіркове заліснення, для Степу – переведення в природні кормові угіддя. На ріллі, що залишилася після скорочення, слід максимально сконцентрувати енергетичні та матеріальні ресурси для екологічно безпечної інтенсифікації сільськогосподарського виробництва з метою отримання обсягів продукції, необхідних для сталого розвитку економіки регіону та країни.

Іншим способом підвищення екологічної стійкості басейнових ландшафтних територіальних структур є облаштування природно-кормових угідь, зокрема виділення площ під їх природне самовідновлення та створення умов для розширеного відтворення родючості ґрунтів. Природне самовідновлення планується здійснити шляхом проведення суцільного заліснення, насадження лісосмуг, виділення ділянок для самозарастання лісом, створення реміз. Заходи для заліснення території проводять шляхом створення різних типів насаджень і з урахуванням високої природної здатності листяних насаджень до розростання від початкових лісових масивів. При проектуванні місць заліснення використовують наступні прийоми: суцільне заліснення крутих еродованих схилів; заліснення у вигляді прибалкових і прибалочних лісових смуг на межі ріллі та кормових угідь; суцільне заліснення верхньої частини балок у верхів'ях річок і місцях скупчення джерел; заліснення водоохоронної зони річок.

Особливу увагу слід приділяти водоохоронній лісистості – лісонасадження в межах водоохоронної зони запобігають забрудненню, замуленню водних об'єктів і виснаженню їх вод. Особливе значення водоохоронна лісистість набуває в зонах Лісостепу та Степу, де сума опадів у 1,5–1,7 рази менше суми їх випаровування. З метою захисного заліснення слід віддавати перевагу швидкозростаючим породам, щоб вони якомога раніше починали виконувати свої водорегулюючі функції: береза, клен, черемха, ясен зелений і пухнастий тощо.

На площах ріллі, де на непридатних ділянках зустрічаються острівці з природною рослинністю, пропонується організувати ремізи – ділянки з частково штучно загущеною рослинністю, із забороною випасу худоби та сінокосіння, ці ділянки служать укриттям для диких тварин. Під самозарастання відводяться ділянки, віддалені від населених пунктів. Це верхів'я ярів і балок, прилеглих до великих приярових лісових смуг або лісових масивів, і в яких спостерігаються ознаки відновлюваних сукцесій. У деяких випадках такі балки «обрамляють» проектними додатковими лісосмугами для підсилення розростання деревно-чагарникової рослинності.

Розроблення та впровадження відповідних ґрунто- та водоохоронних заходів із облаштування водозбірної території оптимально проводити на рівні басейнів 5–4-го порядків і нижче на басейнових позиційно-динамічних, адаптивно-ландшафтних і геосистемних принципах і здійсню-

вати у відповідності до алгоритму оцінки стану водозбору та розроблення проекту басейнової організації природокористування зі застосуванням ГІС і ДЗЗ-технологій (рис. 6).

Основою для організації еколого-раціональної експлуатації території є результати комплексного геоморфологічного аналізу досліджуваної території басейну на локальному рівні. Для здійснення поставленого завдання використовують сучасний програмний продукт ArcGIS. Геоінформаційна система має широкий набір інструментів і модулів для моделювання, просторового аналізу процесів і явищ.

Вихідною інформацією для протиерозійного проектування ландшафтів слугують відомості про структуру земельного фонду території басейну річки. Головним джерелом актуальних відомостей для здійснення геопланування є дані дистанційного зондування Землі зі супутникових апаратів Landsat із просторовим дозволом до 15 метрів. Використання матеріалів космічної зйомки дозволяє не тільки відобразити сучасну структуру земельного фонду, а й простежити її динаміку в часі. На основі даних дистанційного зондування створюються векторні тематичні шари, які найбільш повно відображають структуру угідь і об'єднуються в просторові бази даних або бази геоданих. Наявність тільки одних векторних даних уже дозволяє зробити багато аналітичних процедур: розрахунок геометричних характеристик (площа полігональних і протяжність лінійних

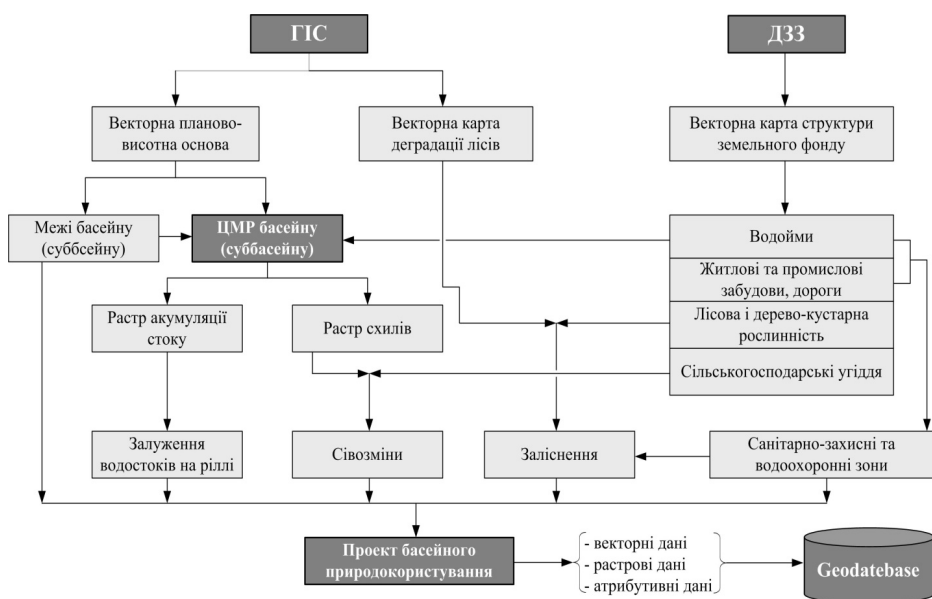


Рис. 6. Алгоритм оцінки стану водозбору та розроблення проекту басейнової організації природокористування із застосуванням ГІС і ДЗЗ-технологій

об'єктів), аналіз просторової сумісності методом накладення (оверлейн-аналіз), різні статистичні та геостатистичні операції.

Базисом протиерозійного ґрунто- та водоохоронного проектування території водозбору є похідні набори растрових даних для операційно-територіальної одиниці просторового аналізу – річкового басейну, отримані на основі цифрової моделі рельєфу (ЦМР). Для побудови ЦМР особливу увагу варто звернути на коректність її гідрологічної складової. Спочатку отриману ЦМР необхідно перевірити на наявність локальних знижень – топологічних помилок, що виникають через особливості алгоритму побудови моделі й можуть бути виправлені за допомогою операції «Fill». Отримані ЦМР систематизують у каталозі растрових даних на локальному рівні ГІАС, із якого вони доступні для подальших аналітичних операцій. Проектна організаційна структура орних угідь розроблялася на основі ґридів ухилів земної поверхні, отриманих шляхом просторового аналізу ЦМР. Значення чарунків ухилів об'єднують у групи з інтервалами: 0–3°, 3–5°, 5–7°, більше 7°. Шляхом накладення ґридів ухилів і векторного шару угідь напівавтоматизованим способом визначають структуру й конфігурацію сівозмін відповідно до табл. 1. Проектування залуження водостоків виконують шляхом ідентифікації тальвегів флювіальної мережі. Для цього за допомогою набору інструментів «Gidrology» створюють растри акумуляції стоку, на якому відображені місця концентрації водних потоків. Після обробки растрових даних і переведення їх у векторний формат отримують ерозійну мережу балок, які рекомендуються до залуження.

У результаті здійснення всіх просторових операцій створюють геоінформаційні проекти протиерозійної оптимізації структури земельного фонду на основі ґрунто- та водоохоронного облаштування територій для кожного басейну або суббасейну. Першочергове облаштування здійснюють на територіях різнопорядкових суббасейнів із високим ступенем агрогенної трансформації ландшафтів.

Екологічну ефективність оптимізації агроландшафтів басейну необхідно оцінювати за співвідношенням стабілізуючих і дестабілізуючих угідь, виражених через набір коефіцієнтів.

1. Коефіцієнт природної захищеності ($K_{пз}$) [75] визначає рівень стійкості природних ландшафтів до антропогенних впливів, який залежить, перш за все, від кількості та характеру розподілу земель екологічного фонду: природних біогеоценозів, природоохоронних зон і особливо природних територій, що знаходяться під охороною:

$$K_{пз} = \frac{\sum S_{ст}}{S} \quad (1)$$

де $S_{ст}$ – площа земель екологічного фонду; S – площа дослідної території. Для досягнення критичного рівня захищеності хоча б половина всього земельного фонду повинна належати до стабілізуючих ландшафтів.

2. Стійкість агроландшафту (K_{CA}) можна оцінити за співвідношенням площ, зайнятих середньоформуєчими та дестабілізуючими угіддями за формулою [76]:

$$K_{CA} = \frac{\sum S_{ст}}{\sum S_{дест}} \quad (2)$$

де $S_{ст}$ – площа стабілізуючих угідь; $S_{дест}$ – площа дестабілізуючих угідь.

Сприятливий екологічній стійкості відповідає коефіцієнт $K_{CA} \geq 0,71$, відносно сприятливий – 0,70–0,60, задовільний – 0,59–0,56, напружений – 0,55–0,46, критичний – $K_{CA} \leq 0,45$.

До стабілізуючих елементів ландшафту відносять природну деревно-чагарникову трав'янисту рослинність, сади, кормові угіддя, частину орних земель, зайнятих багаторічними травами, болота, водні об'єкти; до дестабілізуючих – рілля, яри, зсуви, площі під забудовою та дорогами, промисловими об'єктами, іншими ділянками, що зазнали значних антропогенних змін.

3. Більш детальну оцінку екологічного стану ландшафтів дає коефіцієнт екологічної стабільності (K_{EC}), який враховує диференційований внесок кожного елементу ландшафту через систему коефіцієнтів [77]:

$$K_{EC} = \frac{\sum S_i \cdot k_i}{S} \cdot K_p \quad (3)$$

де S_i – площа угіддя i -го виду; k_i – коефіцієнт екологічної стабільності угіддя i -го виду (табл. 2); S – загальна площа оцінюваної території; K_p – коефіцієнт морфологічної стабільності рельєфу (1 – для стабільних територій, 0,7 – для нестабільних, наприклад, пісків, зсувів, крутих схилів).

Таблиця 1. Коефіцієнти екологічної оцінки угідь

Вид угідь	Коефіцієнт екологічної стабільності угіддя, k_i
Забудовані території та дороги	0,00
Рілля	0,14
Виноградники	0,29
Лісосмуги	0,38
Фруктові сади і чагарники	0,43
Городи	0,50
Сінокоси	0,62
Пасовища	0,68
Водойми та болота природного походження	0,79
Ліси природного походження	1,00

Якщо значення $K_{EC} \leq 0,33$ – територія екологічно нестабільна, 0,34–0,50 – помірно стабільна, 0,51–0,66 – середня ступінь стабільності, $K_{EC} \geq 0,67$ – територія екологічно стабільна.

Висновок. Обґрунтування безпеки водо- і землекористування та впровадження концептуальної моделі еколого-раціональної експлуатації території басейну ріки, як цілісної позиційно-динамічної просторово-організованої системи взаємопов'язаних природно-антропогенних складових дозволить оптимізувати структуру земельного фонду, зменшити ризики екологічної деструкції земельних і водних ресурсів, забезпечити екологізацію сільського господарства та поліпшення екологічної ситуації в річкових басейнах. Акцентовано, що концептуальна модель еколого-раціональної експлуатації території водозбірного басейну включає: створення екологічного каркасу річкового басейну на основі ідентифікації внутрішньої геоморфологічної структури території водозбору; розробку і наповнення геоінформаційно-аналітичної системи річкового басейну, в тому числі оцінку і прогноз екологічної ситуації та визначення найбільш агрогенно трансформованих різнопорядкових суббасейнів; розробку проєкту басейнної організації природокористування, в тому числі еколого-ресурсну характеристику сучасного стану території різнопорядкових суббасейнів та оцінку ефективності провадження проєкту. Геопланування структури земельного фонду водозбору та розроблення проєкту басейнної організації природокористування здійснюється з використанням ГІС і ДЗЗ-технологій.

JUSTIFICATION OF WATER AND LAND USE SAFETY ACCORDING TO THE BASIN PRINCIPLE

¹*Pichura V.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;*

¹*Potravka L.O. – Doctor of Economic Sciences, Professor;*

¹*Rutta O.V. – teacher;*

²*Boloshkurenko O.S. – student,*

¹*Kherson State Agrarian and Economic University, Ukraine*

²*Pomeranian Academy in Slupsk, Poland*

pichuravitalii@gmail.com, potravkalarisa@gmail.com

Effective state and cross-border management in the field of use, protection and reproduction of land and water resources will be facilitated by the transition from administrative-territorial to administrative-basin system of land and water resources management, according to which the basin of the aquatic object will be defined as the main unit of management and development of environmental protection measures. The study of the flows of matter, energy and information inside the basin has allowed to model the anthropogenic impact on natural complexes as a whole and its individual components as a result of natural resource management, predict the results and adjust economic activity. The method of determination of internal geo-morphological structure of water intake area

and creation of ecological framework of river basin with application of GIS-technologies is presented. Existing approaches and their advantages in studying the state and modeling the processes of basin territorial structures are described. The conceptual model of ecological and rational exploitation of the water intake basin is proposed, which includes: creation of the ecological framework of the river basin on the basis of identification of the internal geo-morphological structure of the water intake area; development and filling of the geo-information and analytical system of the river basin, including assessment and forecast of the environmental situation and determination of the most agrogenerically transformed diverse sub-basins; development of the project of the basin organization of nature management, including the ecological and resource characteristics of the modern state of the territory of diverse sub-basins and the assessment of the effectiveness of the project. An algorithm for assessing the state of the water intake and the project of the basin organization of nature management using GIS and DZZ -technologies has been developed. The mechanism of creation and substantiated prospects of implementation of geo-information and analytical system of support of basin nature management is proposed, which provides for systematization of different level and sectoral information of monitoring observations in order to organize soil and water protection measures.

Keywords: river, river basin, water and land resources, scientific approaches, geo-information and analytical system, eco-rational use, nature management.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коротный Л. М. Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск: Издательство Института географии СО РАН, 2001. 163 с.
2. Лисецкий Ф. Н. Дегтярь А. В., Буряк Ж. А. Реки и водные объекты Белогорья. Белгород: Константа, 2015. 362 с.
3. Симонов Ю. Г. Фрактальный взгляд на структуру речных бассейнов и историю их развития. Эколого-географические исследования в речных бассейнах. Воронеж: ВГПУ, 2009. С. 18–20.
4. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. Москва: Академия наук СССР, 1955. 343 с.
5. Пічура В. І. Басейнова організація природокористування на водозбірній території транскордонної річки Дніпро. Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 380 с.
6. Theodoropoulos C., Karaouzas I., Stubbington R. Biotic indices of hydrological variability as tools to inform dynamic ecological status assessments in river ecosystems. *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 295. 113124. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113124>
7. Fox C. A. River Basin Development. International Encyclopedia of Human Geography (2nd edition). 2020. P. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10023-X>
8. Reyhani M. N., Grundmannab P. Who influences whom and how in river-basin governance? A participatory stakeholder and social network analysis in Zayandeh-Rud basin, Iran. *Environmental Development*. 2021. Vol. 40. 100677. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100677>

9. Пічура В. І. Сільськогосподарське порушення екологічної стійкості басейну річки Дніпро. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2016. № 5 (62). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010>
10. Пічура В. І. Геомодельовання зональної небезпеки забруднення біогенними речовинами поверхневих вод у транскордонному басейні Дніпра. *Біоресурси і природокористування*. 2017. Том 9, № 1-2. С. 24–36.
11. Пічура В. І. Атлас екологічного стану басейну ріки Дніпро. Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 36 с.
12. Пічура В. І., Скок С. В. Сезонно-гідрологічна структура розподілу зливних стоків міста Херсон у приміській акваторії Дніпра. *Вісник Національного університету водного господарства і природокористування*. 2017. № 4(80). С. 90–102.
13. Qiab W., Liab H., Zhanga Q., Zhanga K. Forest restoration efforts drive changes in land-use/land-cover and water-related ecosystem services in China's Han River basin. *Ecological Engineering*. 2019. Vol. 126. P. 64–73. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.11.001>
14. Пічура В. І., Шахман І. О., Бистрянцева А. М. Просторово-часова закономірність формування якості води в річці Дніпро. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Том 10, № 1–2. С. 44–57.
15. Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A., Straticuk N. V. Geomodelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. Vol. 20, Iss. 8. P. 192–198.
16. Zhouac J., Luoac C., Maa D., Shiad W., Wangb L., Guoa Zh., Tanga H., Wanga X., Wanga J., Liuac Ch., Weiacd W., Wanga Ch. The impact of land use landscape pattern on river hydrochemistry at multi-scale in an inland river basin, China. *Ecological Indicators*. 2022. Vol. 2022. 109334. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109334>
17. Pichura V. I., Potravka L. A., Skrypchuk P. M., Straticuk N. V. Anthropogenic and climatic causality of changes in the hydrological regime of the Dnieper river. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21(4). P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/119521>
18. Пічура В. І. Ретроспективний аналіз трансформації та проноз стоку річки Дніпро. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 3. С. 76–90.
19. Шахман І. О., Бистрянцева А. М., Пічура В. І. Математичне моделювання гідроекологічних процесів та чисельні розрахунки гідрохімічного режиму нижнього Дніпра. *Таврійський науковий вісник: Сільськогосподарські науки*. 2018. Вип. 99. С. 260–269.
20. Muratoglua A., Ercinbc E. E. Water resources management of large hydrological basins in semi-arid regions: Spatial and temporal variability of water footprint of the Upper Euphrates River basin. *Science of The Total*

- Environment*. 2022. Vol. 846(1). 157396. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157396>
21. Нетробчук И. М. Геоэкологическое состояние бассейна реки Луга. URL: <http://book.net/index.php?p=achapter&bid=15084&chapter=1>
 22. Гриб Й. В., Войтишина Д. Й. Концептуальні основи відродження трансформованих екосистем малих річок рівнинної частини території України : матеріали II Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю Вінниці. 2010. С. 32–38.
 23. Наконечний І. В., Даниленко В. Л. Еколого-гідрологічні та гідрохімічні чинники циклічних сукцесій водних екосистем Тилігульського лиману. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 4. С. 16–21.
 24. Корытный Л. М. Речной бассейн как единица природно-хозяйственного районирования. Роль географии в ускорении НТП. Иркутск, 1986. Вып. 1. С. 20.
 25. Антипов А. Н., Корытный Л. М. Географические аспекты гидрологических исследований. Новосибирск: Наука, 1981. 176 с.
 26. Гребінь В. В. Географо-гідрологічний аналіз як метод досліджень сучасних змін водного режиму річок. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2006. Т. 9. С. 17–30.
 27. Pichura V. I., Domaratsky Y. A., Yaremko Yu. I., Volochnyuk Y. G., Rybak V. V. Strategic Ecological Assessment of the State of the Transboundary Catchment Basin of the Dnieper River Under Extensive Agricultural Load. *Indian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 44(3). P. 442–450.
 28. Pichura V. I., Potravka L. A., Dudiak N. V., Skrypchuk P. M., Stratchuk N. V. Retrospective and Forecast of Heterochronal Climatic Fluctuations Within Territory of Dnieper Basin. *Indian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 46(2). P. 402–407.
 29. Кирилюк О. В. Історія встановлення басейнового підходу у географії та екологічному руслознавстві. *Наукові випуски Вінницького державного педагогічного університету ім. Михайла Коцюбинського*. Серія: Географія. 2007. Вип. 14. С. 40–47.
 30. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*. 2000. L. 327. P. 1–72.
 31. Долженко В. А. Бассейновый подход как особенность управления в области использования и охраны водных объектов. Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. *Вопросы теории и практики*. 2011. № 8(14). С. 81–83.

32. Швебс Г. И. Концентрация природно-хозяйственных систем и вопросы рационального природопользования. *География и природные ресурсы*. 1987. № 2. С. 30–38.
33. Кузьменко Я. В., Лисецкий Ф. Н., Кириленко Ж. А., Григорьева О. И. Обеспечение оптимальной водоохранной лесистости при бассейновой организации природопользования. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2013. Т. 15, № 3(2). С. 652–657.
34. Гродзинський М. Д. Основи ландшафтної екології: Підручник. Київ: Либідь, 1993. 224 с.
35. Лисецкий Ф. Н., Дегтярь А. В., Нарожняя А. Г., Чепелев О. А., Кузьменко Я. В., Маринина О. А., Землякова А. В., Кириленко Ж. А., Самофалова О. М., Терехин Э. А., Украинский П. А. Бассейновый подход к организации природопользования в Белгородской области. Белгород: Константа, 2013. 89 с.
36. Боровицька А. Г. Принцип басейнового управління як основа ведення державного водного кадастру. *Право та інновації*. 2016. № 3(15). С. 87–93.
37. Философов В. П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов, 1960. 68с.
38. Strahler A. N. Hypsometric area-altitude analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, 1952. Vol. 63, issue 11, p. 1117.
39. Кашавцева А. Ю., Шипулин В. Д. Моделирование речных бассейнов средствами ArcGIS 9.3. *Ученые записки Таврического национального университета В.И. Вернадского*. Серия: География. 2011. Том 24(63). № 3. С. 85–92.
40. Пичура В. И., Павлюк Я. В. Геоинформационное районирование орошаемых и неорошаемых агроландшафтов по основным типам бассейнов средствами ARCGIS на примере Херсонской области : матеріали форуму Чисте місто. Чиста ріка. Чиста планета. Херсон: ХТПП, 2015. С. 304–312.
41. Пічура В. І. Особливості внутрішньої структури басейну річки Дніпро. Вода: проблеми та шляхи вирішення : збірник статей науково-практичної конференції з міжнародною участю, (6-8 липня 2016 року, м. Рівне). Житомир : Видавництво ЖДУ ім. І. Франка. С. 187–193.
42. Дьяков О. А. Бассейновый підхід до управління водними ресурсами у південних регіонах України. *Стратегічні пріоритети*. 2009. № 2(11). С. 225–230.
43. Интегрированное управління водними ресурсами. Глобальне Водне Партнерство–Україна. URL: <http://gwp-ukraine.env.kiev.ua>
44. Buryak Zh. A., Grigoreva O. I., Pavlyuk Ya. V. GIS maintenance of rural territories geoplanning under basin principles. *International Journal of Advanced Studies*. 2014. Vol. 4(2). P. 56–60.

45. Yermolaev O. P., Lisetskii F. N., Marinina O. A., Buryak Zh. A. Basin and eco-regional approach to optimize the use of water and land resources. *Biosciences. Biotechnology Research Asia*. 2015. Vol. 12(2). P. 145–158.
46. Буряк Ж. А. Бассейновая организация природопользования в Белгородском экорегионе: автореферат диссертации ... кандидата географических наук – 25.00.36. Москва, 2015. 23 с.
47. Кадацкая О. В. Гидрохимическая индикация ландшафтной обстановки водосборов. Минск: Наука и техника, 1987. 135 с.
48. Ковальчук І. П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. Львів: Інститут українознавства. 1997. 440 с.
49. Лойгу Э. О., Вельнер Х. А. Экологические модели малых рек и водоемов. Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. 104 с.
50. Клименко М. О., Ліхо О. А., Вознюк Н. М. Шляхи покращення екологічного стану водних екосистем. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2007. Вип. 3(39). С. 64–70.
51. Ліхо О. А., Бондарчук І. А. Удосконалення методики оцінки екологічного стану басейнів малих річок : матеріали II Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. Вінниця, 2010. URL: <http://eco.com.ua/content/udoskonalennya-metodiki-otsinkiekologichnogo-ctanu-baseiniv-malikh-richok>
52. Клименко М. О., Статник І. І. Охорона водних об'єктів від антропогенного впливу. *Вісник КНУ імені Михайла Остроградського*. Кременчук. 2010. Вип. 6(65). С. 177–181.
53. Косолапов А. Е., Гузыкин Д. С., Плотницкий А. И., Кувалкин А. В. Экосистемный подход к анализу состояния малых водосборов. *Мелиорация и водное хозяйство*. 1996. № 1. С. 40–41.
54. Муравейский С. Д. Роль географических факторов в формировании географических комплексов. Реки и озера. 1960. С. 30–45.
55. Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A. Ecological and economic aspects of afforestation in Ukraine in the context of sustainable land use. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2019. № 2. С. 1–24.
56. Geo-management in organic agriculture: monografia viacerých autorov. Co-authors: Pichura V., Potravka L. Dudiak N. Breus D. Skok S. Editors: Skrypchuk Petro and Jozef Zat'ko. Slovensko, Podhajska: Európsky inštitút ďalšieho vzdelávania, 2019. 283.
57. Водний менеджмент в Україні: проблеми та інновації розвитку : колективна монографія. За редакції Л. Ф. Кожушка, В. А. Сташука, М. А. Хвесика, А. М. Рокочинського. Рівне, 2018. 638 с.
58. Pichura V. I., Malchykova D. S., Ukrainskij P. A., Shakhman I. A., Bysriantseva A. N. Anthropogenic Transformation of Hydrological

- Regime of The Dnieper River. *Indian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 45(3). P. 445–453.
59. Маслова А. В., Шаликовский А. В., Шильникова Т. Л. Влияние природных и антропогенных факторов на водный баланс малых рек. *Вестник Воронежского государственного технического университета*. 1997. № 4. С. 9–15.
60. Мережко А. И. Проблемы малых рек и основные направления их исследований. *Гидробиологический журн.* 1998. № 6(34). С. 66–71.
61. Пальченко В. А. Основные принципы выбора водоохранных мероприятий в зависимости от хозяйственной деятельности в бассейнах малых рек. Рыбохозяйственные и русловые гидротехнические сооружения. Новочеркасск, 1988. С. 100–108.
62. Pichura V. I. Spatial prediction of soil erosion risk in the Dnieper river basin using revised universal soil loss equation and GIS-technology. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2016. № 2(56). С. 3–11.
63. Шмыков В. И., Смольянинов В. М. Теоретические и методические основы оценки состояния водных ресурсов в регионе. *Вестник Самарского Государственного Университета*, Серия: География, геоэкология. 2000. № 1. URL: <http://ssu.samara.ru/~vestnik/est/>
64. Топчиев А. Г., Мальчикова Д. С., Шашеро А. Н. Методологические основы геопланирования региона. *Український географічний журнал*. 2010. № 1. С. 23–31.
65. Lisetsky F. N., Buryak J. A., Grigoreva O. I., Marinina O. A., Martsinevskaya L. V. Implementation of the Basin-Administrative and Ecoregional Approaches to Environmentally Oriented Arrangement Inter-settlement Areas of the Belgorod Region. *Biogeosystem Technique*. 2015. Vol. 3(1). P. 50–63.
66. Пічура В. І., Потравка Л. О. Типізація території басейну ріки Дніпро за ступенем агрогенної трансформації ландшафтних територіальних структур. *Наукові горизонти*. 2019. № 9(82). С. 45–56.
67. Пічура В. І., Потравка Л. О. Методологія просторово-часової оцінки стану екосистеми басейнів річок і організації раціонального природокористування. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2019. № 2. С. 144–174.
68. Пічура В. І., Потравка Л. О. Удосконалення механізму організації природокористування на території басейну Дніпра. *Біоресурси і природокористування*. 2019. № 11(5-6). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/13441>
69. Пічура В. І., Потравка Л. О. Протиерозійна оптимізація структури земельного фонду та екологізація природокористування на території басейну ріки Дніпро. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. № 2(8). С. 210–235.

70. Каштанов А. Н., Лисецкий Ф. Н., Швец Г. И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. Москва: Колос, 1994. 127 с.
71. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Сиротенко О. В., Кучма Т. Л. Формування збалансованих агроландшафтів на принципах ґрунтозахисної контурно-меліоративної системи землекористування. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 13–18.
72. Лисецкий Ф. Н., Землякова А. В., Нарожная А. Г. Геопланирование сельских территорий: опыт реализации концепции бассейнового природопользования на региональном уровне. *Вестник Одесского национального университета*. 2014. Т. 19, Вып. 3(22). С. 125–137.
73. Турусов В. И., Новичихин А. М., Гармашов В. М. Оптимизация агроландшафтов – основа эффективности инноваций в сельскохозяйственном производстве. *АгроПост*. 2012. URL: <http://agropost.ru/rastenievodstvo/zemledelie/optimizaciya-agrolandshaftov.html>
74. Терехин Э. А. Оценка спектрально-отражательных свойств залежных земель с использованием спутниковых данных. *Научные ведомости Белгородского государственного университета*. Серия: Естественные науки. 2017. Т. 38, № 4(253). С. 161–168.
75. Кочуров Б. И., Иванов Ю. Г. Оценка эколого-хозяйственного состояния территории административного района. *География и природные ресурсы*. 1987. № 87. С. 49–53.
76. Лопырев М. И., Макаренко С. А. Агроландшафты и земледелие. Воронеж: ВГАУ, 2001. 168 с.
77. Рыбарски И., Гайссе Э. Влияние состава угодий на экологическую стабильность территории. *Землеустроительные работы в специфических условиях*. Татранска Ломница, 1981. С. 19–26.

REFERENCES

1. Korytny L. M. (2001). *Bassejnovaja koncepcija v prirodopol'zovanii* [Basin concept in nature management]. Irkutsk: Publishing House of the Institute of Geography SB RAS. [in Russian].
2. Lisetskii F. N., Degtyar A. V., Buryak Zh. A. (2015). *Reki i vodnye ob'ekty Belogor'ja* [Rivers and water bodies of Belogorye]. Belgorod: Constant. [in Russian].
3. Simonov Yu. G. (2009). *Fraktal'nyj vzgljad na strukturu rechnyh bassejnov i istoriju ih razvitija* [A fractal view of the structure of river basins and the history of their development]. *Ecological and geographical research in river basins. Voronezh: VGPU*, 18–20. [in Russian].
4. Makkaveev N. I. (1955). *Ruslo reki i jerozija v ee bassejne* [River bed and erosion in its basin]. Moscow: USSR Academy of Sciences. [in Russian].

5. Pichura V. I. (2020). *Basejnova organizacija pryrodokorystuvannja na vodozbirnij terytorii' transkordonnoi' richky Dnipro* [Basin organization of nature conservation on the water-collecting territory of the transborder river Dnipro]. Kherson : OLDI-PLUS. [in Ukrainian].
6. Theodoropoulos C., Karaouzas I., Stubbington R. (2021). Biotic indices of hydrological variability as tools to inform dynamic ecological status assessments in river ecosystems. *Journal of Environmental Management*, Vol. 295, 113124. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113124>
7. Fox C. A. (2020). River Basin Development. *International Encyclopedia of Human Geography (2nd edition)*, 1–8. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10023-X>
8. Reyhani M. N., Grundmann P. (2021). Who influences whom and how in river-basin governance? A participatory stakeholder and social network analysis in Zayandeh-Rud basin, Iran. *Environmental Development*, vol. 40, 100677. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100677>
9. Pichura V. I. (2016). *Sil's'kogospodars'ke porushennja ekologichnoi' stijkosti basejnu richky Dnipro* [Agricultural disturbed ecological stability of the Dnieper river basin]. *Sciences report of NUBiP of Ukraine*, no. 5(62). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010>. [in Ukrainian].
10. Pichura V. I. (2017). *Geomodeljuvannja zonal'noi' nebezpeky zabrudnennja biogennymy rehovynamy poverhnevnyh vodu transkordonnomu basenji Dnipra* [Geomodeling of the zonal danger of surface water contamination by biogenic substances in the transboundary Dnipro basin]. *Bioresources and nature management*, vol. 9, no. 1-2, 24–36. [in Ukrainian].
11. Pichura V. I. (2020). *Atlas ekologichnogo stanu basejnu riky Dnipro* [Atlas of the ecological state of the Dnipro river basin]. Kherson : OLDI-PLUS. [in Ukrainian].
12. Pichura V. I., Skok S. V. (2017). *Sezonno-gidrologichna struktura rozpodilu zlyvnyh stokiv mista Herson u prymis'kij akvatorii' Dnipra* [Seasonal hydrological structure of the distribution of stormwater runoff from the city of Kherson in the suburban water area of the Dnipro]. *Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management*, vol. 4(80), 90–102. [in Ukrainian].
13. Qiab W., Liab H., Zhanga Q., Zhanga K. (2019). Forest restoration efforts drive changes in land-use/land-cover and water-related ecosystem services in China's Han River basin. *Ecological Engineering*, vol. 126, 64–73. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.11.001>
14. Pichura V. I., Shahman I. O., Bystryantseva A. M. (2018). *Prostorovo-chasova zakonodirnist' formuvannja jakosti vody v richci Dnipro* [Spatio-temporal law of water quality formation in the Dnipro river]

- tio-temporal patterns of water quality formation in the Dnipro River]. *Biore-sources and nature management*, vol. 10, no. 1-2, 44–57. [in Ukrainian].
15. Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A., Stratchuk N. V. (2019). Geo-modelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Ero-sion. *Journal of Ecological Engineering*, vol. 20, iss. 8, 192–198.
 16. Zhouacd J., Luoac C., Maa D., Shiad W., Wangb L., Guoa Zh., Tanga H., Wanga X., Wanga J., Liuacd Ch., Weiacd W., Wanga Ch. (2022). The impact of land use landscape pattern on river hydrochemistry at multi-scale in an inland river basin, China. *Ecological Indicators*, vol. 143, 109334. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109334>
 17. Pichura V. I., Potravka L. A., Skrypchuk P. M., Stratchuk N. V. (2020). Anthropogenic and climatic causality of changes in the hydrological regime of the Dnieper river. *Journal of Ecological Engineering*, vol. 21(4), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/119521>
 18. Pichura V. I. (2017). *Retrospektyvnyj analiz transformacii' ta pronoz stoku richky Dnipro* [Retrospective analysis of the transformation and prognosis of the flow of the Dnipro River]. *Balanced nature management*, no. 3, 76–90. [in Ukrainian].
 19. Shahman I. O., Bystryantseva A. M., Pichura V. I. (2018). *Matematychnе modeljuvannja gidroekologichnyh procesiv ta chysel'ni rozrahunky gidrohimichnogo rezhymu nyzhn'ogo Dnipra* [Mathematical modeling of hydroecological processes and numerical calculations of the hydrochemical regime of the lower Dnieper]. *Taurian scientific bulletin: Agricultural sciences*, vol. 99, 260–269. [in Ukrainian].
 20. Muratoglue A., Ercinbc E. E. (2022). Water resources management of large hydrological basins in semi-arid regions: Spatial and temporal variability of water footprint of the Upper Euphrates River basin. *Science of The Total Environment*, vol. 846, 157396. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157396>
 21. Netrobchuk I. M. *Geoekologicheskoe sostoyanie basseyna reki Luga* [Geoecological state of the Luga river basin]. URL: <http://book.net/index.php?p=achapter&bid=15084&chapter=1>
 22. Hryb Y. V., Voytyshyn D. Y. (2010). *Konceptual'ni osnovy vidrodzhen-nja transformovanyh ekosystem malyh richok rivnynnoi' chastyny terytorii' Ukrai'ny* [Conceptual foundations of the revival of transformed ecosystems of small rivers of the plain part of the territory of Ukraine]. *Collection of materials of the 2nd All-Ukrainian congress of ecologists with international participation in Vinnytsia*, 32–38.
 23. Nakonechny I. V., Danylenko V. L. (2014). *Ekologo-gidrologichni ta gidrohimichni chynnyky cyklichnyh sukcesij vodnyh ecosystem Tyli-gul's'kogo lymanu* [Ecological, hydrological and hydrochemical factors of

- cyclic successions of water ecosystems of Tyligul estuary]. *Agroecological journal*, no. 4, 16–21. [in Ukrainian].
24. Korytny L. M. (1986). *Rechnoy basseyn kak edinita prirodno-khozyaystvennogo rayonirovaniya* [River basin as a unit of natural and economic zoning]. *The role of geography in accelerating scientific and technical progress*, Irkutsk. Iss. 1, 20. [in Russian].
 25. Antipov A. N., Korytny L. M. (1981) *Geograficheskie aspekty gidrologicheskikh issledovaniy* [Geographic aspects of hydrological research]. Novosibirsk: Nauka. [in Russian].
 26. Grebin V. V. (2006). *Geografo-gidrologichnyy analiz yak metod doslidzhen' suchasnyh zmin vodnogo rezhymu richok* [Geographical and hydrological analysis as a method of researching modern changes in the water regime of rivers]. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, Iss. 9, 17–30. [in Ukrainian].
 27. Pichura V. I., Domaratsky Y. A., Yaremko Yu. I., Volochnyuk Y. G., Rybak V. V. (2017). Strategic Ecological Assessment of the State of the Transboundary Catchment Basin of the Dnieper River Under Extensive Agricultural Load. *Indian Journal of Ecology*, vol. 44 (3), 442–450.
 28. Pichura V. I., Potravka L. A., Dudiak N. V., Skrypchuk P. M., Strachuk N. V. (2019). Retrospective and Forecast of Heterochronal Climatic Fluctuations Within Territory of Dnieper Basin. *Indian Journal of Ecology*, vol. 46(2), 402–407.
 29. Kirilyuk O. V. (2007). *Istoriya vstanovlennja basejnovogo pidhodu u geografii' ta ekologichnomu ruslozhnavstvi* [The history of establishing the basin approach in geography and ecological river studies]. *Scientific extracts of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubinsky. Series: Geography*, 14, 40–47. [in Ukrainian].
 30. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*, L. 327, 1–72.
 31. Dolzhenko V. A. (2011). *Basseynovyy podkhod kak osobennost' upravleniya v oblasti ispol'zovaniya i okhrany vodnykh ob'ektov* [Basin approach as a feature of management in the field of use and protection of water bodies]. *Historical, philosophical, political and legal sciences, cultural studies and art history. Questions of theory and practice*, no. 8 (14), 81–83. [in Russian].
 32. Shvebs G. I. (1987). *Kontsentratsiya prirodno-khozyaystvennykh sistem i voprosy ratsional'nogo prirodopol'zovaniya* [Concentration of natural and economic systems and issues of rational nature management]. *Geography and natural resources*, no. 2, 30–38. [in Russian].
 33. Kuzmenko Ya. V., Lisetsky F. N., Kirilenko Zh. A., Grigorieva O. I. (2013). *Obespechenie optimal'noy vodookhrannoy lesistosti pri basseyno-*

- voy organizatsii prirodopol'zovaniya [Ensuring optimal water protection forest cover in the basin organization of nature management]. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, vol. 15, no. 3 (2), 652–657. [in Russian].
34. Grodzinsky M. D. (1993). *Osnovy landshaftnoi' ekologii'* [Basics of landscape ecology]. Textbook. Kyiv: Lybid. [in Ukrainian].
35. Lisetskii F. N., Degtyar A. V., Narozhnyaya A. G., Chepelev O. A., Kuzmenko Ya. V., Marinina O. A., Zemlyakova A. V., Kirilenko Zh. A., Samofalova O. M., Terekhin E. A., Ukrainskiy P. A. (2013). *Basseynovyy podkhod k organizatsii prirodopol'zovaniya v Belgorodskoy oblasti* [Basin approach to the organization of nature management in the Belgorod region]. Belgorod: Constant. [in Russian].
36. Borovytska A. G. (2016). *Pryncyp baseynovogo upravlinnja jak osnova vedennja derzhavnogo vodnogo kadastru* [The principle of basin management as a basis for maintaining the state water cadaster]. *Law and innovation*, no. 3 (15), 87–93. [in Ukrainian].
37. Philosophers V. P. (1960). *Kratkoe rukovodstvo po morfometrich-eskomu metodu poiskov tektonicheskikh struktur* [Brief guide to the morphometric method of searching for tectonic structures]. Saratov. [in Russian].
38. Strahler A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topogra-phy. *Geol. Soc. Amer. Bull.*
39. Kashchavtseva A. Yu., Shipulin V. D. (2011). *Modelirovanie rechnykh basseynov sredstvami ArcGIS 9.3* [River basin modeling using ArcGIS 9.3]. *Scientific notes of the Taurida National University V.I. Vernadsky. Series: Geography*, vol. 24 (63), no. 3, 85–92. [in Russian].
40. Pichura V. I., Pavlyuk Ya. V. (2015). *Geoinformatsionnoe rayonirovanie oroshaemykh i neoroshaemykh agrolandshafov po osnovnym tipam basseynov sredstvami ARCGIS na primere Khersonskoy oblasti* [Geoinformation zoning of irrigated and non-irrigated agrolandscapes by the main types of basins using ARCGIS on the example of the Kherson region]. *Clean place. Pure river. A clean planet: Collection of materials for the forum*. Kherson: KhTPP, 304–312. [in Russian].
41. Pichura V. I. (2016). *Osoblyvosti vnutrishn'oi' struktury basejnu richky Dnipro* [Features of the internal structure of the Dnipro river basin]. *Water: problems and solutions. Collection of articles of the scientific and practical conference with international participation*, (Rivne, July 6-8, 2016). Zhytomyr ZhdU Publishing House named after I. Franko. 187–193. [in Ukrainian].
42. Dyakov O. A. (2009). *Baseynovyj pidhid do upravlinnja vodnymiy resursamy u pivdennyh regionah Ukrai'ny* [Basin approach to water resources manage-

- ment in the southern regions of Ukraine]. *Strategic priorities*, no. 2(11), 225–230. [in Ukrainian].
43. *Integrovane upravlinnja vodnymi resursamy* [Integrated management of water resources]. *Global Water Partnership–Ukraine*. URL: <http://gwp-ukraine.env.kiev.ua> [in Ukrainian].
44. Buryak Zh. A., Grigoreva O. I., Pavlyuk Ya. V. (2014). GIS maintenance of rural territories geoplanning under basin principles. *International Journal of Advanced Studies*, vol. 4 (2), 56–60.
45. Yermolaev O. P., Lisetskii F. N., Marinina O. A., Buryak Zh. A. (2015). Basin and eco-regional approach to optimize the use of water and land resources. *Biosciences, Biotechnology Research Asia*, vol. 12(2), 145–158.
46. Buryak Zh. A. (2015). *Basseynovaya organizatsiya prirodopol'zovaniya v Belgorodskom ekoregione* [Basin organization of nature management in the Belgorod ecoregion]: abstract of the thesis ... Candidate of Geographical Sciences – 25.00.36. Moscow. [in Russian].
47. Kadatskaya O. V. (1987). *Gidrokhimicheskaya indikatsiya landshaftnoy obstanovki vodosborov* [Hydrochemical indication of the landscape conditions of watersheds]. Minsk: Science and technology. [in Russian].
48. Kovalchuk I. P. (1997). *Regional'nyj ekologo-geomorfologichnyj analiz* [Regional ecological and geomorphological analysis]. Lviv: Institute of Ukrainian Studies. [in Ukrainian].
49. Loigu E. O., Velner H. A. (1985) *Ekologicheskie modeli malykh rek i vodoemov* [Ecological models of small rivers and reservoirs]. Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian].
50. Klymenko M. O., Liho O. A., Vozniuk N. M. (2007). *Shljahy pokrashhenja ekologichnogo stanu vodnyh ekosystem* [Ways to improve the ecological state of water ecosystems]. *Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management*, vol. 3 (39), 64–70. [in Ukrainian].
51. Liho O. A., Bondarchuk I. A. (2010). *Udoskonalennja metodyky ocinky ekologichnogo stanu basejniv malyh richok* [Improving the methodology for assessing the ecological state of small river basins]. *Collection of materials of the II All-Ukrainian congress of ecologists with international participation. Vinnytsia*. URL: <http://eco.com.ua/content/udoskonalennya-metodiki-otsinkiekologichnogo-ctanu-baseiniv-malikh-richok> [in Ukrainian].
52. Klymenko M. O., Statnyk I. I. (2010). *Ohorona vodnyh ob'ektiv vid antropogennogo vplyvu* [Protection of water bodies from anthropogenic influence]. *Mykhailo Ostrogradsky KNU Bulletin*. Kremenchuk. Vol. 6 (65), 177–181. [in Ukrainian].
53. Kosolapov A. E., Guzykin D. S., Plotnitsky A. I., Kuvalkin A. V. (1996). *Ekosistemnyy podkhod k analizu sostoyaniya malykh vodosborov* [Ecosys-

- tem approach to the analysis of the state of small watersheds]. *Land reclamation and water management*, no. 1, 40–41. [in Russian].
54. Muraveisky S. D. (1960). *Rol' geograficheskikh faktorov v formirovanii geograficheskikh kompleksov* [The role of geographical factors in the formation of geographical complexes]. *Rivers and lakes*, 30–45. [in Russian].
55. Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A. (2019). Ecological and economic aspects of afforestation in Ukraine in the context of sustainable land use. *Land management, cadastre and land monitoring*, no 2, 1–24.
56. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Breus D., Skok S. et al. (2019). Geo-management in organic agriculture: monografia viacerých autorov. Editors: Skrypchuk Petro and Jozef Zat'ko. Slovensko, Podhajska: Európsky inštitút ďalšieho vzdelávania.
57. *Vodnyj menedzhment v Ukrai'ni: problemy ta innovacii' rozvytku* [Water management in Ukraine: problems and innovations of development]: collective monograph. (2018). Edited by L. F. Kozhushka, V. A. Stashuka, M. A. Khvesyka, A. M. Rokochinska. Rivne. [in Ukrainian].
58. Pichura V. I., Malchykova D. S., Ukrainskij P. A., Shakhman I. A., Bystriantseva A. N. (2018). Anthropogenic Transformation of Hydrological Regime of The Dnieper River. *Indian Journal of Ecology*, vol. 45 (3), 445–453.
59. Maslova A. V., Shalikovskiy A. V., Shilnikova T. L. (1997). *Vliyaniye prirodnnykh i antropogennykh faktorov na vodnyy balans malykh rek* [Influence of natural and anthropogenic factors on the water balance of small rivers]. *Bulletin of the Voronezh State Technical University*, no. 4, 9–15. [in Russian].
60. Merezhko A. I. (1998). *Problemy malykh rek i osnovnye napravleniya ikh issledovaniy* [Problems of small rivers and the main directions of their research]. *Hydrobiological journal*, no. 6 (34), 66–71. [in Russian].
61. Palchenko V. A. (1988). *Osnovnye printsipy vybora vodookhrannykh meropriyatiy v zavisimosti ot khozyaystvennoy deyatel'nosti v basseynakh malykh rek* [Basic principles for choosing water protection measures depending on economic activity in small river basins]. *Fishery and channel hydraulic structures*. Novocherkassk. 100–108. [in Russian].
62. Pichura V. I. (2016). Spatial prediction of soil erosion risk in the Dnieper river basin using revised universal soil loss equation and GIS-technology. *Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University*, no 2(56), 3–11.
63. Shmykov V. I., Smolyaninov V. M. (2000). *Teoreticheskie i metodicheskie osnovy otsenki sostoyaniya vodnykh resursov v regione* [Theoretical and methodological foundations for assessing the state of water resources

- in the region]. *Bulletin of the Samara State University, Series: Geography, geoecology*, no. 1. URL: <http://ssu.samara.ru/~vestnik/est/> [in Russian].
64. Topchiev A. G., Malchikova D. S., Shashero A. N. (2010). *Metodologicheskie osnovy geoplanirovaniya regiona* [Methodological bases of geoplanning of the region]. *Ukrainian geographical journal*, no 1, 23–31. [in Russian].
65. Lisetsky F. N., Buryak J. A., Grigoreva O. I., Marinina O. A., Martsinevskaya L. V. (2015). Implementation of the Basin-Administrative and Ecoregional Approaches to Environmentally Oriented Arrangement Inter-settlement Areas of the Belgorod Region. *Biogeosystem Technique*, vol. 3 (1), 50–63.
66. Pichura V. I., Potravka L. O. (2019). *Typizacija terytorii' basejnu riky Dnipro za stupenem agrogennoi' transformacii' landshaftnyh terytorial'nyh struktur* [Typification of the territory of the Dniper river basin according to the degree of agrogenic transformation of landscape territorial structures]. *Scientific horizons*, no. 9 (82), 45–56. [in Ukrainian].
67. Pichura V. I., Potravka L. O. (2019). *Metodologija prostorovo-chasovoi' ocinky stanu ekosystemy basejniv richok i organizacii' racional'nogo pryrodokorystuvannja* [Methodology of spatio-temporal assessment of the state of the ecosystem of river basins and the organization of rational nature management]. *Aquatic bioresources and aquaculture*, no. 2, 144–174. [in Ukrainian].
68. Pichura V. I., Potravka L. O. (2019). *Udoskonalennja mehanizmu organizacii' pryrodokorystuvannja na terytorii' basejnu Dnipra* [Improvement of the mechanism of nature management organization in the territory of the Dnipro basin]. *Bioresources and nature management*, no. 11 (5–6). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/13441> [in Ukrainian].
69. Pichura V. I., Potravka L. O. (2020). *Protjerozijna optymizacija struktury zemel'nogo fondu ta ekologizacija pryrodokorystuvannja na terytorii' basejnu riky Dnipro* [Anti-erosion optimization of the structure of the land fund and greening of nature use in the territory of the Dnipro river basin]. *Aquatic bioresources and aquaculture*, no. 2 (8), 210–235. [in Ukrainian].
70. Kashtanov A. N., Lisetsky F. N., Shvebs G. I. (1994). *Osnovy landshaftno-ekologicheskogo zemledeliya* [Fundamentals of landscape-ecological agriculture]. Moscow: Kolos. [in Russian].
71. Tarariko O. G., Ilyenko T. V., Syrotenko O. V., Kuchma T. L. (2015). *Formuvannja zbalansovanyh agrolandshaftiv na pryncypah g'runtozahysnoi' konturno-melioratyvnoi' systemy zemlekorystuvannja* [Formation of balanced agrolandscapes based on the principles of the soil-pro-

- tective contour-ameliorative system of land use]. *Agriculture*, vol. 1, 13–18. [in Ukrainian].
72. Lisetskii F. N., Zemlyakova A. V., Narozhnyaya A. G. (2014). *Geoplanirovanie sel'skikh territoriy: opyt realizatsii kontseptsii basseynovogo prirodopol'zovaniya na regional'nom urovne* [Geoplanning of rural areas: experience in implementing the concept of basin nature management at the regional level]. *Bulletin of the Odessa National University*, vol. 19, Iss. 3 (22), 125–137. [in Russian].
73. Turusov V. I., Novichikhin A. M., Garmashov V. M. (2012). *Optimizatsiya agrolandshaftov – osnova effektivnosti innovatsiy v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve* [Optimization of agricultural landscapes is the basis for the effectiveness of innovations in agricultural production]. *AgroPost*. URL: <http://agropost.ru/rasteniievodstvo/zemledeleie/optimizatsiya-agrolandshaftov.html> [in Russian].
74. Terekhin E. A. (2017). *Otsenka spektral'no-otrazhatel'nykh svoystv zaleznykh zemel' s ispol'zovaniem sputnikovyykh dannykh* [Estimation of the spectral-reflective properties of fallow lands using satellite data]. *Scientific statements of the Belgorod State University. Series: Natural Sciences*, vol. 38, no. 4(253), 161–168. [in Russian].
75. Kochurov B. I., Ivanov Yu. G. (1987). *Otsenka ekologo-khozyaystvennogo sostoyaniya territorii administrativnogo rayona* [Assessment of the ecological and economic state of the territory of the administrative region]. *Geography and natural resources*, no. 87, 49–53. [in Russian].
76. Lopyrev M. I., Makarenko S. A. (2001). *Agrolandshafty i zemledele* [Agrolandscapes and agriculture]. Voronezh: VGU. [in Russian].
77. Rybarsky I., Geisse E. (1981). *Vliyanie sostava ugody na ekologicheskuyu stabil'nost' territorii* [Effect of land composition on the ecological stability of the territory]. *Land management works in specific conditions*. Tatranska Lomnica. 19–26. [in Russian].

УДК 635.9+631.811

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.2>

ВИРОЩУВАННЯ ТРОЯНД В УМОВАХ ГІДРОПОННИХ ПЛІВКОВИХ ТЕПЛИЦЬ

Ковальов М.М. – к.с.-г.н.,

Васильковська К.В. – к.т.н., доцент,

Мороз С.М. – к.т.н., доцент,

Центральноукраїнський національний технічний університет

Nicolaskov80@gmail.com

В статті експериментально досліджено та обґрунтовано особливості росту та розвитку троянди сортів французької селекції в умовах плівкової теплиці Північного Степу України. У рослині троянди міститься близько 24% сухої речовини, їх до мінеральних речовин належить приблизно 7%. При щоденному прирості сирової маси на рівні 60 г/м²/день рослина споживає близько 1 г/м² мінерального живлення.

Основне завдання поливу рослин поживним розчином полягає в можливості забезпечити його достатньою кількістю води, створити в кореневій зоні рослин більш комфортні умови щодо співвідношення «вода: повітря», забезпечити рослину необхідною кількістю елементів живлення, підтримати в нормі показники кислотності та кількості солей. Тому поливи кокосового субстрату при вирощуванні троянд проводять тільки спеціально приготованими поживними розчинами із суворим співвідношенням елементів живлення, у відповідність до вимог рослин по рН та ЕС. Враховуючи це, для вирощування троянд ми застосовували модифікований нами рецепт поживного розчину, основою якого стали розчини за Еллісом та Герікке.

Головним чинником отримання постійних стабільних зрізів різних сортів троянди, є режим поливу. У разі теплиці водний режим малооб'ємного субстрату безпосередньо впливає дію інших чинників, визначальних життєдіяльність різних сортів троянди. Отже, щодо режиму поливу різних сортів троянди, основним питанням є встановлення оптимальної вологості в субстраті. Ця вологість забезпечує отримання стабільних пагонів при мінімальних витратах поживного розчину на одиницю площі продукції. Тому, основною умовою отримання високої продуктивності троянди є правильне регулювання водного режиму субстрату шляхом проведення своєчасних вегетаційних поливів поживним розчином.

У результаті аналізу експериментальних даних процесів росту і розвитку рослин досліджуваних сортів троянди французької селекції для забезпечення рослин достатньою кількістю мінерального живлення концентрацію поживного розчину в зимовий період збільшують до 1,9–2,0 мСм/см, а влітку знижують до 1,4–1,6 мСм/см. Дана закономірність пов'язана з тим, що у зимовий період, водоспоживання троянди зменшується, а літній період навпаки водоспоживання суттєво збільшується.

У літній період при стандартному ЕС=1,6 мСм/см, калію в поживному розчині міститься близько 4,25 ммоль, а кальцію трохи менше – 4,0 ммоль.

Ключові слова: гідропоніка, троянда, плівкова теплиця, поживний розчин.

Постановка проблеми. Найпопулярніша квітка в Україні – троянда. Саме на троянди припадає 50% роздрібного продажу квітів (10 млрд. гривень на рік) [1, с. 146].

Потенційна ємність тепличного ринку України як мінімум у 10 разів вища за поточне споживання свіжих кольорів. Збільшуючи площі розівництва в різних господарствах можна надалі значною мірою відмовитися від імпорту троянд (за оцінками експертів у перспективі вітчизняні троянди можуть зайняти 60% ринку), що економічно вигідно для вітчизняних виробників і споживачів квіткової продукції [2 с. 90; 3, с. 35].

Підвищити ефективність використання для цілорічної культури троянд прогресивних тепличних комплексів, у яких застосовуються сучасні ефективні субстрати та можливе автоматичне регулювання всіх факторів життя квіткової рослини, можна тільки на основі розробки та впровадження сучасних ресурсозберігаючих технологій та насамперед гідропоніки. Останні для умов захищеного ґрунту Кропивницьчини не розроблені, крім того, не вивчені біологічні особливості сортів троянд, що вирощуються в захищеному ґрунті, насамперед їх реакція на зміну водного режиму субстратів [4, с. 14; 5, с. 21].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Агроекологічні аспекти вирощування троянди в умовах різних типів субстратів ґрунтової культури вивчалися вітчизняними дослідниками [6, с. 73; 7, с. 195]. При цьому в першу чергу розглядалися саме агробіологічні та технологічні аспекти вирощування в умовах захищеного ґрунту.

Однак, досить цікавими є можливість вирощування троянди в умовах малооб'ємної культури. Враховуючи дедалі більше поширення малооб'ємної гідропоніки в тепличному господарстві, актуальним є вивчення ефективності вирощування троянди власне в умовах гідропонних плівкових теплиць. При цьому отримані результати можуть бути основою для розробки агротехнологічних регламентів використання троянди в умовах відкритого ґрунту, а також неопалюваних плівкових теплиць [8, с. 24; 9, с. 74].

Постановка завдання. Метою наших досліджень було вивчення впливу складу поживного розчину на ріст та розвиток троянд в умовах гідропонної плівкової теплиці.

Для досліджень було обрано посадковий матеріал чайно-гібридних троянд селекції Дельбара (Франція): 1) сорт Gospel (червоний); 2) сорт Dolce Vita (рожевий); 3) сорт Imperatrice Farah (молочно-білий з червоним краєм).

Всі ці сорти характеризуються можливістю тривалого використання рослин (у дослідях до 5-6 років), відрізняються гарною транспортабельністю, високою якістю зрізування та продуктивністю, тривалими термінами стояння (зазвичай у воді до 14 днів). Схема дослідів вивчення складу

поживного розчину при вирощуванні троянд включала наступні варіанти: Фактор А: Gospel, Dolce Vita, Imperatrice Farah; Фактор Б: поживні розчини. Повторність: 3-х кратна. В період пророщування розсади визначали фітотметричні показники рослин (фенофази, кількість і площа листя, число вегетативних і генеративних органів) [10, с. 73; 11, с. 85]. Вегетаційний експеримент було закладено методом систематичних повторень, повторність – триразова, площа облікової ділянки 10,6 м². Зволоження субстрату проводили за допомогою систем ін'єкційного крапельного зрошення. Основною перевагою кокосового волокна є можливість повного контролю над кореневим середовищем рослини та можливістю ефективного та швидкого регулювання основних параметрів.

При вирощуванні троянд у теплиці на ділянку 1 га висаджувалося трохи більше 70–80 тисяч саджанців.

В гідропонній плівковій теплиці, залежно від фази росту рослин та пори року, вдень середня температура підтримувалася на рівні до 22–26 °С, а в нічний час 16–22 °С. За 45–50 днів після посадки кущ починає формуватись. З одного куща виростає 5–6 пагонів, з них 3–4 відмінної якості залишаються на зріз, тобто для подальшого формування рослин.

Поливи проводили тільки спеціально підготовленими поживними розчинами із суворюю відповідністю за електропровідністю та водневим показником (кислотністю). В першу чергу враховувалися вимогливість рослин до даного розчину та дотримувалося необхідне співвідношення елементів живлення. У ході досліджень ми враховували, що в плівковій теплиці основним кліматичним фактором зовнішнього середовища, що впливає на розвиток кущів троянд та на величину водоспоживання, є: температура повітря, відносна вологість повітря, надходження сонячної радіації, температура субстрату.

На всіх варіантах досвіду час та кількість поливів необхідних для вирощування троянд встановлювали залежно від вологості субстрату.

Вимірювання вологості кокосового субстрату, що має високу вологоємність і відносно велику водоутримуючу здатність, проводили тензіометричним методом з використанням електронного тензіометра голландського виробництва WCMcontrol. При зниженні вологості субстрату в кореневій зоні нижче встановленої межі датчик надсилає сигнал у контролер, потім комп'ютер за заданими параметрами починає подавати поживний розчин.

Для контролю достовірності даних, отриманих за допомогою тензіометра, вологість визначалася термостатно-ваговим методом.

Для визначення добових обсягів дренажно-скидного стоку з облікової ділянки площею 10,6 м² його збирали накопичувальну ємність та заміряли.

У ході досліджень щодня вимірювалася температура субстрату та повітря, контролювалася вологість повітря, а також електропровідність та водневий показник зрошувальної води. Температура поливального розчину підтримувалася лише на рівні +22 °C.

Основні та супутні спостереження проводили відповідно до загальноприйнятих методик та державних стандартів.

Фенологічні та біометричні спостереження за розвитком рослин троянди проводили за методикою [11, с. 85]. У цьому відзначалися наступні фази розвитку троянди: відокремлення листя, початок бутонізації, забарвлення бутону.

На облікових ділянках через кожні 10 днів відбирали по 5 рослин з кожного варіанту та проводили обліки: висота рослини, висота квіткового бутону, кількість листя, діаметр бутону, кількість пелюсток в одному бутоні.

Площа листя визначали плани метричним методом, масу коренів троянд згідно загальноприйнятої методики, щоб уникнути розпаду субстрату на дрібні фрагменти, що призводить до розриву коренів, відмивали корені з непорушених монолітних зразків [12, с. 10]. Вологість субстрату вимірювали контрольно-вимірювальним приладом голландського виробництва WCMcontrol, кількість добового дренажу з облікової ділянки збирали в накопичувальну ємність та заміряли.

Відповідно до методичних вказівок щодо організації агрохімічних досліджень спостереження за динамікою поживного режиму субстратів, проводили шляхом відбору зразків, після поливу 1 раз на тиждень [11, с. 85].

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили у науковій лабораторії Гідропонного вирощування овочів в купольній теплиці кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету протягом 2020–2021 років.

Один раз на два тижні відбиралися аналізи на вміст елементів живлення в субстраті, та за результатами цих аналізів проводилися коригування концентрації поживного розчину. Електропровідність та кислотність поживного розчину та субстрату визначали щодня спеціальними приладами ЄС-тест та рН-тест.

Вміст найважливіших речовин у субстраті та поживному розчині визначалося: нітратного азоту за допомогою іономіру з іоноселективним електродом; аміачного азоту – реактивом Неслера; калію – на полум'яному фотометрі; фосфор та магній – фотоколориметричним методом [13, с. 4];

Статистичну обробку отриманих даних та оцінку достовірності результатів дослідження проводили за загальноприйнятою методикою – методом дисперсійного аналізу [10, с. 18].

Результати досліджень. У сучасній технології вирощування троянд мінеральне харчування та поливи є нерозривно пов'язаними між

собою процесами. Тому дуже важко розділити такі поняття як «полив», «мінеральне живлення», «дренаж», рН та ЕС, оскільки це нерозривні поняття [14, с. 85].

У рослині троянди міститься близько 24% сухої речовини, їх до мінеральних речовин належить приблизно 7%. При щоденному прирості сирової маси на рівні 60 г/м²/день рослина споживає близько 1 г/м² мінерального живлення.

Основне завдання поливу рослин поживним розчином полягає в можливості забезпечити його достатньою кількістю води, створити в кореневій зоні рослин більш комфортні умови щодо співвідношення «вода: повітря», забезпечити рослину необхідною кількістю елементів живлення, підтримати в нормі рН та ЕС. Тому поливи субстрату при вирощуванні троянд проводять тільки спеціально приготованими поживними розчинами із суворим співвідношенням елементів живлення, у відповідність до вимог рослин по рН та ЕС. В даний час, залежно від фази розвитку кущів троянд та інтенсивності освітлення теплиць, розроблено досить багато рецептур поживного розчину. Враховуючи це, для вирощування троянд ми застосовувався модифікований нами рецепт поживного розчину за Еллісом та Герікке (табл. 1) [15, с. 24].

Таблиця 1. Стандартний склад мінерального живлення троянд в умовах плівкової теплиці (середнє, 2020–2021 рр.)

Параметри поживного розчину	Модифікований розчин	Дренажний стік
Електропровідність, ЕС, мСм/см	0,7	2,0
Водневий показник, рН		5,5
Вміст елементів живлення, моль/л		
Азот амонійний	0,8	0,1
Калій	2,2	5,0
Натрій	0,0	<6
Кальцій	0,8	5,0
Магній	0,6	2,5
Азот нітратний	4,3	12,5
Хлориди	0,1	<8
Сірка сульфатна	0,5	2,5
Гідрокарбонати	0,0	<1
Фосфорна кислота	0,5	0,9
Залізо	15,0	25,0
Марганець	5,0	3,0
Цинк	3,0	3,5
Бор	20,0	20,0
Мідь	0,5	1,0
Молібден	0,5	0,5

Троянда дуже вимоглива до режиму живлення. У середньому на вирощування 1 троянди необхідно: 2,2 моль/л калію, 0,8 моль/л кальцію, 0,6 моль/л магнію та інші елементи [16, с. 107]. При цьому склад поживного розчину варто коригувати залежно від фази росту та розвитку рослин (табл. 2).

Троянди значно важче, ніж інші квіткові рослини, засвоюють фосфор. Вони відрізняються дуже великою здатністю поглинання та засвоєння азоту та калію. При ранньому вирощуванні троянди в теплицях найбільш інтенсивне поглинання елементів живлення припадає на період з середини січня до початку березня.

Таблиця 2. Склад поживного розчину для троянд у різні фази росту та розвитку в умовах гідропоніки (середнє за 2020–2021 роки)

Показники	Після висадки троянд		В період масового цвітіння	
	min	max	min	max
ЕС, МСм/см	1,5	2,0	1,5	2,0
Вміст, мг/л				
Азот нітратний	110	140	120	150
Азот амонійний	8	8	8	8
Фосфор	25	25	30	30
Калій	150	190	240	280
Кальцій	100	130	120	140
Магній	20	30	25	35
	Співвідношення К:Ca1,5:1		Співвідношення К:Ca2:1	
	Fe2,5; Mn 0,5; Zn0,35 B0,2 Cu 0,1; Mo0,1			

З віком у самому листі троянди вміст калію, кальцію та магнію (у відсотках сухої речовини) зазвичай збільшується. Отже, в підсумку коренева система троянд на відміну від надземної частини рослин містять знижені концентрації макроелементів.

Таким чином, для забезпечення рослин достатньою кількістю мінерального живлення концентрацію поживного розчину в період зими збільшують до 1,9–2,0 мСм/см, а влітку знижують до 1,4–1,6 мСм/см. Це пов'язано з тим, що у зимовий період, водоспоживання троянди менше, а літній період навпаки водоспоживання суттєво збільшується.

У літній період при стандартному ЕС=1,6 мСм/см, калію в поживному розчині міститься близько 4,25 ммоль, а кальцію трохи менше – 4,0 ммоль.

В зимовий період кальцій та магній рослинами засвоюються важче. Тому в поживному розчині збільшують вміст кальцію по відношенню до калію, але одночасно з цим і зменшують рівень нітратів, збільшуючи вміст сірки на 10–15%.

Троянди в період вегетації абсолютно не виносять високих концентрацій натрію (більше 10 мг/л) та хлору (10–15 мг/л). Таким чином, для

поливу троянд якість води, що використовується для приготування поживного розчину, відіграє важливу роль. Тому при високому вмісті бікарбонатів у поливній воді бажано використовувати процес попереднього підкислення. Крім того, з метою видалення вуглекислого газу з поживного розчину необхідно використовувати ємності для зберігання бакової суміші.

Разом з тим, застосовуючи установки зворотного осмосу, можна суттєво підвищити якість водопідготовки. Отримавши воду з вмістом натрію менше 5 мг/л після «водоочисної установки», можна гарантовано мати нульову концентрацію решти елементів живлення рослин. У цьому випадку не потрібно проводити корегування кислотного стану води перед приготуванням поживних розчинів, а витрата азотної чи фосфорної кислоти скорочується у декілька разів.

Вода, отримана з установок зворотного осмосу, практично позбавлена розчиненого кисню. Але для нормального функціонування кореневої системи троянд кисень життєво необхідний. В цьому випадку монтують компресорну установку та штучно збагачують воду киснем. Для кущів троянд поживний розчин найкраще готувати з простих водорозчинних добрив з високим ступенем очищення. Як правило, неправильний вибір та економія на добривах, призводять до неякісної роботи системи крапельного зрошення та виходу з ладу крапельниці. В кінцевому результаті отримуємо квіти низької якості.

Приблизний склад маточного розчину для отримання поживного розчину з рН 5,3 та ЕС 1,7 мСм/см при вирощуванні троянд другого року наведено в таблиці 3.

Для живлення рослин та якісної роботи системи ін'єкційного крапельного поливу необхідною умовою є щоденний контроль таких параметрів, як обсяг дренажного стоку, норма поливу, рН та ЕС поживного розчину та рН та ЕС дренажного стоку.

При різкій зміні вмісту солей дренажного стоку мінімум один раз на два тижні необхідно виконувати агрохімічний аналіз власнепоживного розчину та його дренажного стоку.

Як зазначалося вище, надлишок або недолік того чи іншого елемента живлення призводить до негативних наслідків у розвитку квітки троянд. В результаті цього за весь вегетаційний період відбувається зниження кількості та якості квітів, що зрізаються (табл. 4).

У наших дослідженнях з усіх варіантів досвіду фон мінерального живлення підтримувався на оптимальному рівні.

Для рослин троянд різниця між фактичними та рекомендованими нормами вмісту елементів живлення у субстраті була не суттєвою. Рівні елементів живлення в субстраті регулювалися за допомогою ЕС поживного розчину та кількісним виходом дренажу. Один раз на два тижні відби-

Таблиця 3. Склад маточного розчину при вирощуванні троянд середнє за 2020–2021 роки

Склад гідропонного розчину	Масова частка мінерального живлення для приготування бакового розчину, кг		
	Бак «А», 2 м ³	Бак «Б», 2 м ³	Бак «С», 1 м ³
Макроелементи			
Нітраткальцію	200		
Нітратмагнію	150		
Монокалійфосфат		90	
Нітраткалію		200	
Аміачнаселітра	6		
Ортофосфорнакислота			1,5
Азотнакислота		2	3
Мікроелементи			
Брексил заліза	10		
Хелатмарганцю		0,3	
Сульфатцинку		0,2	
Буратехнічна		0,3	
Сульфат міді		0,05	
Біофунгіциди			
ЕМ 5			15
Біплан			12

Таблиця 4. Вплив надлишку або нестачі того чи іншого елемента живлення на ріст та розвиток троянди середнє за 2020–2021 роки)

Елемент живлення	Вплив надлишку на ріст та розвиток троянди	Вплив недостатньої кількості на ріст та розвиток троянди
1	2	3
Азот	В поживному розчині та дренажному стоку при концентрації азоту понад 220 мг/л значно підвищується значення ЕС та формується сольовий стрес троянди.	Швидкість росту пагонів уповільнюється, зменшується розмір пелюсток або листових пластинок, втрачається яскравість забарвлення пелюсток, міжвузля пластин формуються більш короткі.
Фосфор	У живильному розчині при концентрації фосфору понад 50 мг/л погіршується поглинання рослинами кальцію, цинку, магнію, міді, заліза та посилює надходження калію. У цьому випадку на товарних пагонах відбувається опадання дорослого листя.	Уповільнюється зростання пагонів і коріння, листя дрібніше. На головних жилках молодого листя троянди спостерігається зникнення пурпурового забарвлення.
Калій	Сприяє процесу засолення субстрату. Виявляється у в'яненні молодих відростаючих пагонів.	При формуванні квіток у пізнішій фазі зростання спостерігається усихання бутону, уповільнюється ріст і формується невеликий бутон.

Продовження таблиці 4

1	2	3
Кальцій	Створює лужну реакцію живильного розчину, що викликає дефіцит фосфору та заліза.	Викликає деформацію листової пластинки і відмирання коренів, листя стає маленького розміру, і вона набуває сіро-зеленого відтінку. У червоних сортів троянди спостерігається некроз пелюсток, і вона частіше вражається сірою гниллю.
Магній	Підвищує загальне засолення, може бути токсичним.	Колір листя не насичено зелений. Спостерігається на нижньому листі між жилками у формі підкови світла смуга сірувато-білого кольору. Потім на цьому листі проявляється бронзове забарвлення.
Залізо	Викликає труднощі у засвоєнні міді, марганцю та цинку.	Викликає хлороз листя.
Цинк	Уражається листя. На них з'являються прозорі плями світло-зеленого кольору, потім вони жовтіють і лист опадає.	Виявляється хлороз усіх молодих листків, спостерігається відмирання верхівок пагонів.
Сірка	Підвищує концентрацію солей, порушує баланс кальцію.	Листя стає блідо-зеленим, забарвлення квітки більш бліде.
Мідь	З'являється червоний відтінок у листі.	Молоде листя дрібне, верхівки жовтіють. Верхня частина пагонів більше коротка, часто пагін завмирає.
Марганець	Викликає слабе зростання пагонів.	Викликає хлороз молодого листя зростаючих пагонів.
Бор	Зубчаста кромка листа отримує коричневий відтінок, а потім чорніє і лист опадає.	На білих та жовтих сортах троянди по краю пелюсток проявляється коричневий відтінок квіток. Сприяє відростанню «мітлоподібних» пагонів.

ралися аналізи на вміст елементів живлення в субстраті, а за результатами цих аналізів проводилися коригування концентрації поживного розчину.

При проведенні чергового поливу та підживлення, обов'язково враховувалася якість поливної води та кількість склад елементів живлення. Якщо виявлялося якесь відхилення, то проводилися коригування.

Висновки. Проведені нами дослідження показали, що модифікований нами склад поживного розчину сприяє кращому росту та розвитку рослин троянди французької селекції в умовах плівкових теплиць.

У літній період при стандартному ЕС=1,6 мСм/см, калію в поживному розчині міститься близько 4,25 ммоль, а кальцію трохи менше – 4,0 ммоль.

В зимовий період кальцій та магній рослинами засвоюються важче. Тому в поживному розчині збільшують вміст кальцію по відношенню до калію, але одночасно з цим і зменшують рівень нітратів, збільшуючи вміст сірки на 10–15%.

GROWING ROSES IN HYDROPONIC FILM GREENHOUSES

*Kovalov M.M. – Candidate of Agricultural Sciences,
Vasylykovska K.V. – Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Moroz S.M. – Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Central Ukrainian National Technical University
Nicolaskov80@gmail.com*

The article experimentally investigates and substantiates the peculiarities of the growth and development of roses of French selection in the conditions of a film greenhouse of the Northern Steppe of Ukraine. The rose plant contains about 24% of dry matter, and about 7% of it belongs to mineral substances. With a daily increase in raw mass at the level of 60 g/m²/day, the plant consumes about 1 g/m² of mineral nutrition.

The main task of watering plants with a nutrient solution is to provide it with a sufficient amount of water, to create more comfortable conditions in the root zone of plants with regard to the "water: air" ratio, to provide the plant with the necessary amount of nutrients, to maintain normal levels of acidity and the amount of salts. Therefore, irrigation of the coconut substrate during the cultivation of roses is carried out only with specially prepared nutrient solutions with a strict ratio of nutrients, in accordance with the plant requirements for pH and EC. Taking this into account, we use our modified nutrient solution recipe, which was based on the Ellis and Gerikke solutions, for growing roses.

The main factor in obtaining constant, stable sections of various rose varieties is the watering regime. In the case of a greenhouse, the water regime of a small-volume substrate directly affects the action of other factors determining the vitality of different rose varieties. So, regarding the mode of watering different varieties of roses, the main issue is the establishment of optimal humidity in the substrate. This humidity provides stable shoots with minimal consumption of nutrient solution per unit of product area. Therefore, the main condition for obtaining high productivity of a rose is the correct regulation of the water regime of the substrate by conducting timely vegetation watering with a nutrient solution.

As a result of the analysis of experimental data on the processes of growth and development of plants of the researched rose varieties of French selection, in order to provide plants with a sufficient amount of mineral nutrition, the concentration of the nutrient solution in the winter period is increased to 1,9-2,0 mS/cm, and in the summer it is reduced to 1,4-1,6 mS/cm. This regularity is connected with the fact that in the winter period, the rose's water consumption decreases, and in the summer period, on the contrary, the water consumption increases significantly.

In the summer, with a standard EC=1,6 mS/cm, potassium in the nutrient solution contains about 4,25 mmol, and calcium is slightly less than 4,0 mmol.

Keywords: hydroponics, rose, film greenhouse, nutrient solution.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рубцова О. Л. Рід Rosa. L. в Україні: генофонд, історія, напрями досліджень, досягнення та перспективи: монографія. Київ: Фенікс, 2009, 375 с.

2. Сорокіна С. В., Акмен В. О., Летута Т. М., Стрикова Н. О. Дослідження впливу різних чинників на збереження декоративності зрізаних троянд. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь : ТДАТУ, 2015. Вип. 15, т. 4. С. 86–95.
3. Носов П. Н. Новые прогрессивные способы хранения цветочной продукции. *Ландшафтный дизайн*. 2004. № 5. С. 34–36.
4. Стефановська Т. Р., Кава Л. П., Підліснюк В. В., Томчак А. Технологія вирощування і використання організмів у біологічному захисті рослин: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.]. К.: «Агроосвіта», 2014. 254 с.
5. Фисенко І. А. Чарівне квітникарство : рек. покажч. літ. За ред. О. Г. Пустова, Д. В. Ткаченко. Миколаїв : МНАУ, 2018. 36 с.
6. Мороз Е. К. Корнесобственные розы в национальном парке «Софиевка». Умань : Изд-во «АЛМИ», 2006. 174 с.
7. Поліщук В. В. Історичні аспекти селекційно-генетичного вдосконалення троянд: *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2016. № 89. С. 191–199.
8. Піковський М. Й., Кирик М. М., Крезуб В. М. Візуальна діагностика сірої гнилі на рослинах троянд. *Карантин і захист рослин*. 2013. № 9. С. 23–25.
9. Перфільєва Л. П., Перфільєва М. В., Дячук П. В. Троянди на прищипльній ділянці: навч.-метод. посібн. Умань, 2011. 236 с.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 415 с.
11. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні. К.: ТОВ «Алефа», 2016. 128 с. (с. 85).
12. Ганженко О. М., Курило В. Л., Гамандій В. Л. Методичні рекомендації з визначання площі листової поверхні цукрового сорго. Вінниця : Нілан, ЛТД, 2014. 32 с.
13. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. Видання офіційне. Київ: Держспоживстандарт України. 2006, 19 с.
14. Ковальов М. М. Вирощування огірка Козіма F1 на різних типах субстратів у гідропонних купольних теплицях. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки*. Вип. 117. Видавничий дім «Гельветика», 2021. С. 80–89.
15. Ковальов М. М., Звездун О. М., Михайлова Дарія Порівняння ефективності вирощування розсади *Thladiantha Dubia* в ґрунтовому середовищі і гідропонних системах. *Науковий журнал «Водні біоресурси та аквакультура»*. Вип. 2. Видавничий дім «Гельветика», 2020. С. 20-28.
16. Ковальов М. М. Вплив іонного складу поживного середовища на вирощування ремонтантних сортів полуниці в гідропонних колонах *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Сільськогосподарські науки*. Вип. 116. Видавничий дім «Гельветика», 2020. С. 104–111.

REFERENCES

1. Rubtsova O. L. (2009). *Rid Rosa. L. v Ukraini: henofond, istoriia, napriamy doslidzhen, dosiahnennia ta perspektyvy: monohrafiia* [Genus Rosa. L. in Ukraine: genepool, history, directions of research, achievements and prospects: monograph]. Kyiv: Feniks. [in Ukrainian].
2. Sorokina S. V., Akmen V. O., Letuta T. M., & Strykova N. O. (2015). *Doslidzhennia vplyvu riznykh chynnykiv na zberezhennia dekoratyvnosti zrizanykh troiand* [Study of the influence of various factors on the preservation of decorativeness of cut roses.]. *Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu* [Proceedings of the Tavri State Agro-Technological University]. Melitopol. Issue 15, vol. 4, 86–95. [in Ukrainian].
3. Nosov P. N. (2004). *Novyye progressivnyie sposobyi hraneniya tsvetochnoy produktsii* [New progressive ways of storing flower products]. *Landshaftnyi dizayn* [Landscape design], vol. 5, 34–36. [in Russian].
4. Stefanovska T. R., Kava L. P., Pidlisniuk V. B., & Tomchak A. (2014). *Tekhnolohiia vyroshchuvannia i vykorystannia orhanizmiv u biolohichnu mu zakhysti roslyn* [Technology of cultivation and use of organisms in biological protection of plants] : a study guide. Kyiv. Agricultural education. [in Ukrainian].
5. Fysenko I. A. (2018). *Charivne kvitnykarstvo* [Magical floriculture]. Mykolayiv: Mykolaiv National Agrarian University. [in Ukrainian].
6. Moroz E. K. (2006). *Kornesobstvennyie rozyi v natsionalnom parke «Sofievka»* [Own-rooted roses in Sofiyivka National Park]. Uman: Publishing house ALMI. [in Russian].
7. Polishchuk V. V. (2016). *Istorychni aspekty selektsiino-henetychnoho vdoskonalennia troiand* [Historical aspects of breeding and genetic improvement of roses]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS* [Collection of scientific works of the Uman National University of Horticulture], vol. 89, 191-199. [in Ukrainian].
8. Pikovskyi M. Y., & Kyryk M. M., & Krezub V. M. (2013). *Vizualna diah-nostyka siroi hnyli na roslynakh troiand* [Visual diagnosis of gray rot on rose plants]. *Karantyni zakhyst roslyn* [Quarantine and plant protection], no. 9, 23–25. [in Ukrainian].
9. Perfilieva L. P., & Perfilieva M. V., Diachuk P. V. (2011). *Troiandy na pry-shkilnii diliantsi* [Roses on the school grounds] : navch.-metod. posibnyk. Uman. [in Ukrainian].
10. Dosphehov B. A. (1979). *Metodika polevogo opyita* [Field experiment methodology]. Moscow: Kolos. [in Russian].
11. *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv Roslyn hrupy dekoratyvnykh, likarskykh ta efirooliinykh, lisovykh na prydatnist do poshyrennia v*

- Ukraini*. [Methodology for examination of varieties of decorative, medicinal and essential oil, forest plant varieties for suitability for distribution in Ukraine.]. (2016). Kyiv: TOV «Alefa». [in Ukrainian].
12. Hanzhenko O. M., Kurylo V. L., Hamandii V. L. (2014). *Metodychni rekomendatsii z vyznachannia ploshchi lystkovoï poverkhni tsukrovoho sorho* [Methodological recommendations for determining the surface area of sugar sorghum leaves]. Vinnytsia: Nilan LTD. [in Ukrainian].
 13. *Yakist hruntu. Pokaznyky rodiuchosti hruntiv* [Soil quality. Indicators of soil fertility]. (2006). DSTU 4362:2004, from the 9th of December 2004. Vydannia ofitsiine. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrayiny. [in Ukrainian].
 14. Kovalov M. M. (2021). *Vyroshchuvannia ohirka Kozima F1 nariznykh typakh substrativ u hidroponnykh kupolnykh teplytsiakh* [Growing cucumber Kozima F₁ on different types of substrates in hydroponic dome greenhouses]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk: Naukovyi zhurnal. Silskohospodarski nauky* [Tavria Scientific Bulletin: Scientific Journal. Agricultural sciences]. Kherson: «Helvetica» Publishing House. Issue 117, 80–89. [in Ukrainian].
 15. Kovalov M. M., & Zvezdun O. M., & Mykhailova Dariia (2020). *Porivnannia efektyvnosti vyroshchuvannia rozsady Thladiantha Dubia v gruntovomomu seredovyshchi i hidroponnykh systemakh* [Comparison of the efficiency of growing *Thladiantha Dubia* seedlings in soil and hydroponic systems]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*. [Aquatic Bioresources and Aquaculture]. Kherson: Publishing House «Helvetica». no. 2, 20–28. [in Ukrainian].
 16. Kovalov M. M. (2020). *Vplyv ionnoho skladu pozhyvnoho seredovyshcha na vyroshchuvannia remontantnykh sortiv polunytsi v hidroponnykh kolumnakh* [Influence of the ionic composition of the nutrient medium on the cultivation of remontant varieties of strawberries in hydroponic columns]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk: Naukovyizhurnal. Silskohospodarski nauky*. [Tavriya Scientific Bulletin: Scientific journal. Agricultural sciences]. Issue. 116, 104–111. [in Ukrainian].

АКВАКУЛЬТУРА

УДК 639.3.043 (073)

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.3>

ВПЛИВ КОРМОВОЇ БАЗИ ТА ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРОПА

Бучковська В.І. – к. с.-г. н., доцент,

Євстафієва Ю.М. – к. с.-г. н., доцент,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»,

vbutschk@ukr.net, pp.nika22@ukr.net

Основним видом риби, яку вирощують у ставових господарствах, є короп. По своїх біологічних особливостях – темпу росту, скоростиглості, невибагливості до умов утримання, оплаті корму та інших властивостях, він займає перше місце серед усіх ставових риб. М'ясо риби містить 16–21% легко перетравного білку, який по біологічній цінності не лише не поступається білку теплокровних тварин, але і по ряду показників перевищує його. По складу основних поживних речовин, вмісту незамінних амінокислот, вітамінів, мінеральних речовин і ненасичених жирних кислот, а також, завдяки легкій перетравності і засвоюваності, м'ясо риби можна віднести до дієтичного продукту.

Метою досліджень було провести аналіз впливу кормової бази та гідрохімічного режиму ставків на продуктивність коропа.

Для проведення дослідів були визначені виросні стави № 1 і № 2. Ставок № 1 розташований біля села Суржа, ставок № 2 – біля села Бережанка Кам'янець-Подільського району Хмельницької області. Природна рибопродуктивність становить 160 кг/га, кількість днів з температурою більше 15 °С складає 91–150. Методикою досліджень передбачалося встановити фізико-хімічні показники води в дослідних ставках, рівень природної кормової бази і ріст цьогорічки коропа протягом вегетаційного періоду.

Найвища температура води спостерігалася по ставку № 1 у період з останньої декади травня по останню декаду липня і складала 23–24°C відповідно. На цей період припадає найменший вміст кисню у воді – 4,9–4,4 мг/л. В ставку № 2 найвищий рівень зоопланктону спостерігався у липні – серпні, який знаходився в межах 6,26–34,07 г/м³. Найменша маса зоопланктону відмічена у червні і вересні місяцях і знаходився в межах 0,818–0,887 г/м³.

Маса цьогорічки коропа по ставку № 2 значно перевищувала масу цьогорічки по ставку № 1 за першу декаду вирощування і їх різниця становила 2,9 г на користь ставка № 2. Дані показують, що природи живої маси цьогорічки в обох ставках були найбільшими у липні місяці, коли температура води досягала максимуму. Збільшення живої маси спостерігалось й у наступні місяці вегетаційного періоду. На кінець дослідного періоду жива маса цьогорічки у ставку №1 становила 16 г, а у ставку № 2–25 г, що на 9 г більше. Одержані дані свідчать, що інтен-

сивність природної кормової бази ставків суттєво впливає на збільшення маси тіла рибопосадкового матеріалу.

Ключові слова: кормова база, ставок, короп, гідрохімічний режим.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими або практичними завданнями. Риба і рибні продукти займають важливе місце в харчуванні людини. Крім того, нехарчова риба і відходи рибопереробних підприємств є сировиною для виготовлення рибного борошна – важливого білкового компонента раціонів сільськогосподарських тварин [1, 4].

М'ясо риби містить 16–21% легко перетравного білку, який по біологічній цінності не лише не поступається білку теплокровних тварин, але і по ряду показників перевищує його. По складу основних поживних речовин, вмісту незамінних амінокислот, вітамінів, мінеральних речовин і ненасичених жирних кислот, а також, завдяки легкій перетравності і засвоюваності, м'ясо риби можна віднести до дієтичного продукту [2, 6]. Збільшення попиту на рибу та рибні продукти викликає необхідність краще і повніше використовувати водні угіддя, зокрема внутрішні водойми [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Основним видом риби, яку вирощують у ставкових господарствах, є короп. По своїх біологічних особливостях – темпу росту, скоростиглості, невибагливості до умов утримання, оплаті корму та інших властивостях, він займає перше місце серед усіх ставкових риб.

Найбільш поширені породи коропа лускатий та дзеркальний. Зустрічається також голий короп, але його менше. В Україні виведено дві породи коропів: український лускатий та український рамчастий. Порівняно з дзеркальним безпородним український лускатий короп краще росте (на 17–20%) і використовує природну кормову базу ставів, більш життєздатний. Український рамчастий короп краще поїдає штучні корми і забезпечує більшу загальну продуктивність.

Роль фізичних властивостей води в житті риб дуже велика. Від щільності води в певній мірі залежать умови руху риби. Температура води в значній мірі визначає інтенсивність процесів обміну речовин у риб, що є характерним явищем для пойкилотермних видів. Таким чином, зміна температури, в багатьох випадках, є натуральним подразником, який встановлює початок нересту, міграцій та інші поведінкові реакції риб [5].

Формулювання цілей статті. Метою наших досліджень було провести аналіз впливу кормової бази та гідрохімічного режиму ставків на продуктивність коропа.

Матеріал і методи дослідження. Для проведення дослідів були визначені виростні стави № 1 і № 2. Ставок № 1 розташований біля села

Суржа, ставок № 2 – біля села Бережанка Кам'янець-Подільського району Хмельницької області. Природна рибопродуктивність становить 160 кг/га, кількість днів з температурою більше 15°C складає 91–150.

Дослідницькі ставки були зариблені личинкою коропа п'яти – семи-денного віку. Щільність посадки личинки – 100 тис./га.

Методикою досліджень передбачалося встановити фізико-хімічні показники води в дослідних ставках, рівень природної кормової бази і ріст цьогорічки коропа протягом вегетаційного періоду. Контроль температурного режиму проводився шляхом виміру температури води термометром. Виміри температури води проводились кожні 10 днів о 6⁰⁰, 12⁰⁰, 18⁰⁰ год. Вміст кисню у воді визначався по методу Віннера один раз на декаду. Величина рН води в ставках визначалась по шкалі Міхаеліса, вуглекислого газу – об'ємним методом. Для вивчення кормової бази, один раз на декаду протягом вегетаційного періоду відбирались гідробіологічні проби. Проби зоопланктону відбирали мірним ковшиком (1 л). Для цього зачерпували воду з глибини 40–50 см з поверхні ставу і через планктону сітку з густого капронового сита № 64–78 проціджували 50 л води. Відфільтрований осад із зоопланктону, що міститься в ньому, збирали у відстійну склянку сідки та зливали у склянки місткістю 100–200 мл. Подальшу обробку проводили у лабораторії, під мікроскопом визначали видовий склад і кількість організмів кожного виду. Для розрахунку біомаси організмів зоопланктону користувались таблицями середніх мас організмів.

Проби зообентосу відбирали дночерпачем Екмана-Берджі, площа якого складає 0,025 м², а проби ґрунту промивали, пінцетом вибирали з нього гідробіонтів, поміщали їх у склянку з формаліном, у лабораторних умовах ретельно вивчали за допомогою лупи, визначали масу кожного виду організмів у крові, що приходить на один дночерпач, потім розраховували сумарну біомасу на 1 м³.

Для проведення контрольних обловів використовували волокуші, волоки, неводи. При облові молоді масою до 3–4 г використовували волокушу виготовлену з капронового сита. Середню масу визначали шляхом зважування 50 особин. Зважування молоді масою до 5 г проводили на терезах з точністю до 0,01 г, риб масою більше 5 г зважували на аптечних терезах з точністю до 0,1 г. Одержані дані були біометрично обраховані.

При вирощуванні цьогорічки коропа необхідно враховувати екологічні фізико-хімічні умови ставів, біотехнічні і абіотичні фактори, які безпосередньо впливають на ріст і розвиток при вирощуванні рибопосадкового матеріалу.

Дослідні ставки розташовані на чорноземних ґрунтах, залуженість яких незначна. Шар намулу в обох ставках не перевищує 15–20 см. Характеристика дослідних ставів приведена в таблиці 1.

Як видно з приведених у таблиці 1 даних, площа дослідних ставів становить: № 1 – 9 га, № 2 – 10 га, при середній глибині відповідно 1,15–1,0 м. Відносна за рослість ставів становила 10% (ставок № 1) і 20% (ставок № 2).

Таблиця 1. Характеристика дослідних ставів

Дослідні стави	Площа, га	Максимальна глибина, м	Середня глибина, м	Відносна за-рослість, %
Ставок № 1	9	1,8	1,15	10
Ставок № 2	10	1,3	1,0	20

Водопостачання ставів незалежне. Водобіг води відбувається приблизно за 5 діб. Спуск води проводиться при допомозі донного водовипуску типу «Монах».

Дослідження та аналіз гідробіологічних показників середовища при вирощуванні цьогорічки коропа та їх вплив на організм риби протягом вегетаційного періоду дозволяє вивчити взаємозв'язок і рівень впливу їх на ріст і розвиток цьогорічки коропа, що дає можливість визначити шляхи і методи впливу на екологічні умови ставів або іншими словами, корегувати екологічні умови в ставках.

Результати досліджень. Від температури води в значній мірі залежить інтенсивність життєвих процесів у водоймах. Більшість організмів, які живуть у ставках, інтенсивно починають розмножуватись і розвиватись у теплу пору року, після того, як вода достатньо прогріється.

Температура води і вміст в ній газів взаємопов'язані. Газовий режим дослідних ставків залежить від температури води, ґрунтів на яких розташовані ставки, щільності зариблення, кліматичних умов.

Газовий режим – один з основних фізико-хімічних показників води, який має значний вплив на ріст і розвиток коропа. Вирішальне значення при вирощуванні цьогорічки має кисневий режим ставків. Гідрохімічний і кисневий режим дослідних ставів приведені в таблиці 2.

Аналіз даних, приведених у таблиці 2, свідчить, що найвища температура води спостерігалася по ставку № 1 у період з останньої декади травня по останню декаду липня і складала 23–24°C відповідно. На цей період припадає найменший вміст кисню у воді – 4,9–4,4 мг/л. Найнижча температура води – 16°C і найвищий вміст кисню у воді у ставку № 1 – 6,4 мг/л відмічені у II декаді вересня. Рівень рН в ставку № 1 коливається в незначних межах протягом всього періоду.

Дещо вищі показники температури і кисневого режиму протягом періоду вирощування спостерігались у ставку № 2. Найвища температура води та найнижчий вміст кисню спостерігався в останню декаду липня,

Таблиця 2. Гідрохімічний і кисневий режим дослідних ставків

Дата	Ставок № 1			Ставок № 2		
	t °C	O ₂ мг/л	pH	t °C	O ₂ мг/л	pH
10.05	22,0	5,0	7,4	21,5	5,2	7,5
20.05	22,0	4,9	7,3	22,0	5,1	7,4
30.05	24,0	4,8	7,3	23,0	5,0	7,4
10.06	23,5	4,9	7,3	23,5	4,9	7,2
20.06	23,5	4,4	7,3	24,0	4,7	7,3
30.06	21,5	4,5	7,0	22,0	5,3	7,2
10.07	22,0	5,2	7,4	22,0	5,9	7,0
20.07	23,5	4,3	7,3	24,0	4,9	7,1
30.07	24,0	4,4	7,1	24,5	4,4	7,1
10.08	21,0	5,0	7,0	21,0	5,1	7,0
20.08	21,3	4,3	7,0	21,5	4,5	7,2
30.08	19,0	6,3	7,2	19,5	6,2	7,1
10.09	16,0	6,4	7,0	16,3	6,3	7,1

температура води була в межах 24,5 °C, а вміст кисню не перевищував 4,4 мг/л. Найнижча температура води та найвищий рівень кисню у ставку № 2 відмічені протягом останньої декади серпня та першої декади вересня, які становили 19,5–16,3°C та 6,2–6,3 мг/л кисню відповідно.

Порівнюючи дані таблиці, можна зробити висновок, що температурний режим був більш сприятливим у ставку № 2, кисневий режим кращий для вирощування цьогорічки коропа був у ставку № 2. Рівень pH в обох дослідних ставках № 1 та № 2 знаходився в межах норми.

Рівень розчиненого у воді кисню залежить від різних факторів. Основними джерелами надходження кисню у воду є кисень з атмосфери та кисень виділений водною рослинністю в результаті фотосинтезу.

Зниження вмісту кисню у воді ставків відбувається в результаті життєдіяльності організмів, бродіння, окислювання органічних речовин та ін. Слід відмітити, що ці фактори діють безперервно і тим інтенсивніше, чим вища температура води і інсоляція. Діючи одночасно, вище перераховані групи впливають на динаміку вмісту кисню у воді в дослідних ставках.

Важливе значення при вирощуванні цьогорічки коропа має вміст в нагульних водоймах зоопланктону і зообентосу, від чого, в основному, залежить рівень природної кормової бази ставків.

Основна маса зоопланктону у дослідних ставках приведена в таблиці 3.

З даних, приведених в таблиці 3, можна зробити наступні висновки. В ставку № 2 найвищий рівень зоопланктону спостерігався у липні – серпні який знаходився в межах 6,26–34,07 г/м³. Найменша маса зоопланктону відмічена у червні і вересні місяцях і знаходився в межах 0,818–0,887 г/м³.

У ставку №1 маса зоопланктону була нижчою і досягла максимуму у липні – серпні 3,267–5,825 г/м³, а мінімуму – у червні – вересні місяцях 0,885–0,812 г/м³.

Таблиця 3. Біомаса зоопланктону ставів, г/м³

Дата	Став №1				Став №2			
	Гілесто-вусі рачки	Веслоногі рачки	Коло вертки	Всього	Гілесто-вусі рачки	Веслоногі рачки	Коло вертки	Всього
10.06	0,88	0,09	0,025	0,995	0,93	0,1	0,021	0,995
20.06	1,45	0,5	0,031	1,981	1,57	0,49	0,03	1,981
30.06	13,29	0,54	1,05	14,88	13,5	0,58	0,97	14,88
10.07	11,9	0,33	1,04	13,27	12,1	0,3	0,9	13,27
20.07	0,515	32,257	0,031	32,803	0,528	33,512	0,0288	32,803
30.07	2,05	23,58	0,037	31,667	1,98	31,86	0,036	31,667
10.08	0,98	2,256	0,031	3,267	0,88	2,819	0,0288	3,267
20.08	0,285	5,5	0,04	5,825	0,325	5,9	0,0396	5,825
30.08	0,80	0,044	0,041	0,885	0,792	0,059	0,036	0,885
10.09	0,078	0,714	0,0206	0,8126	0,088	0,708	0,0216	0,8126

Велике значення у живленні риби при вирощуванні цьогорічки коропа відіграє зообентос. Рівень зообентосу дослідних ставів протягом вегетаційного періоду приведений в таблиці 4.

Таблиця 4. Біомаса зообентосу в дослідних ставках, г/м²

Ставки	Групи організмів	10.06	20.06	30.06	10.07	20.07	30.07	10.08	20.08	30.08
№1	Хірономідії	1,0	1,5	2,2	2,5	2,8	2,4	1,9	1,7	1,5
	Олігохети	0,23	0,54	1,5	1,6	2,0	2,1	1,8	1,5	1,1
	Інші організми	0,2	0,25	0,3	0,4	0,33	0,31	0,3	0,22	0,2
	Всього	1,43	2,29	4,0	4,5	5,13	4,81	4,0	3,42	2,7
№2	Хірономомідії	0,91	1,8	2,4	2,7	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5
	Олігохети	0,25	0,75	1,4	2,0	2,2	2,3	1,6	1,2	1,0
	Інші організми	0,25	0,3	0,4	0,5	0,45	0,43	0,35	0,3	0,25
	Всього	1,41	2,85	4,2	5,2	5,65	5,23	3,95	3,5	2,75

З приведених в таблиці даних видно, що в обох дослідних ставках розвиток біомаси зообентосу по місяцях значно коливається. В обох ставках маса хірономід максимального розвитку набули у липні – серпні і становила 2,75–5,65 г/м², а мінімального – у червні–вересні 0,2–0,33 г/м². Олігохети максимального розвитку досягли також у липні–серпні, а мінімального – у червні–вересні. Біомаса зообентосу у ставку № 2 була вищою

в порівнянні з біомасою зообентосу у ставку № 1 протягом усього дослідного періоду.

Враховуючи температурний режим та зарослість дослідних ставів, нами ставилось завдання: вивчити зміну довжини тіла рибопосадкового матеріалу після посадки на вирощування протягом вегетаційного періоду. Одержані дані підчас контрольних виловів приведені в таблиці 5.

З приведених в таблиці 5 даних видно, що в першу декаду вирощування середня довжина тіла цьогорічки в ставку № 1 становила 4,5 см та була меншою від середньої довжини тіла цьогорічки в ставку № 2 на 1 см.

Слід відмітити, що в ставку № 2 довжина тіла цьогорічки перевищувала довжину тіла цьогорічки по ставку № 1 на протязі всього вегетаційного періоду, і по закінченню періоду вирощування становила в ставку № 1 – 9 см, а в ставку № 2 – 10 см, що на 1 см більше за довжину тіла рибопосадкового матеріалу по ставку № 1.

Таблиця 5. Зміна довжини тіла, см

№ ставка	Місяць	п	1 декада, M±m,	2 декада, M±m,	3 декада, M±m,
№ 1	Липень	50	4,5±0,45	6,9±0,65	6,9±0,65
	Серпень	50	7,2±0,42	8,3±0,17	8,3±0,17
	вересень	50	8,2±0,46	9±	–
№ 2	Липень	50	5,5±0,43	6,7±0,31	7,8±0,18
	Серпень	50	8,8±0,48	9±0,97	9,7±0,56
	вересень	50	9,8±	10±0,65	–

Згідно методики, при проведенні контрольних виловів вивчалася зміна живої маси цьогорічного коропа. Одержані дані приведені в таблиці 6.

Таблиця 6. Динаміка живої маси цьогорічки, г

№ ставка	Місяць	п	1 декада	2 декада	3 декада
			M±m,	M±m,	M±m,
№ 1	Липень	50	2,1±1,02	3,9±1,12	7,2±1,12
	Серпень	50	8,2±0,98	10,5± 0,85	13,1±0,95
	Вересень	50	1,49±0,89	16±0,98	-
№ 2	Липень	50	5,0±1,08	8±1,04	11,9±0,59
	Серпень	50	15,7±1,08	18,2±0,76	21,1±0,85
	Вересень	50	23,9±0,79	25±0,83	-

З даних таблиці 6 видно, що маса цьогорічки коропа по ставку № 2 значно перевищувала масу цьогорічки по ставку № 1 за першу декаду вирощування та їх різниця становила 2,9 г на користь ставка № 2. Дані показують, що прирости живої маси цьогорічки в обох ставках були найбільшими у липні місяці, коли температура води досягала максимуму. Збільшення живої маси спостерігалось і в наступні місяці вегетаційного

періоду. На кінець дослідного періоду жива маса цьогорічки у ставку № 1 становила 16 г, а у ставку № 2 – 25 г, що на 9 г більше.

Висновки з даного дослідження та перспективи подальшого розвитку даного дослідження. Одержані дані свідчать, що інтенсивність природної кормової бази ставків суттєво впливає на збільшення маси тіла рибопосадкового матеріалу.

INFLUENCE OF FEED BASE AND HYDROCHEMICAL REGIME ON CARP PRODUCTIVITY

*Buchkovska V.I. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Ievstafieva Yu.M. – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Higher Educational Institution «Podillia State University»
vbutschk@ukr.net, pp.nika22@ukr.net*

The main type of fish grown in permanent farms is carp. According to its biological features – growth rate, precociousness, unpretentiousness to the conditions of keeping, payment of feed and other properties, it ranks first among all types of fish. Fish meat contains 16–21% of easily digestible protein, which in terms of biological value is not only not inferior to the protein of warm-blooded animals, but also exceeds it in a number of indicators. According to the composition of the main nutrients, the content of essential amino acids, vitamins, minerals and unsaturated fatty acids, as well as, due to easy digestibility and digestibility, fish meat can be classified as a dietary product.

The purpose of the research was to analyze the influence of the feed base and the hydrochemical regime of ponds on the productivity of carp.

To carry out the experiment, growth ponds No. 1 and No. 2 were determined. Pond No. 1 is located near the village of Surzha, pond No. 2 is located near the village of Berezhanka, Kamyanskyi District, Khmelnytskyi Region. Natural fish productivity is 160 kg/ha, the number of days with a temperature above 15°C is 91–150. The research methodology was intended to establish the physical and chemical parameters of the water in the experimental ponds, the level of the natural fodder base and the growth of this year's carp during the growing season.

The highest water temperature was observed at pond No. 1 in the period from the last decade of May to the last decade of July and was 23–24°C, respectively. This period has the lowest oxygen content in the water – 4,9–4,4 mg/l. In pond No. 2, the highest level of zooplankton was observed in July–August, which was in the range of 6,26–34,07 g/m³. The lowest mass of zooplankton was recorded in June and September and was in the range of 0,818–0,887 g/m³.

The weight of this year's carp in pond No. 2 significantly exceeded the weight of this year's carp in pond No. 1 during the first decade of cultivation, and their difference was 2,9 g in favor of pond No. 2. The data show that this year's live weight gains in both ponds were the largest in July, when the water temperature reached its maximum. An increase in live weight was also observed in the following months of the growing season. At the end of the experimental period, the live weight of this year in pond No. 1 was 16 g, and in pond No. 2 it was 25 g, which is 9 g more. The obtained data show that

the intensity of the natural fodder base of the ponds significantly affects the increase in the body weight of the fish stock.

Keywords: fodder base, pond, carp, hydrochemical regime.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гамазда В. В., Сазанова Н. М. Інтенсифікація підрощування коропа в малькових ставках. *Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини*. Т. 2, 2000. С. 24–26.
2. Гринжевський М. В. Фактори підвищення ефективності рибного господарства. *Вісник аграрної науки*. 1999. № 4. С. 34–41.
3. Грициняк І. І., Третяк О. М., Колос О. М. Історичні аспекти, стан та перспективи розвитку рибогосподарської діяльності на внутрішніх водоймах України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво»*. Вип. 2/1 (24). 2014. С. 22–29.
4. Андрюшенко А. І., Безпривна М. І. та ін. Інтенсивне рибництво. К. : Наук. Світ, 2002. 185 с.
5. Цуркан Л. В. Аналіз сучасних гідрологічних умов зимівлі цьоголітків коропових риб. *Водні біоресурси та аквакультура*. Вип. 1. 2021. С. 114–124.
6. Цуркан Л. В., Воліченко Ю. М., Кутіщев П. С., Шерман І. М. Динаміка змін основних рибничо-біологічних показників рибопосадкового матеріалу коропа та рослиноїдних риб як реакція на клімат сучасної зими півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Видавничий дім «Гельветика». 2019. Вип. 109. С. 225–232.

REFERENCES

1. Hamazda V. V., Sazanova N. M. (2000). *Intensyfikatsiia pidroshchuvannia koropa v malkovykh stavkakh* [Intensification of carp breeding in fry ponds]. *Naukovyi visnyk Lvivskoi derzhavnoi akademii veterinaryanoi medytsyny*, Vol. 2, 24–26. [in Ukrainian].
2. Hrynzhevskiy M. V. (1999). *Faktory pidvyshchennia efektyvnosti rybnoho hospodarstva* [Factors for increasing the efficiency of fish farming]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, no. 4, 34–41. [in Ukrainian].
3. Hrytsyniak I. I., Tretiak O. M., Kolos O. M. (2014). *Istorychni aspekty, stan taperspektyvy rozvytku rybohospodarskoi diialnosti na vnutrishnikh vodoimakh Ukrainy* [Historical aspects, situation and prospects of aquaculture activities in inland lakes of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnohouniversytetu*, vol. 2/1 (24), 22–29. [in Ukrainian].
4. Andriushenko A. I., Bezprivna, M. I. ta in. (2002). *Intensyvne rybnytstvo* [Intensive fish farming]. Kyiv : Nauk. Svit. [in Ukrainian].

5. Tsurkan L. V. (2021). *Analiz suchasnykh hidrolohichnykh umov zymivli tsoholitkiv koropovykh ryb* [Analysis of modern hydrological wintering conditions of this year's carp fish]. *Vodni bioresursy ta akvakultura*, vol. 1, 114–124. [in Ukrainian].
6. Tsurkan L. V., Volichenko Yu. M., Kutishchev P. S., Sherman I.M. (2019). *Dynamika zmin osnovnykh rybnycho-biologichnykh pokaznykiv rybo-posadkovoho materialu koropa ta roslynoidnykh ryb yak reaktsiia nakli-mat suchasnoi zymy pivdnia Ukrainy* [Dynamics of changes in the main fish-biological indicators of carp and herbivorous fish planting material as a reaction to the climate of modern winter in the south of Ukraine]. *Taurian Scientific Bulletin*, vol. 109, 225–232. [in Ukrainian].

УДК 639.3.043.13

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.4>

ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ОРГАНІЗМ КОРОПА ЗГОДОВУВАННЯ СОРГО

¹Дерень О.В. – к. с.-г. н., с.н.с.,

²Кориляк М.З. – к. с.-г. н., с.н.с.,

²Добрянська О.П. – доктор філософії, с.н.с.,

¹Коба С.А. – с.н.с.,

¹Інститут рибного господарства

Національної академії аграрних наук України

²Закарпатська науково-дослідна станція лососівництва та відтворення
зникаючих видів риб Інституту рибного господарства

Національної академії аграрних наук України

derenj@ukr.net

Актуальним завданням коропівництва є пошук кормових компонентів, використання яких економічно обґрунтоване та здатне забезпечити біологічні потреби організму риб. Перспективним у даному контексті є сорго – високопоживна, легко перетравна кормова культура з антиоксидантними властивостями. Відповідно, у дослідженні розглянуто доцільність заміщення злакової складової кормів для коропа на сорго на основі аналізу показників росту, хімічного складу м'язів та функціонального стану системи антиоксидантного захисту організму.

Сформовано 4 дослідні і 2 контрольні групи однорічок коропа, які впродовж 35 діб отримували раціон наступного складу: контроль 1 – комбікорм, дослід 1 – комбікорм із додаванням 10% сорго на заміщення кукурудзи, дослід 2 – комбікорм із додаванням 30% сорго на заміщення кукурудзи і пшениці, контроль 2 – зерно-суміш, дослід 3 – зерносуміш із додаванням 10% сорго на заміщення кукурудзи, дослід 4 – зерносуміш із додаванням 40% сорго на заміщення зерносуміші (кукурудза, горох, ячмінь, овес, макуха соєва). Використовували кормовий сорт сорго.

По завершенні досліджень встановлено, що морфометричні показники риб усіх груп відповідали нормативним для коропа. Індекс високоспинності був у межах 2.60–2.84%, індекс компактності складав 80.75–84.25, показники коефіцієнта вгодованості коливалися від 2.42 до 2.91. У дослідях 1 та 2 середня маса риб була вищою відповідно на 9.8 та 4.1% відносно контролю 1; у дослідях 3 та 4 – на 0.8, 11.3% відносно контролю 2.

При аналізі хімічного складу м'язових тканин риб встановлено тенденцію до зростання відносного вмісту сирого протеїну у дослідях 1 та 2 відносно контролю 1 на 2.5 та 23.3% відповідно, при цьому відносний вміст сирого жиру був нижчим ($P < 0.05$ – 0.01). В результаті введення сорго до складу зерносуміші отримано обернену динаміку – вміст протеїну у м'язах коропів дослідів 3 і 4 був нижчим відносно контролю 2 на 33.1 ($P < 0.05$) та 18.2%, а жиру – вищим на 8.5 та 9.5% відповідно.

Встановлено, що в усіх дослідних варіантах активність антиоксидантних ферментів у крові однорічок коропа, була нижчою, ніж у контрольних варіантах.

Разом з цим, практично в усіх дослідних групах вміст продуктів ПОЛ був нижчим відносно контрольних.

Аналіз отриманих даних свідчить, що доцільним є використання в годівлі коропа кормового сорго на заміщення кукурудзи, а також пшениці.

Ключові слова: однорічки коропа, кормове сорго, компонент корму, ріст, коефіцієнт вгодованості, поживність, система антиоксидантного захисту.

Постановка проблеми. Короп є одним із головних об'єктів аквакультури України. Відомо, що ефективне вирощування даного виду риб зумовлене використанням інтенсифікаційних заходів. При цьому основною витратною складовою є штучні корми [1]. Нормована годівля збалансованими кормами забезпечує оптимальні показники росту та розвитку риб, а також функціонального стану їхнього організму на усіх етапах онтогенезу. Проте, в умовах сьогодення все частіше у коропівництві використовують напівінтенсивні технології, що великою мірою зумовлено дефіцитом високопоживних, легкоперетравних і, разом з цим, недорогих кормових компонентів, які здатні забезпечити біологічні потреби організму коропа [2, 3]. Відповідно, актуальним і перспективним завданням коропівництва є зниження собівартості вирощеної продукції за рахунок здешевлення рецептів штучних кормів зі збереженням їхніх поживних характеристик, що забезпечить отримання генетично обумовлених фізіологічних, біохімічних та рибогосподарських показників, а також високої харчової цінності.

Окрім цього, актуальною в Україні і світі є проблема зміни клімату, яка призводить до зменшення посівних площ придатних для вирощування традиційних кормових культур. Тому значний інтерес викликає використання у кормовиробництві посухостійких сільськогосподарських культур з високим вмістом білка, пристосованих до умов регіону вирощування [4, 5].

В даному контексті перспективним і економічно вигідним може стати заміщення в еквіваленті до поживності злакової складової кормів для коропа на сорго – високопоживну, легко перетравну кормову добавку з антиоксидантними та протизапальними властивостями [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За площею посівів та об'ємами виробництва сорго є однією з головних зернових культур у світі [7]. Сорти та гібриди сорго набули широкого поширення і використання у світі в різних напрямках господарської діяльності [8]. В Україні досягнуто великих об'ємів вирощування кормового сорго на основі адаптованих до регіональних кліматичних умов технологій, розроблених ТОВ «Науково-виробниче товариство «УКРСОРГО» [9].

Кормове сорго є ціною продовольчою зернофуражною культурою з високим вмістом білка, мінеральних речовин, жирних кислот та широкого спектру фітохімічних речовин. За поживністю і складом схоже до куку-

рудзи чи ячменю. Відповідно, сорго використовують у годівлі тварин у вигляді зерна, силосу, чи зеленої маси [10].

Численними дослідженнями встановлено ефективність використання сорго на заміщення зернових злаків у кормах для великої рогатої худоби, свиней, коней та птиці [11]. Проте є ряд досліджень із протилежними, або недостатньо показовими результатами. Перш за все це зумовлено вмістом танінів у зерні [12]. Підвищення засвоєння поживних речовин сорго досягають в результаті використання різних способів обробки, а саме: пророщення, ферментації, подрібнення та екструджування [10].

Сорго є перспективним кормовим компонентом для аквакультури. Його можуть споживати як різні види риб. При цьому, відповідно до викладеного вище, особливу увагу слід приділити способу введення даного компонента до складу рибних кормів [13].

Отримано позитивні результати використання у годівлі сома ферментованого і звичайного борошна сорго на заміщення кукурудзяного борошна [14]; сорго із додаванням фітази на заміщення кукурудзи [15]; пророщеного сорго із ферментами таких як фітази та протеази [16]; шроту сорго [17]. Встановлено, що маніок і кукурудзу можна замінити на сорго при вирощуванні пангасіуса [18]. Ефективним є використання на заміщення кукурудзи у складі корму на силос із сорго з низьким вмістом танінів у годівлі тиляпії [19], а також кукурудзи на сорго у годівлі тиляпії і коропа [20]. Часткова заміна пшениці на сорго у раціоні цьоголіток і дволіток коропа надає можливість розширити перелік кормових компонентів [21]. В результаті згодовування сорго однорічкам коропа на заміщення злакової складової гістологічні та біохімічні показники крові риб відповідали фізіологічним, у дослідному варіанті отримано підвищення продуктивних показників, зниження витрат кормів на приріст маси риб та собівартості продукції [22].

Отримані результати вказують на доцільність вивчення перспектив використання в сучасних економічних та екологічних умовах у годівлі коропа кормових сортів сорго, вирощених в Україні.

Мета дослідження полягала у комплексній оцінці особливостей перебігу фізіологічних процесів в організмі експериментальних груп однорічок коропа в результаті використання у складі кормів кормового сорго; пошуку оптимального складу раціону, що дозволить отримати економічно обґрунтовані результати вирощування риб.

Матеріали та методи дослідження. В умовах лабораторних випробувань досліджено вплив сорго на деякі фізіологічні та біохімічні показники організму коропа, за введення до раціону різного складу. З цією метою сформовано 6 груп однорічок коропа, по 13 екз. в кожній. Риби утримувались в акваріумах місткістю 80 дм³ з постійною аерацією води та водообміном за

середньої температури 19°C. Впродовж експериментальних робіт забезпечено ідентичні та оптимальні умови утримання усіх груп риб.

У дослідних групах риб до складу комбікорму із вмістом протеїну 29% та зерноsumіші із вмістом протеїну 15% вводили кормовий сорт соргона заміщення кукурудзи, пшениці і зерноsumіші (табл. 1). Корови отримували раціон наступного складу: контроль 1 – комбікорм, дослід 1 – комбікорм із додаванням 10% сорго на заміщення кукурудзи, дослід 2 – комбікорм із додаванням 30% сорго на заміщення кукурудзи і пшениці, контроль 2 – зерноsumіш, дослід 3 – зерноsumіш із додаванням 10% сорго на заміщення кукурудзи, дослід 4 – зерноsumіш із додаванням 40% сорго на заміщення зерноsumіші (кукурудза, горох, ячмінь, овес, макуха соєва).

Таблиця 1. Схема постановки експерименту

Компонент корму, %	Контроль 1	Дослід 1	Дослід 2	Контроль 2	Дослід 3	Дослід 4
Сорго	–	10	30	–	10	40
Борошно м'ясо-кісткове	15	15	15	–	–	–
Пшениця	20	20	–	40	40	60
Кукурудза	10	–	–	10	–	–
Горох	15	15	15	10	10	–
Ячмінь	–	–	–	20	20	–
Овес	–	–	–	10	10	–
Макуха соєва	14	14	14	10	10	–
Шрот соняшниковий	5	5	5	–	–	–
Дріжджі кормові	20	20	20	–	–	–
Вапнякове борошно	1	1	1	–	–	–

Масу риб (Р, г) визначали зважуванням на вагах з точністю до 0,1 г. Проміри здійснюється за допомогою мірної стрічки. Морфометричний аналіз здійснювали за загальноприйнятими методиками в іхтіологічних дослідженнях, визначали наступні показники: L – загальна довжина; l – мала довжина, Н – висота тіла найбільша; О – обхват тіла. На основі промірів і зважування вираховували індекси будови тіла: високоспинності (l/Н, %) та компактності (l/О, %). Коефіцієнт вгодованості (Кв, од.) визначали за Фультоном [23].

Хімічний склад м'язів риб досліджували за традиційними методами: масову частку жиру визначали екстракційним методом, вміст сухої речовини – випаровуванням при температурі 100–105°C, вміст протеїну – за методом К'ельдаля [24].

Для досліджень активності системи антиоксидантного захисту організму використовували зразки крові однорічок коропа. Концентрацію дієнових кон'югатів визначали за методом, що ґрунтується на реакції

оптичної густини гептанізопропанольного екстракту ліпідів [25]. Визначення концентрації тіобарбітуратової кислоти (ТБК-продуктів) проводили спектрофотометрично за кольоровою реакцією між малоновим діальдегідом і тіобарбітуровою кислотою [26]. Активність супероксиддисмутази (СОД) визначали за методом, що базується на відновленні нітротетразолію синього супероксидними радикалами, які утворюються у результаті реакції між феназинметасульфатом і відновленою формою нікотинаміддинуклеотиду [27], активність каталази – за зміною концентрації H_2O_2 [28]. Визначення вмісту білка проводили за методом Бредфорд [29].

Статистичну обробку результатів проводили методом варіаційної статистики за допомогою функцій програми Microsoft Excel. Розраховували середні арифметичні величини (М) і похибки середніх арифметичних величин ($\pm m$). Статистично вірогідну різницю показників оцінювали за t-критерієм Стьюдента. Різницю між значеннями середніх величин вважали статистично вірогідною при * $-P < 0.05$; ** $-P < 0.01$; *** $-P < 0.001$ [30].

Результати досліджень та їх обговорення. По закінченні дослідів визначали вагові і морфометричні показники риб у експериментальних групах (табл. 2). Не встановлено значних відхилень показників основних індексів будови тіла риб, в усіх варіантах дослідження вони відповідали нормативним значенням для коропа [23]. Зокрема, індекс високоспинності (I/H) у межах варіантів коливався від 2.60 до 2.84%, за нормативних значень 2.3–3.0%. Це ж стосується і індексу компактності риб (I/O), що у нормі відповідає значенню 70–90%, а в експериментальних групах склав 80.75–84.25%. Відповідно, коефіцієнт вгодованості (Кв) у контрольних групах склав 2.85 од., а в дослідних коливався від 2.42 до 2.91 од., за нормативних значень 2.3–3.5 од.

По завершенню експерименту в усіх дослідних групах середня маса риб переважала показники відповідних контрольних груп.

В результаті введення 10% сорго до складу комбікорму на заміщення кукурудзи (дослід 1) середня маса риб була вищою на 9.8% порівняно з контролем 1. За введення 30% сорго на заміщення кукурудзи та пшениці (дослід 2) приріст маси був вище контролю 1 на 4.1%.

При використанні в годівлі 10% сорго у складі зерноsumіші на заміщення кукурудзи (дослід 3) та зерноsumіші без добавок сорго (контроль 2) середня маса однорічок коропа була практично однаковою. У досліді 4, за згодовування 60% пшениці із додаванням 40% сорго на заміщення зерноsumіші (кукурудза, горох, ячмінь, овес, макуха соєва) отримано на 11.3% вищий приріст маси порівняно з показником контролю 2, за згодовування зерноsumіші.

У контролі 1, де коропам згодовували комбікорм, середня маса була вищою на 5.9% відносно контролю 2, де згодовували зерноsumіш. Найвищою

середня маса риб була у досліді 1, а найнижчою у контролі 2. Тобто, відповідно до результатів розмірно-вагових показників, сорго доцільно використовувати в годівлі коропа на заміщення кукурудзи у складі комбікорму в кількості 10%, а також у комплексі із пшеницею у співвідношенні 40/60%, на заміщення кукурудзи, гороху, ячменю, вівса та макухи соєвої.

Таблиця 2. Розмірно-вагові показники однорічок коропа по закінченні експерименту (середнє значення)

Група риб	P, г	L, см	I, см	H, см	O, см	I/H, %	I/O, %	Кв, од
Контроль 1	82.9	17.1	14.5	5.3	11.9	2.74	82.07	2.85
Дослід 1	91.0	19.2	16.1	5.9	13.0	2.73	80.75	2.42
Дослід 2	86.3	19.0	15.6	5.5	12.8	2.84	82.05	2.53
Контроль 2	78.0	18.0	14.8	5.7	12.0	2.60	81.08	2.85
Дослід 3	78.6	17.1	14.2	5.2	11.6	2.73	81.69	2.59
Дослід 4	86.8	17.8	14.6	5.3	12.3	2.76	84.25	2.91

Примітка. Тут і надалі при проведенні статистичної обробки результатів показники контролю 1 взято за 100% відносно дослідів 1 та 2, а контролю 2 – відносно дослідів 3 і 4. Вірогідне відхилення: * – $P < 0.05$, ** – $P < 0.01$, *** – $P < 0.001$.

Відповідно до показників приросту, вивчали поживність м'язових тканин риб. Встановлено певні закономірності і тенденції накопичення жиру та вмісту протеїну в м'язах експериментальних груп риб (рис. 1).

У результаті введення сорго до складу повнораціонного комбікорму спостерігається тенденція до збільшення вмісту протеїну в м'язах, тобто поживність м'яса риб зростає на 2.5% в досліді 1 і на 23.3% в досліді 2 відносно показників контролю 1. Разом з цим, достовірно зменшується ($P < 0,01 - 0,001$) вміст жиру у м'язах.

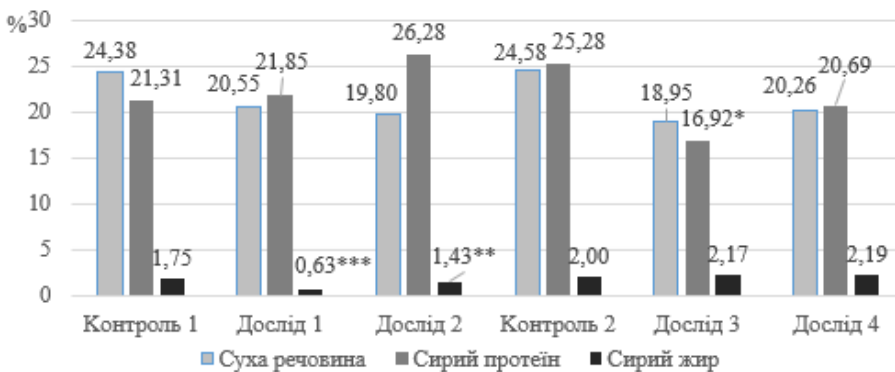


Рис. 1. Хімічний склад м'язових тканин однорічок коропа при годюванні сорго ($M \pm m$, $n=5$)

Обернена тенденція спостерігається при згодовуванні кормів з низькою поживністю. За згодовування сорго у складі зерноsumіші вміст жиру в м'язах дослідних груп 3 та 4 має тенденцію до зростання відповідно на 8.5 та 9.5% відносно контролю 2, а протеїну – навпаки знижується на 33.1 ($P<0,05$) та 18.2%.

Слід зазначити, що повнорационні корми використовують в годівлі риб з метою отримання максимальних приростів в найкоротші терміни, проте часто це призводить до накопичення жиру в тканинах і ожиріння внутрішніх органів, що негативно впливає на функціональний стан організму загалом. Тобто, у випадку односезонного вирощування даний варіант є оптимальним, а в процесі зимівлі риб з метою подальшого вирощування і відтворення надмірне накопичення жиру викликає ряд проблем [3]. Аналізуючи отримані результати хімічного складу м'язових тканин, можна припустити, що додавання до збалансованих кормів сорго на заміщення кукурудзи і навіть пшениці в умовах виробництва дозволить збільшити енергетичну поживність м'яса (що є важливою споживчою характеристикою) і при цьому запобігти надмірному накопиченню жиру. Проте, дана гіпотеза потребує додаткової перевірки у повторних дослідженнях.

Оскільки відомо, що сорго притаманні антиоксидантні властивості [6], було визначено вміст антиоксидантних ферментів та продуктів перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) у крові експериментальних груп риб (табл. 3).

Встановлено, що в усіх дослідних варіантах активність антиоксидантних ферментів, була нижчою, ніж у контрольних. Активність каталази у дослідях 1 та 2 була вдвічі нижчою, а СОД на 5.7–13.4% відповідно до контролю 1. У дослідях 3 і 4 тенденція була менш вираженою: каталази на 23.6 та 26.2%, СОД на 23.8 та 16.5% відносно контролю 2.

Разом з цим, практично в усіх дослідних групах вміст продуктів ПОЛ був нижчим, ніж у контрольних. За введення сорго до складу комбікорму вміст дієнових кон'югатів був нижчим вдвічі ($P<0.01$ – 0.001), а ТБК-продуктів знизився на 30.1 і 38.5% у дослідях 1 та 2 відносно показників контролю 1. При згодовуванні 40% сорго із пшеницею на заміщення кукурудзи, гороху, ячменю, вівса та макухи соєвої у досліді 4 зафіксовано схожу закономірність: вміст дієнових кон'югатів був нижчим на 37.6%, ТБК-продуктів на 26.5% ($P<0.05$) відносно контролю 2.

При використанні в годівлі коропа сорго на заміщення кукурудзи у складі зерноsumіші в кількості 10% вміст дієнових кон'югатів зріс практично вдвічі ($P<0.01$) відносно контролю 2, проте вміст ТБК-продуктів зріс незначно (на 5.8%). Відомо, що розвиток функціональних розладів організму, зокрема захворювань, характеризується підвищенням ПОЛ і порушенням функціональної активності системи антиоксидантного захисту

організму [31]. Оскільки ТБК-продукти є кінцевим продуктом ПОЛ, то відмічена тенденція не є достовірною, проте вимагає додаткової перевірки.

Активация антиоксидантних ферментів відбувається для збереження пероксидантно-антиоксидантного балансу в організмі у відповідь на дію прооксидантних чинників [31], кількість яких в процесі вирощування була мінімальною. Зниження активності антиоксидантних ферментів на фоні зниження вмісту продуктів ПОЛ у дослідних групах відносно контрольних може свідчити про те, що використання сорго в кормах для коропа є безпечним.

Таблиця 3. Активність антиоксидантних ферментів та вміст продуктів ПОЛ у крові досліджуваних груп риб ($M \pm m$, $n=3$)

Група риб	Каталаза, мкмоль H_2O_2 / хв.×мг білка	СОД, уо/хв.×мг білка	Дієновікон'югати, нмоль/мг білка	ТБК-продукти, нмоль/мг білка
Контроль 1	3.91±0.85	5.83±0.53	3.21±0.19	1.56±1.19
Дослід 1	1.70±0.43	5.50±0.04	1.04±0.07***	1.09±0.02
Дослід 2	1.58±0.34	5.05±0.05	1.33±0.14**	0.96±0.15
Контроль 2	2.75±0.97	6.13±1.66	2.87±0.29	1.21±0.05
Дослід 3	2.10±0.28	4.67±0.17	1.45±0.09**	1.28±0.24
Дослід 4	2.03±0.22	5.12±0.96	1.79±0.33	0.89±0.08*

Висновки та перспективи. У дослідженні розглянуто доцільність заміщення злакової складової кормів для коропа кормовим сорго на основі аналізу показників росту, хімічного складу м'язів та функціонального стану системи антиоксидантного захисту організму.

Загалом розмірно-вагові показники відібраних із загальної маси екземплярів коропа перебували в межах нормативних значень, що свідчить про те, що при проведенні експериментальних робіт дотримано правил добору, утримання і вирощування риб. Найвищі прирости маси отримано за використання сорго на заміщення кукурудзи у складі комбікорму в кількості 10%, а також у комплексі із пшеницею у співвідношенні 40/60%, на заміщення кукурудзи, гороху, ячменю, вівса та макухи соєвої.

Дослідження впливу згодовування сорго на деякі біохімічні показники організму коропа, здійснено відповідно до біологічних властивостей досліджуваної добавки.

Визначено тенденцію до збільшення вмісту протеїну та достовірне значне зниження вмісту жиру ($P < 0,01-0,001$) у м'язах коропів, яким згодовували сорго у складі комбікорму. В результаті введення сорго до складу зерносуміші отримано обернену тенденцію даних показників відносно контрольної групи: вміст жиру був дещо вищим, а протеїну нижче на 33.1 ($P < 0,05$) та 18.2%.

Встановлено, що згодовування сорго однорічкам коропа не викликає активації системи антиоксидантного захисту, що відбувається за дії про-оксидантних чинників.

Відповідно до аналізу отриманих результатів, сорго доцільно використовувати в годівлі коропа на заміщення кукурудзи, а також пшениці.

Відмічені тенденції потребують додаткової перевірки у виробничих умовах, що дозволить визначити оптимальний склад раціону серед досліджуваних. Шляхом застосування високоврожайних сортів сорго в годівлі коропа прогнозовано можна отримати економічно обґрунтовані результати.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF SORGHUM FEEDING ON CARP ORGANISM

¹*Deren O.V. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,*

²*Korylyak M.Z. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,*

²*Dobryanska O.P. – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher,*

¹*Koba S.A. – Senior Research Fellow,*

¹*Institute of Fisheries of the National Academy of Agricultural Sciences*

²*Transcarpathian Research Station of Salmon Breeding and Reproduction
of Endangered Fish Species Institute of Fisheries of the National Academy
of Agricultural Sciences,*

derenj@ukr.net

The urgent task of bream farming is to find feed components, the use of which is economically justified and capable of providing the biological needs of the fish body. Sorghum is promising in this context – a highly nutritious, easily digestible forage crop with antioxidant properties. Accordingly, the study considered the feasibility of replacing the cereal component of feed for carp with sorghum based on the analysis of growth indicators, the chemical composition of muscles and the functional state of the body's antioxidant defense system.

4 experimental and 2 control groups of one-year-old carp were formed, which for 35 days received a diet of the following composition: control 1 – compound feed; experiment 1 – compound feed with the addition of 10% sorghum to replace corn; experiment 2 – compound feed with the addition of 30% sorghum to replace corn and wheat; control 2 – grain mixture; experiment 3 – grain mixture with the addition of 10% sorghum to replace corn; experiment 4 – grain mixture with the addition of 40% sorghum to replace the grain mixture (corn, peas, barley, oats, soybean cake). The fodder variety of sorghum was used.

Upon completion of the research, it was established that the morphometric indicators of fish of all groups corresponded to the normative values for carp. The high-spin index was in the range of 2.60 – 2.84%, the compactness index was 80.75–84.25, the indicators of the fatness ratio ranged from 2.42 to 2.91. In experiments 1 and 2, the average weight of fish was higher by 9.8 and 4.1%, respectively, compared to control 1; in experiments 3 and 4 – by 0.8, 11.3% relative to control 2.

When analyzing the chemical composition of fish muscle tissues, a tendency towards an increase in the relative content of crude protein in experiments 1 and 2 relative to control 1 was established by 2.5 and 23.3%, respectively, while the relative content of crude fat was lower ($P < 0.05 - 0.01$). As a result of the introduction of sorghum into the composition of the grain mixture, the reverse dynamics were obtained – the protein content in the muscles of the carp of experiments 3 and 4 was lower compared to control 2 by 33.1 ($P < 0.05$) and 18.2%, and the fat content was higher by 8.5 and 9.5%, respectively.

It was established that in all experimental variants the activity of antioxidant enzymes in the blood of yearling carp was lower than in the control variants. At the same time, in almost all experimental groups, the content of lipid peroxidation products was lower than in the control group.

The analysis of the obtained data shows that it is advisable to use fodder sorghum as a substitute for corn and wheat in carp feeding.

Keywords: annual carp, fodder sorghum, feed component, growth, feed rate, nutrition, antioxidant protection system.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сучасна аквакультура: від теорії до практики : практ. посіб. Ю. Є. Шарило, Н. М. Вдовенко, М. О. Федоренко, В. В. Герасимчук, Г. І. Небога та ін. Київ: Простобук, 2016. 119 с.
2. Грициняк І. І. Науково-практичні основи раціональної годівлі риб. Київ : Рибка моя, 2007. 306 с.
3. Тарасюк С. І., Дворецький А. І., Дерень О. В. Біологічні основи годівлі риб: монографія. Дніпро : Адверта, 2015. 180 с.
4. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, Vol. 529, 84–87. URL: <https://doi.org/10.1038/nature16467>
5. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти : матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф., (10–12 квіт. 2019 р.). Київ–Миколаїв–Херсон : Агроосвіта, 2019. 490 с.
6. Kanti Meena, KBRS Visarada, D. K. Meena (2022). Sorghum bicolor (L.) Moench a multifarious crop-fodder to therapeutic potential and biotechnological applications: A future food for the millennium. *Future Foods*, Vol. 6, 100–188. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100188>
7. FAO. (2020). World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2020. Rome. URL: <https://doi.org/10.4060/cb1329en>
8. R. D. Waniska, L. W. Rooney, C. M. McDonough (2016). Sorghum: Utilization. Edited by Colin Wrigley, Harold Corke, Koushik Seetharaman, Jon Faubion. *Encyclopedia of Food Grains (2-d edition)*, Academic Press, Vol. 3, 116–123. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00128-5>
9. Бардин Я. Сорго – перспективна зернова культура для аграріїв України. *Техніка і технології АПК*. 2017. № 4. С. 30–31.

10. *Sorghum and Millets Chemistry, Technology and Nutritional Attributes (2-d edition)*. (2018). Edited by John R. N. Taylor, Kwaku G. Duodu. AACC International Press. 452 p. URL: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-00981-6>
11. Кононенко И. С. Использование сорго в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2012. № 82. С. 825–842.
12. Кононенко С. И. Перспективы применения сорго в животноводстве. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. № 90. С. 549–580.
13. Zarei M., Amirkolaei A. K., Trushenski J. T., Sealey W. M., Schwarz M. H., Ovissipour R. (2022). Sorghumas a Potential Valuable Aquafeed Ingredient: Nutritional Quality and Digestibility. *Agriculture*, Vol. 12, 669. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050669>
14. Aderolu, Ademola Zaid, Kuton, Minasu Pentho, Odu-Onikosi, Sheu Gbolahan (2009). Substitution Effect of Sorghum Meal for Maize Meal in the Diet of Catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) Juvenile. *J. of Fisheries and Hidrobiology*, Vol. 4(2), 41–45.
15. Mariana Lins Rodrigues, Milena Souza dos Santos Sanchez, Jhonis Ernzen Pessini, Kattia Aparecida Weiler, Aginaldo Deparis, Wilson Rogério Boscolo, Fábio Bittencourt, Altevir Signor (2020). Replacement of corn by sorghum and phytase supplementation in silver catfish (*Rhamdia quelen*) diets: growth performance, physiological variables and bone mineralization. *Journal of Applied Animal Research*, Vol. 48(1), 142–150. URL: <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1750411>
16. Kemigabo C., Kang'ombe J., Jere L. W., Sikawa D., Masembe C. (2017). Apparent Digestibility and Utilization of Protein and Phosphorus in diets of incorporated with Sprouted Sorghum, Phytase and Protease Enzymes for African Catfish (*Clarias gariepinus*). *Int J. Aquac Fish Sci*, Vol. 3(4), 77–87. URL: <https://doi.org/10.17352/2455-8400.000033>.
17. Tiamiyu L. O., Okomoda V. T., Ogodo J. U. (2016). Growth Performance of *Clarias gariepinus* Fed Varying Levels of Sorghum bicolor Waste Meal. *International Journal of Aquaculture*, Vol. 6(20), 1–7. URL: <https://doi.org/10.5376/ija.2016.06.0020>.
18. Vuong H. R. (2017). Sorghum as source of ingredient to replace cassava for feeding *Pangasius* in Vietnam. URL: https://www.sorghumcheckoff.com/assets/media/pdfs/2017_07_12_SorghumUseInAquaculture_.pdf
19. Wilson Massamitu Furuya, Antônio Cláudio Furlan, Valéria Rossetto Barriviera Furuya Sorghum apotential energy source in tilapia feed Global Aquaculture Advocate. 2003. URL: <https://www.globalseafood>.

- org/advocate/sorghum-a-potential-energy-source-in-tilapia-feed/(Last accessed: 24.08.2022).
20. Castagnolli N., de Felicio P. E. (2012). Substitution of corn by sorghum as fish food of common carp and tilapia. *Cienciae Cultura*, Vol. 27(5), 532–537.
 21. Складаров, Ф. В. Эффективность использования люпина и сорго в комбикормах для молоди осетровых и карпа: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. Москва, 2003. 23 с.
 22. Косарева, Т. В., Васильев А. А., Пашкова О. Н. Эффективность использования зерна сорго как нетрадиционного корма при выращивании карпа. *Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова*. 2013. № 2. С. 19–21.
 23. Соболев О. І. Методичні вказівки для практичних занять з навчальної дисципліни «Технологія виробництва продукції аквакультури». Біла Церква : БДАУ, 2020. 38 с.
 24. Методики зоотехнических и биохимических анализов кормов, продуктов обмена и животноводческой продукции. Дубровицы : ВНИИЖ, 1978. 128 с.
 25. Стальная И. Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот. *Современные методы в биохимии*. 1977. С. 63–64.
 26. Коробейникова Е. Н. Модификация определения продуктов перекисного окисления липидов в реакции с тиобарбитуровой кислотой. *Лабораторное дело*. 1989. № 7. С. 8–9.
 27. Дубинина Е. Е., Сальникова Л. А., Ефимова Л. Ф. Активность и изоферментный спектр супероксиддисмутазы эритроцитов и плазмы крови человека. *Лабораторное дело*. 1983. № 10. С. 30–33.
 28. Корольок М. А., Иванова Л. И., Майорова И. Г. Метод определения активности каталазы. *Лабораторное дело*. 1988. № 1. С. 16–19.
 29. Bradford M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, Vol. 72, 248–254.
 30. Камінський В. Ф., Буслаєва Н. Г. Основи прикладного математичного аналізу в сільськогосподарських дослідженнях. Методичні рекомендації. Київ, 2011. 28 с.
 31. Зинчук В. В., Борисюк М. В. Роль кислородосвязывающих свойств крови в поддержании прооксидантно-антиоксидантного равновесия организма. *Успехи физиологических наук*. 1999. Т. 30, № 3. С. 38–48.

REFERENCES

1. Sharylo Yu. Ie., Vdovenko N. M., Fedorenko M. O., Herasymchuk V. V., Neboha H. I., Haidamaka L. A. et al. (2016). *Suchasna akvakultura: vid teorii do praktyky. Praktychnyi posibnyk*. [Modern aquaculture: from theory to practice: practice manual]. Kyiv: Prostobuk. [in Ukrainian].
2. Hrytsyniak I. I. (2007). *Naukovo-praktychni osnovy ratsionalnoi hodivli ryb*. [Scientific and practical basis of rational fish feeding]. Kyiv : Rybka moia. [in Ukrainian].
3. Tarasiuk S. I., Dvoretzkyi A. I., Deren O. V. (2015). *Biologichni osnovy hodivli ryb : monohrafiia*. [Biological basis of fish feeding: monograph]. Dnipro : Adverta. [in Ukrainian].
4. Lesk C., Rowhani P., Ramankutty N. (2016). Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature*, Vol. 529, 84–87. URL: <https://doi.org/10.1038/nature16467>.
5. *Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vyklyky dlia ahrarnoi nauky ta osvity* (2019). [Climate change and agriculture. Challenges for agricultural science and education]. II Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Kyiv–Mykolaiv–Kherson : Ahrosvita [in Ukrainian].
6. Kanti Meena, KBRS Visarada, D. K. Meena (2022). Sorghum bicolor (L.) Moench a multifarious crop-fodder to therapeutic potential and biotechnological applications: A future food for the millennium. *Future Foods*, Vol. 6, 100–188. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100188>
7. FAO. (2020). World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2020. Rome. URL: <https://doi.org/10.4060/cb1329en>
8. R. D. Waniska, L. W. Rooney, C. M. McDonough (2016). Sorghum: Utilization. Edited by Colin Wrigley, Harold Corke, Koushik Seetharaman, Jon Faubion. *Encyclopedia of Food Grains (2-d edition)*, Academic Press, Vol. 3, 116–123. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00128-5>
9. Bardyn Ya. (2017). *Sorho – perspektyvna zernova kultura dlia ahrariiv Ukrainy*. [Sorghum is a promising grain crop for Ukrainian farmers]. *Tekhnika i tekhnolohii APK*, 4, 30–31. [in Ukrainian].
10. *Sorghum and Millets Chemistry, Technology and Nutritional Attributes (2-d edition)*. (2018). Edited by John R. N. Taylor, Kwaku G. Duodu. AACC International Press. URL: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-00981-6>
11. Kononenko I. S. (2012). *Ispolzovaniye sorgo v kormlenii selskokhozyaystvennykh zhivotnykh i ptitsy*. [The use of sorghum in feeding farm animals and poultry]. *Polimaticheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 82, 825–842. [in Russian].
12. Kononenko S. I. (2013). *Perspektivy primeneniya sorgo v zhivotnovodstve*. [Prospects for the use of sorghum in animal husbandry].

- Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 90, 549–580. [in Russian].
13. Zarei M., Amirkolaei A. K., Trushenski J. T., Sealey W. M., Schwarz M. H., Ovissipour R. (2022). Sorghumas a Potential Valuable Aquafeed Ingredient: Nutritional Quality and Digestibility. *Agriculture*, Vol. 12, 669. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture12050669>
 14. Aderolu, Ademola Zaid, Kuton, Minasu Pentho, Odu-Onikosi, Sheu Gbolahan (2009). Substitution Effect of Sorghum Meal for Maize Meal in the Diet of Catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) Juvenile. *J. of Fisheries and Hidrobiology*, Vol. 4(2), 41–45.
 15. Mariana Lins Rodrigues, Milena Souza dos Santos Sanchez, Jhonis Ernzen Pessini, Kattia Aparecida Weiler, Agnaldo Deparis, Wilson Rogério Boscolo, Fábio Bittencourt, Altevir Signor (2020). Replacement of corn by sorghum and phytase supplementation in silver catfish (*Rhamdia quelen*) diets: growth performance, physiological variables and bone mineralization. *Journal of Applied Animal Research*, Vol. 48(1), 142–150. URL: <https://doi.org/10.1080/09712119.2020.1750411>
 16. Kemigabo C., Kang’ombe J., Jere L. W., Sikawa D., Masembe C. (2017). Apparent Digestibility and Utilization of Protein and Phosphorus in diets of incorporated with Sprouted Sorghum, Phytase and Protease Enzymes for African Catfish (*Clarias gariepinus*). *Int J. Aquac Fish Sci*, Vol. 3(4), 77–87. URL: <https://doi.org/10.17352/2455-8400.000033>
 17. Tiamiyu L. O., Okomoda V. T., Ogodo J. U. (2016). Growth Performance of *Clarias gariepinus* Fed Varying Levels of Sorghum bicolor Waste Meal. *International Journal of Aquaculture*, Vol. 6(20), 1–7. URL: <https://doi.org/10.5376/ija.2016.06.0020>
 18. Vuong H. R. (2017). Sorghum as source of ingredient to replace cassava for feeding *Pangasius* in Vietnam. URL: https://www.sorghumcheckoff.com/assets/media/pdfs/2017_07_12_SorghumUseInAquaculture_.pdf
 19. Wilson Massamitu Furuya, Antônio Cláudio Furlan, Valéria Rossetto Barriviera Furuya Sorghum apotential energy source in tilapia feed Global Aquaculture Advocate. 2003. URL: <https://www.globalseafood.org/advocate/sorghum-a-potential-energy-source-in-tilapia-feed/> (Last accessed: 24.08.2022).
 20. Castagnolli N., de Felicio P. E. (2012). Substitution of corn by sorghum as fish food of common carp and tilapia. *Cienciae Cultura*, Vol. 27(5), 532–537.
 21. Skliarov F. V. (2003). *Effektivnost ispolzovaniya lyupina i sorgo v kombikormakh dlya molodi osetrovyykh i karpa* [Efficiency of using lupine and sorghum in compound feed for sturgeon and carp fry]. Extended abstract of PhD thesis. Moscow. [in Russian].

22. Kosareva T. V., Vasilev A. A., Pashkova O. N. (2013). *Effektivnost ispolzovaniya zerna sorgho kak netraditsionnogo korma pri vyrashchivanii karpa*. [Efficiency of using sorghum grain as non-traditional feed for carp cultivation]. *Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova*, 2, 19–21. [in Russian].
23. Soboliev O. I. (2020). *Metodychni vказivky dlia praktychnykh zaniat z navchalnoi dystsypliny «Tekhnolohiia vyrobnytstva produktii akvakultury»*. [Methodical instructions for practical classes in the educational discipline «Technology of production of aquaculture products»]. Bila Tserkva: BDAU. [in Ukrainian].
24. *Metodyky zootekhnycheskykh i byokhymycheskykh analizov kormov, produktov obmena i zhyvotnovodcheskoi produktsyy* (1978). [Methods of zootechnical and biochemical analyzes of fodder, exchange products and livestock production]. Dubrovys: VNYIZh. [in Russian].
25. Stal'naja I. D. (1977). *Metod opredelenija dienovoj kon'jugacii nenasyshhenykh vysshikh zhirnykh kislot*. [Method for determination of diene conjugation of unsaturated higher fatty acids]. *Sovremennye metody v biohimii*, 63–64. [in Russian].
26. Korobejnikova E. N. (1989). *Modifikacija opredelenija produktov perekisnogo okislenija lipidov v reakcii s tiobarbiturovoj kislotoj*. [Modification of determination of products of lipid peroxidation in reaction with thiobarbituric acid]. *Laboratornoe delo*, 7, 8–9. [in Russian].
27. Dubinina E. E., Sal'nikova L. A., Efimova L. F. (1983). *Aktivnost' i izofermentnyj spektr superoksid dismutazyj eritrocitov i plazmy krovi cheloveka*. [Activity and isoenzyme spectrum of superoxide dismutase of erythrocytes and human blood plasma]. *Laboratornoe delo*, 10, 30–33. [in Russian].
28. Koroljuk M. A., Ivanova L. I., Majorova I. G. *Metod opredelenija aktivnosti katalazy*. [Method for determining catalase activity]. *Laboratornoe delo*, 1, 16–19. [in Russian].
29. Bradford M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, Vol. 72, 248–254.
30. Kaminskyi V. F., Buslaieva N. H. (2011). *Osnovy prykladnogo matematychnoho analizu v silskohospodarskykh doslidzhenniakh. Metodychni rekomendatsii*. [Basics of applied mathematical analysis in agricultural research. Guide lines]. Kyiv. [in Ukrainian].
31. Zinchuk V. V., Borisyuk M. V. (1999). *Rol kislorodosv'yazyvayushchikh svoystv krovi v podderzhanii prooksidantno-antioksidantnogo rovnovesiya organizma*. [The role of oxygen-binding properties of blood in maintaining the prooxidant-antioxidant balance of the body]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, 30(3), 38–48. [in Russian].

УДК 639.3.043.2

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.5>

РИБНИЦЬКО-БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДВОЛІТКІВ СТЕРЛЯДІ ЗА ВИРОЩУВАННЯ В САДКАХ З ГОДІВЛЕЮ КОРМАМИ ІЗ ДОДАВАННЯМ НАНОЗАЛІЗА

Коваленко В.О. – к.с.-г.н., доцент,

Зубчевський Б.В. – аспірант,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

kovalenko@nubip.edu.ua, tenno15@ukr.net

Інтенсивні форми рибництва вимагають приділяти все більшої уваги повноцінній, збалансованій годівлі риб та посиленню корисної дії високовартісних штучних кормів. Разом із тим, зі збільшенням щільності посадки риб на вирощування зростає потреба у формуванні і підтриманні оптимальних умов водного середовища для культивованих організмів. У відкритих системах аквакультури (стави, сітчасті садки, прямооточні басейни) можливості впливу на показники якості води є обмеженими (наприклад, для підтримання оптимальної концентрації розчиненого у воді кисню) або відсутні (управління температурою води). За цих умов критично важливі параметри водного середовища стають лімітуючими факторами, що унеможливають подальшу інтенсифікацію технологічного процесу.

Досліджено ефект впливу мікродобавки нанозаліза в кормах на рибницько-біологічні показники вирощування дволітків стерляді в сітчастих садках на акваторії водойми з некерованими природними умовами водного середовища. Експеримент проведено на базі виробничого осетрового підприємства, у двох варіантах (дослід і контроль) з однократною повторністю. У дослідному варіанті препарат нанозаліза додавали до рибного корму в дозі 1 мг/кг. Тривалість експерименту становила 35 діб. Оцінку результатів експерименту проводили за показниками швидкості росту і масонакопичення, виживаності риб та ефективності використання рибних кормів.

Результати експерименту показали переваги дослідного варіанту над контрольним за показниками індивідуального (+30,7%) та відносного приросту (+41,8%) маси тіла, питомої швидкості росту (+41,2%), масонакопичення (+38,3%) та кормовим коефіцієнтом (-31,9%).

Отже, додавання нанозаліза до раціону дволітків стерляді позитивно вплинуло на результати вирощування риби, імовірно, завдяки посиленню здатності крові риб до транспортування кисню та відповідної активізації процесів росту і травлення.

Наукова новизна полягає в тому, що: вперше обрано і перевірено дозу нанозаліза – 1 мг/кг рибного корму; вперше експеримент проведено у виробничих умовах садкового рибного господарства на стерляді, одному з найбільш поширених об'єктів аквакультури осетрових риб.

Ключові слова: стерлядь, нанозалізо, концентрація кисню, приріст маси, конверсія корму.

Постановка проблеми. Загальновідомо, що одним із ключових параметрів якості води для риб є концентрація розчиненого у воді кисню. Управління цим параметром у відкритих системах культивування досить складне, адже на ступінь насичення води киснем впливають некеровані людиною фактори зовнішнього середовища, як то: температура, атмосферний тиск, ступінь інсоляції водної поверхні, тощо. За цих умов нерідко виникають ситуації, коли концентрація розчиненого у воді кисню знижується нижче оптимальних значень, що призводить до уповільнення обмінних процесів, погіршення засвоюваності штучних кормів, послаблення захисних функцій організму і, навіть, загибелі риб.

У вирішенні цих і ряду інших проблем, які виникають на шляху розвитку аквакультури, можуть прислужитися досягнення нанотехнологій – міждисциплінарної галузі наук, які вивчають закономірності фізичних та хімічних об'єктів із розмірами від 1 до 100 нанометрів та можливості практичного використання їхніх унікальних властивостей [1, с. 14–15].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нанотехнології виникли наприкінці 20 століття, як закономірний перехід на новий техніко-технологічний та промисловий рівень. Розвиток нанотехнологій, генної інженерії, наноелектроніки та біотехнологій прив'язують до початку шостого технологічного устрою [2, с. 117], який приходить на зміну п'ятому – етапу досягнень в мікроелектроніці, масової комп'ютеризації і розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та мережі Інтернет.

Інтерес до наноматеріалів обумовлений тим, що речовина у нанорозмірному стані змінює низку фундаментальних властивостей, притаманних макрооб'єктам [3, с. 190]. Одна з головних властивостей нанорозмірних об'єктів – розвинена поверхня, що визначає переважання поверхневих явищ. Площа поверхні матеріалу в ультрадисперсному стані перевищує площу вільної поверхні масивної речовини і має високу сорбційну ємність. Завдяки своїм розмірам (менше 100 нм), порівнянним із розмірами клітин (10–100 мкм), вірусів (20–450 нм), білків (5–50 нм), ДНК (2 нм шириною, 10–100 нм довжиною), наночастинки можуть наближатися до біоб'єкту, напряму взаємодіяти та зв'язуватися з ним [4, с. 743].

Наноматеріали знайшли застосування у багатьох сферах діяльності. Так, нанорозмірні лікарські засоби чинять цільовий вплив на органи та тканини, застосовуються у мікродозах і зменшують прояв вторинних побічних ефектів у порівнянні з традиційними лікарськими формами [4, с. 746]. Нанокристалічні метали, як біопрепарати нового покоління, використовуються для підвищення продуктивності сільськогосподарських рослин і тварин [5, с. 424; 6, с. 24–25], для консервування харчових продуктів і очищення води [7; 8, с. 31].

Аквакультура має великі перспективи, як прикладна сфера для застосування досягнень нанотехнологій. Ця галузь демонструє унікальну важливість для забезпечення населення планети продуктами харчування. Починаючи з 2013 року аквакультура стала основним джерелом риби і морепродуктів з часткою 56 відсотків від загального обсягу виробництва продукції у рибогосподарському секторі економіки в 2019 році [9, с. 17–18]. Аквакультура є галуззю виробництва харчових продуктів з найбільш високими темпами розвитку: протягом останніх двох десятиліть середньорічний приріст продукції склав 5,6%. У прийнятих FAO/UN стратегічних цілях сталого розвитку аквакультурі відведено завдання – подолати існуючий нині розрив між попитом на харчові продукти з водних організмів та постачанням цих продуктів [10, с. 144]. Науковці прогнозують, що за умов збереження існуючих тенденцій, до 2030 року обсяги вирощування тваринних гідробіонтів методами аквакультури досягнуть 105–107 млн. т на рік в той час, як обсяги промислу зростуть лише до 93–95 млн. т [11, с. 3].

Одним із напрямків прикладного застосування досягнень нанотехнологій в інтенсивній аквакультурі є удосконалення складу штучних кормів для годівлі риби. Зростання попиту на екологічно чисту продукцію потребує заборони або істотного скорочення використання антибіотиків та гормональних стимуляторів росту у складі рибних кормів. У зв'язку з цим актуальним є пошук альтернативних кормових добавок, які сприятливо впливають на організм риб та збільшують ефективність засвоєння штучних кормів. Зокрема, такими добавками є нанодисперсні порошки біологічно активних металів, наприклад, заліза, які позитивно впливають на організм тварин. Європейське агентство з безпеки харчових продуктів (EFSA) віднесло нанопорошки оксидів заліза, цинку та міді до категорії GRAS (загальноновизнаний як безпечний) як таких, що вважаються безпечними харчовими дієтичними добавками до кормів для тварин [12, с. 14].

Залізо є незамінним мікроелементом для організму: входить до складу гемоглобіну, який відповідає за транспорт кисню в організмі, присутнє у ферментах-цитохромах, які беруть участь у детоксикаційних процесах — знешкоджують шкідливі речовини, які щохвилини утворюються в результаті життєдіяльності. Також залізо необхідне для функціонування ендокринної системи, синтезу ДНК, процесу ділення клітин та підтримання імунітету [13, с. 177; 14, с. 511].

Високу біологічну активність мають полівалентні нанопорошки оксидів заліза. Наночастинки заліза в електрично нейтральній формі здатні легко проникати через цитоплазматичну мембрану живої клітини до мішеней біологічної дії та поступово розчинятися в біосередовищах. До того ж, оксиди нанозаліза мають високу хімічну реактивність і досить швидко та повно розкладаються у печінці й селезінці та включаються в

гемоглобін еритроцитів у формі атомарного заліза, збільшуючи здатність останніх транспортувати кисень [15, с. 210-211; 16, с. 23].

Формулювання цілей статті. Робочою гіпотезою даного наукового дослідження було те, що біологічно активні наночастинки заліза при введенні в раціон годівлі дволітків стерляді, за садкового методу вирощування риби у водному середовищі із нестійким рівнем насичення киснем, посилюватимуть транспортну функцію крові у доставці кисню до органів і тканин, що позитивно вплине на рибницько-біологічні показники.

Мета роботи полягала у дослідженні ефективності використання кормової мікродобавки нанозаліза для годівлі дволітків стерляді, за вирощування цієї риби в сітчастих садках, в умовах некерованого кисневого режиму водойми.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження проведено у вересні-жовтні 2022 р. на базі осетрового садкового господарства «Науково-виробниче сільськогосподарське підприємство «Бестер»» (далі у тексті скорочено – ПП «Бестер»). Садки цього підприємства розташовані на акваторії Канівського водосховища, у прибережній зоні м. Ржищів Київської області.

Матеріалом для дослідження слугували дволітки стерляді, за їх вирощування у садках з інтенсивною годівлею продукційним комбікормом «ІНІЦІО 917» виробництва компанії BioMar.

Експеримент проведено в один тур, без повторності, за двома варіантами: дослідним і контрольним. У дослідному варіанті для годівлі риби використовували комбікорм із додаванням нанозаліза у дозі 1 мг на 1 кг корму. Джерелом нанозаліза слугував біостимулятор росту рослин і тварин «NanoFe+» виробництва ТОВ «НПП «Нові технології»» (м. Київ, Україна). Препарат має форму колоїдного розчину хелатного полівалентного нанодисперсного порошку із суміші оксидів заліза ($\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_3\text{O}_4$), із розміром часток від 3 до 45 нм. За інформацією виробника, цей препарат не є канцерогеном і за ступенем впливу на організм людини відноситься до IV класу безпеки.

Для приготування корму препарат набирали піпет-дозатором, розводили у дистильованій воді та рівномірно зволожували цим розчином комбікорм за допомогою побутового пульверизатора. Корм, призначений для годівлі риб у контролі, для вирівнювання умов експерименту зволожували чистою водою. Після зволоження комбікорм залишали для просушування у затемненому, добре провітрюваному приміщенні та згодовували риbam на наступний день.

Дволітків стерляді за п'ять днів до початку експерименту, з метою адаптації до нових умов утримання, виловили із виробничого садка, розділили на дві групи, дослідну і контрольну, провели індивідуальне

зважування кожної риби, задля оцінки мінливості індивідуальної маси тіла риб за коефіцієнтом варіації (C_v), і розсадили у два садки із площею 10 м² кожний (табл. 1).

Таблиця 1. Зариблення експериментальних садків ПП «Бестер» дволітками стерляді у вересні 2022 р.

Показник	Од. виміру	Дослід (садок № 43)	Контроль (садок № 42)	Дослід / контроль, %
Початок експерименту 13.09.22				
Кількість риб	екз.	30	31	-
Щільність посадки	екз./м ²	3,0	3,1	96,77
Середня маса риб	г/екз.	130,0 ± 8,52	149,5 ± 7,19	86,96
C_v маси тіла	%	30,82	22,56	136,61

Як видно з таблиці, щільність посадки дволітків стерляді в садках відрізнялася незначно (менше, ніж на 4%) та була приблизно у 6 разів меншою за рекомендовану для садкових рибних господарств [17, с. 50]. Експериментальний матеріал дещо відрізнявся за якісним складом: у дослідному варіанті кількісні характеристики риб виглядали відносно гіршими за контрольний.

Протягом експерименту кожного дня двічі, вранці і ввечері в один і той же час, на глибині 2 м вимірювали температуру води і вміст розчиненого кисню за допомогою термооксиметру AZ-86021 (DO).

Нормування годівлі здійснювали у відповідності до рекомендацій виробника комбікормів, з урахуванням температури води і загальної маси риб у кожному садку. Добову норму корму коригували за результатами контрольних ловів. Корм роздавали двічі на день, між 9 і 10 та між 16 і 17 годинами дня, рівними порціями, на кормовий столик, підвішений у воді на висоті 25–30 см від садкового дна. Поїдання корму перевіряли через 30 хвилин після роздачі корму: піднімали кормові столики і оглядали їх поверхню.

Тривалість експерименту, без урахування днів посадки і вилову риби, становила 35 діб. Протягом цього періоду було проведено 2 контрольних лови, із оглядом, підрахунком та загальним зважуванням риби з кожного садка. Під час завершального вилову індивідуально зважували кожен екземпляр риби.

Результати експерименту оцінювали за методами, загальноприйнятими у рибогосподарських дослідженнях. Швидкість росту аналізували за величинами абсолютного і відносного (ΔM) приросту маси тіла, питомої швидкості росту (C_w) та коефіцієнту масонакопичення (K_m) [18, с. 263], виживаність – за відсотком риб, що вижили до кінця експерименту з числа посаджених. Ефективність конверсії комбікорму визначали за кормовим

коефіцієнтом, величину якого розраховували як відношення кількості спожитого корму до приросту маси тіла риб [18, с. 264].

Математичну обробку даних провели за допомогою комп'ютерних програм SPSS і Microsoft Excel.

Результати досліджень та їх обговорення. Умови вирощування стерляді в садках протягом експерименту представлено у формі графіку середньодобової температури води і вмісту розчиненого у воді кисню (рис. 1).

Як видно з графіку, протягом експерименту температура води у водоймі в зоні розташування садків знижувалася від 17 до 11,5°C. Слід відзначити, що протягом перших 24 діб, від початку досліджень (13 вересня) і до дати другого контрольного лову (6 жовтня), температурний показник знаходився в сприятливому для інтенсивного вирощування осетрових риб температурному інтервалі 14-24°C [17, с. 17]. Решту 11 діб температура води була нижче 14°C.

Динаміка вмісту розчиненого у воді кисню мала характер, протилежний динаміці температури води: із зниженням останньої концентрація кисню у воді закономірно зростала. З метою візуальної оцінки відповідності кисневого режиму вимогам осетрових риб крім кривої, побудованої за даними фактичної концентрації кисню у воді, на графіку представлено ще дві. Для побудови цих кривих використано розрахункові величини концентрації кисню при 75%- і 60%-му рівнях насичення за відповідної температури води. На думку багатьох науковців [19, с. 34; 20, с. 8], 75%-й рівень насичення киснем найбільше відповідає вимогам осетрових риб, а 60%-й рівень є мінімальною межею кисневої зони адаптації для цих риб. Як видно з графіку, протягом періоду дослідження стерлядь перебувала, переважно, у нижній частині цієї зони, за винятком чотирьох перших і двох останніх днів експерименту, коли концентрація кисню у воді опускалася за її нижню межу. З цього можна зробити висновок, що вирощування дволітків стерляді

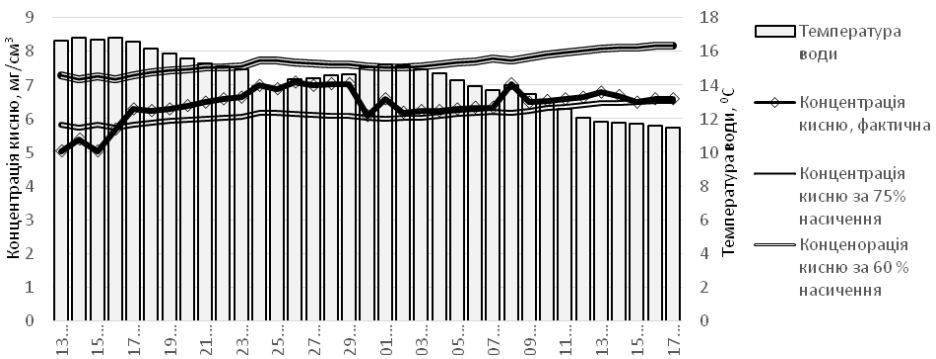


Рис. 1. Динаміка показників температури води і концентрації розчиненого у воді кисню

в експерименті відбувалося за умов кисневого режиму, які не можна назвати достатньо сприятливими для реалізації потенціалу росту осетрових риб.

Оціночні показники експерименту, зібрані за даними контрольних ловів і завершального вилову дослідного матеріалу, після математичної обробки зведено до таблиці (табл. 2).

Таблиця 2. Рибницько-біологічні показники вирощування дволітків стерляді в садках на кормах із додаванням нанозаліза

Показник	Од. виміру	Дослід	Контроль	Дослід / контроль, %
Контрольний лов 23.09.22 (10 діб від початку експерименту)				
Кількість риб	екз.	30	31	–
Вживаність	%	100,00	100,00	–
Середня маса	г/екз.	156,80	168,70	92,94
Індивідуальний приріст	г/екз.	26,80	18,80	142,55
ΔM	%	18,69	11,82	158,12
C_w	%	1,87	1,18	158,47
K_m	%	9,75	6,54	149,08
Витрати корму, всього	кг	0,94	1,14	–
K_k	од.	1,16	1,95	59,49
Контрольний лов 06.10.22 (13 діб від попереднього контрольного лову / 23 доби від початку експерименту)				
Кількість риб	екз.	30	31	–
Середня маса	г/екз.	175,40	183,40	95,64
Вживаність	%	100,00	100,00	–
Індивідуальний приріст	г/екз.	18,60 / 45,40*	14,70 / 33,90	126,53 / 133,82
ΔM	%	11,20 / 29,73	8,35 / 20,37	134,13 / 145,95
C_w	%	0,86 / 1,29	0,64 / 0,89	134,38 / 144,94
K_m	%	4,73 / 6,91	3,58 / 4,85	132,12 / 142,47
Витрати корму, всього	кг	0,71 / 1,64	0,81 / 1,95	–
K_k	од.	1,26 / 1,20	1,78 / 1,85	70,79 / 64,86
Завершення експерименту 18.10.22 (12 діб від попереднього контрольного лову / 35 діб від початку експерименту)				
Кількість риб	екз.	30	31	–
Середня маса	г/екз.	182,80 ± 8,39	189,90 ± 10,02	95,94
C_v маси тіла	%	21,27	23,23	91,56
Вживаність	%	100,00	100,00	–
Індивідуальний приріст	г/екз.	7,40 / 52,80	6,50 / 40,40	113,85 / 130,69
ΔM	%	4,13 / 33,76	3,48 / 23,81	118,67 / 141,79
C_w	%	0,34 / 0,96	0,29 / 0,68	117,24 / 141,18
K_m	%	1,93 / 5,20	1,65 / 3,76	116,97 / 138,30
Витрати корму, всього	кг	0,39 / 2,03	0,41 / 2,36	–
K_k	од.	1,75 / 1,28	2,04 / 1,88	85,78 / 68,09

* – тут і у подальшому, за наявності дробу, вказано результати: у чисельнику – за період між контрольними ловами, у знаменнику – від початку експерименту

Як видно з таблиці 2, протягом всього експерименту риби у дослідному варіанті демонстрували кращі результати росту, ніж у контрольному: абсолютний приріст маси тіла був вищим на 30,69%, відносний приріст – на 41,79%, коефіцієнт масонакопичення – на 38,30%. Подібний ефект від додавання нанозаліза в корми для тварин спостерігали у дослідженнях, раніше проведених на кролях (доза нанозаліза – 3 мг/кг корму) [16, с. 23–25] і на севрюзі (доза – 50 мг/кг корму) [21, с. 498].

Слід відмітити неоднакову інтенсивність росту і набору маси тіла у дволітків стерляді протягом експерименту. На прикладі зміни величин коефіцієнту масонакопичення, розрахованих за даними контрольних ловів, можна простежити динаміку цього процесу (рис. 2).

Зменшення інтенсивності набору маси тіла риб в обох варіантах протягом експерименту обумовлене сезонним зниженням температури води, за якої відбувалося вирощування риби. Варто звернути увагу на те, що найбільша різниця у величинах коефіцієнту накопичення між варіантами експерименту була на першому, десятиденному, відрізку часу, за більш сприятливої для росту риб температури води, але у менш сприятливих кисневих умовах: протягом чотирьох перших днів концентрація кисню у воді була нижче межі кисневої адаптації.

Заслужовує на увагу те, що у дослідному варіанті риби зростали більш рівномірно, ніж у контрольному: коефіцієнт варіації індивідуальної маси тіла риб (табл. 1 і 2) у дослідному варіанті від початку до кінця експерименту зменшився з 30,82% до 21,87%, у той час, як у контролі цей показник майже не змінився і становив 22,56% та 23,23%, відповідно.

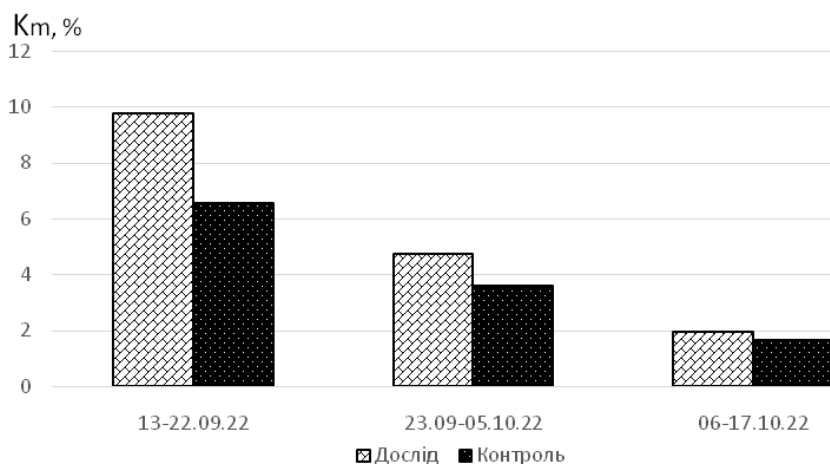


Рис. 2. Динаміка набору маси тіла дволітків стерляді протягом експерименту (за величиною коефіцієнта масонакопичення K_m)

За показником виживаності дволітків стерляді (табл. 2) ні один з варіантів експерименту не мав переваги: відходу риби не зафіксовано.

Кращий результат конверсії спожитого рибами корму отримано у дослідному варіанті: кормовий коефіцієнт у досліді становив 1,26, що майже у 1,5 раз менше величини аналогічного показника у контролі (1,88). Варто також проаналізувати зміни величин кормового коефіцієнту, розрахованих для окремих відрізків часу між контрольними ловами риби (рис. 3).

Як видно з графіку, в обох варіантах експерименту спостерігається загальне зростання величин кормового коефіцієнта від початку до кінця дослідження, імовірно, внаслідок впливу на ефективність засвоювання рибами корму температури води, яка протягом усього експерименту знизилася від 17 до 11,5°C. Особливо яскраво вплив температурного фактору на конверсію корму простежується на третьому відрізку часу, за температури води нижче 14°C, тобто, за межами сприятливого для вирощування осетрових риб температурного інтервалу [16, с. 17]. Варто відмітити, що різниця між кормовими коефіцієнтами у варіантах зменшувалася від початку до кінця експерименту.

Висновки і пропозиції. Дослідженнями встановлено, що додавання препарату нанозаліза в дозі 1 кг/кг комбікорму для годівлі дволітків стерляді, за вирощування в умовах водного середовища, недостатньо сприятливих для реалізації потенціалу росту осетрових риб, позитивно вплинуло на такі рибницько-біологічні показники, як швидкість росту, інтенсивність масонакопичення і конверсія рибних кормів.

На величину різниці в оціночних показниках дослідного і контрольного варіантів впливали температура води і вміст розчиненого у воді кисню. Так, за підсумками перших 24-х днів дослідження, при утриманні риби

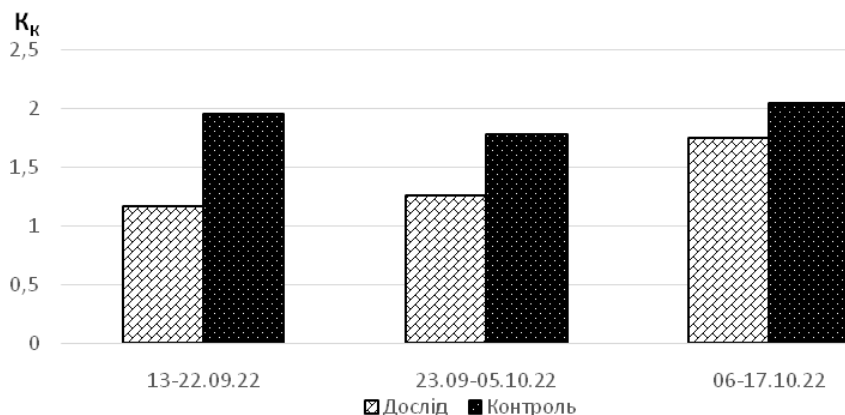


Рис. 3. Динаміка величин кормового коефіцієнту протягом експерименту

в температурному діапазоні 14–17 °C і за відносно менш сприятливого кисневого режиму, ніж у наступному 11-денному відрізку експерименту, питома швидкість росту стерлядів дослідному варіанті перевищила таку в контролі на 45%, а кормовий коефіцієнт був нижче на 35%. При подальшому вирощуванні, за температури від 14 до 11,5 °C і у більш сприятливих кисневих умовах, питома швидкість росту риб у дослідному варіанті перевищила показник у контролі на 17%, а кормовий коефіцієнт виявився нижче лише на 14%.

Дослідження впливу добавки нанозаліза в рибний корм на результати вирощування риби доцільно продовжити, зокрема, з метою пошуку оптимальних доз препарату в кормах для різних видів риб та за різних умов утримання, атакож – задля вивчення механізмів біологічно активної дії наночасток цього мікроелементу на продуктивні показники рибориства.

FISH-BREEDING AND BIOLOGICAL INDICATORS OF TWO-YEAR-OLD STERLET GROWING IN CAGE FEEDING WITH FEED WITH THE ADDITION OF NANOIRON

Kovalenko V.O. – *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,*

Zubchevskiy B.V. – *Postgraduate,*

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

kovalenko@nubip.edu.ua, tenno15@ukr.net

Intensive forms of fish farming require more and more attention to be paid to complete, balanced feeding of fish and to increase the beneficial effect of expensive artificial feeds. At the same time, with an increase in the density of stocking fish for cultivation, the need to create and maintain optimal conditions of the water environment for cultured organisms grows. In open aquaculture systems (ponds, net cages, direct-flow pools), the possibilities of influencing water quality indicators are limited (for example, to maintain the optimal concentration of oxygen dissolved in water) or absent (water temperature control). Under these conditions, critically important parameters of the water environment become limiting factors that make further intensification of the technological process impossible.

The effect of micro-addition of nano-iron in feed for fish on biological indicators of growing two-year-old starlet in net cages in the water area of a reservoir with uncontrolled natural conditions of the water environment was studied. The investigation was conducted on the basis of a sturgeon production enterprise, in two variants (experiment and control) with a single repetition. In the experimental version, the drug of nano-iron was added to fish feed at a dose of 1 mg/kg. The duration of the experiment was 35 days. The evaluation of the results of the experiment was carried out according to the indicators of the rate of growth and mass accumulation, fish survival and the efficiency of the use of fish feed.

The results of the experiment showed the advantages of the experimental variant over the control one in terms of individual (+30.7%) and relative gain (+41.8%) body

weight, specific growth rate (+41.2%), mass accumulation (+38.3%) and the value of the feed conversion ratio (–31.9%).

Therefore, the addition of nano-iron to the diet of two-year-old starlet had a positive effect on the results of fish breeding, probably due to the strengthening of the ability of fish blood to transport oxygen and the corresponding activation of grow than and digestion processes.

The scientific novelty is that: for the first time, the dose of nano-iron was selected and tested 1 mg/kg of fish feed; for the first time, the experiment was carried out in the production conditions of cage fish farming on sterlet, one of the most common objects of sturgeon aquaculture.

Keywords: sterlet, nano-iron, oxygen concentration, weight gain, feed conversion.

ЛІТЕРАТУРА

1. Lynn E. Foster. Nanotechnology: Science, Innovation, and Opportunity. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 2006. 283 p.
2. Гусев В. О. Державна інноваційна політика: методологія формування та впровадження : монографія. Донецьк : Юго-Восток, 2011. 624 с.
3. Гусев А. И., Ремпель А. А. Нанокристаллические материалы. М.: Физматлит, 2001. 224 с.
4. Ventola, C. Lee. Progress in nanomedicine: approved and investigational nanodrugs. *Journal of Pharmacy and Therapeutics*. 2017; 42 (12): 742–755.
5. Overton, T. R., & Yasui, T. Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *Journal of animal science*. 2014. 92(2). 416–426.
6. Каленська С. М., Лопатько К. Г., Афтандіянц Є. Г. Науково-практичні рекомендації по застосуванню препаратів на основі водних розчинів наночастинок біогенних металів для вирощування озимої пшениці. *Наук. вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК*. К., 2010. Вип. 144, ч. 1. 20–28.
7. Baranwal, A., Srivastava, A., Kumar, P., Bajpai, V.K., Maurya, P.K., & Chandra, P. Prospects of nanostructure materials and their composites as antimicrobial agents. *Frontiers in Microbiology*. 2018. No 9. 422.
8. Ogunkalu, O. A. Utilization of nanotechnology in aquaculture and seafood sectors. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*. 2019. No 19, 26–33. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/810044> (дата звернення : 02.11.2022).
9. FAO (2021). Statistical Yearbook : World Food and Agriculture. Rome: Food & Agriculture Organization. 2021. 368 p. URL: <https://doi.org/10.4060/cb4477en> (дата звернення : 02.11.2022).
10. FAO (2018). The state of world fisheries and aquaculture 2018 – meeting the sustainable development goals. Rome: Food & Agriculture Organization. 2018. 227 p. URL: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>. (дата звернення: 02.11.2022)

11. Нові тренди у рибогосподарському секторі економіки Європи : звіт за матеріалами регіонального семінару EuroFish (13 вересня 2022 р., м. Гданськ, Польща). Бюджетна установа «Методично-технологічний центр з аквакультури». 05.10.2022. URL: (дата звернення: 02.11.2022)
12. He, X., Deng, H., & Hwang, H. The current application of nanotechnology in food and agriculture. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2019. 27(1), 1–21.
13. Wessling-Resnick, M. Iron. In: Ross, A. C., Caballero, B., Cousins, R. J., Tucker, K.L., Ziegler, R.G., eds. *Modern Nutrition in Health and Disease*. 11 th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins; 2014:176–188.
14. Aggett, P. J. Iron. In: Erdman J. W., Macdonald I. A., Zeisel S. H., eds. *Present Knowledge in Nutrition*. 10 th ed. Washington, DC: Wiley-Blackwell; 2012: 506–520.
15. Jonson, E. E., Wessling-Resnick, M. Iron metabolism and the innate immune response to infection. *Microbes and Infection*. 2012. Vol. 14, Issue 3: 207–216.
16. Чурилов Г. И. Эколого-биологические эффекты нанокристаллических металлов : автореф. дис. док. биол. наук: 03.02.08. Балашиха, 2010. 33 с.
17. Судакова Н. В. Технологии и нормативы по товарному осетроводству в VI рыболовной зоне. М.: Издательский дом ВНИРО, 2006. 100 с.
18. Щербина М. А., Гамыгин Е. А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Издательский дом ВНИРО, 2006. 360 с.
19. Матишов Г. Г., Матишов Д. Г., Пономарева Е. Н., Лужняк В. А., Чипинов В. Г., Коваленко М. В., Казарникова А. В. Опыт выращивания осетровых рыб в условиях замкнутой системы водообеспечения для фермерских хозяйств. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2006. 72 с.
20. Коваленко М. В. Оптимизация методов выращивания осетровых рыб в управляемых условиях водной среды: автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.10. Астрахань, 2007. 23 с.
21. Ebrahimi, P., Changizi, R., Ghobadi, S. et al. (2020). Effect of Nano-Fe as Feed Supplement on Growth Performance, Survival Rate, Blood Parameters and Immune Functions of the Stellate Surgeon (*Acipenser stellatus*). *Russian Journal of Marine Biology*. 46, 493–500.

REFERENCES

1. Lynn E. Foster. (2006). *Nanotechnology: Science, Innovation, and Opportunity*. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall.
2. Husiev V. O. (2011). *Derzhavna innovatsiina polityka: metodolohiia formuvannia ta vprovadzhennia: monohrafiia*. [State innovation policy: methodology of formation and implementation: monograph]. Donetsk: Yuho-Vostok. [in Ukrainian].

3. Gusev A. I., Rempel A. A. (2001). *Nanocrystallicheskie materialy*. [Nanocrystalline materials]. Moscow: Fizmatlit. [in Russian].
4. Ventola, C. Lee. (2017). Progress in nanomedicine: approved and investigational nanodrugs. *Journal of Pharmacy and Therapeutics*, 42(12): 742–755.
5. Overton, T. R., & Yasui, T. (2014). Practical applications of trace minerals for dairy cattle. *Journal of animal science*, 92(2): 416–426.
6. Kalenska S.M., Lopatko K.H., AftandiliantsYe.H. (2010). *Naukovo-praktychni rekomendatsii po zastosuvanniu preparativ na osnovi vodnykh rozchyniv nanochastynok biohennykh metaliv dlia vyroshchuvannia ozymoi pshenytsi*. [Scientific and practical recommendations for the use of preparations based on aqueous solutions of nanoparticles of biogenic metals for the cultivation of winter wheat]. *Naukoviy visnyk NUBiPUkrainy. Seriya: Tekhnika ta enerhetyka APK*. Kyiv. Vol. 144 (Part 1), pp. 20–28. [in Ukrainain].
7. Baranwal, A., Srivastava, A., Kumar, P., Bajpai, V.K., Maurya, P.K., & Chandra, P. (2018). Prospects of nanostructure materials and their composites as antimicrobial agents. *Frontiers in Microbiology*, no 9, 422.
8. Ogunkalu, O. A. (2019). Utilization of nanotechnology in aquaculture and seafood sectors. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, no 19, 26–33. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/810044>.
9. FAO (2021). Statistical Yearbook : World Food and Agriculture. Rome: Food & Agriculture Organization. URL: <https://doi.org/10.4060/cb4477en>
10. FAO (2018). The state of world fisheries and aquaculture 2018 – meeting the sustainable development goals. Rome: Food & Agriculture Organization. URL: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>
11. *Novitrendy u rybohospodarskomu sektori ekonomiky Yevropy* (2022). [New trends in the fisheries sector of the European economy] *Zvit za materialamy rehionalnoho seminaru EuroFish*. (13 September 2022, Hdansk, Poland). Budgetinstitution «Methodological and technological center for aquaculture» URL: https://bumtca.com.ua/novi-trendi-uribogospodarskomu-sektori-ekonomi-ki-yevropi/?fbclid=IwAR2p88NiLqGFzBNcr6D_vtCpL0HZVZpvkLcpN ZoXMvs4vMdDGnaztZsAdBk
12. He, X., Deng, H., & Hwang, H. (2019). The current application of nanotechnology in food and agriculture. *Journal of Food and Drug Analysis*, 27(1), 1–21.
13. Wessling-Resnick, M. Iron. In: Ross, A. C., Caballero, B., Cousins, R. J., Tucker, K.L., Ziegler, R.G., eds. (2014). *Modern Nutrition in Health and Disease*. 11 th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins. 176–188.
14. Aggett, P. J. Iron. In: Erdman J. W., Macdonald I. A., Zeisel S. H., eds. (2012). *Present Knowledge in Nutrition*. (10th ed.). Washington, DC: Wiley-Blackwell: 506–520.

15. Jonson, E. E., Wessling-Resnick, M. (2012). Iron metabolism and the innate immune response to infection. *Microbes and Infection*, Vol. 14, Issue 3: 207–216.
16. Churilov G. I. (2010). *Ecologicheskies i biologicheskies effect nanokristallicheskich metallov* [Ecological and biological effects of nanocrystalline metals]. (DSc Thesis), Balashikha: Russian State Agrarian Correspondence University. [in Russian].
17. Sudakova N. V. et al. (2006). *Tekhnologicheskies normativy po tovarnomu osetrovodstvu v VI rybovodnoy zone* [Technologies and standards for commercial sturgeon breeding in the VI fish breeding zone]. Moscow: VNIRO Publishing House. [in Russian].
18. Shcherbina M. A., Gamygin E. A. (2006). *Kormlenie ryb v presnoovodnoy akvakulture* [Fish feeding in freshwater aquaculture]. Moscow: VNIRO Publishing House. [in Russian].
19. Matishov G. G. et al. (2006). *Opyt vyrashchivaniya osetrovyykh ryb v usloviyakh zamknutoy systemy vodoobespecheniya dlia fermerskykh khoziaistv* [Experience in growing sturgeons in a closed water supply system for farms]. Rostov-on-Don: YuNTs RAS Publishing House. [in Russian].
20. Kovalenko M. V. (2007). *Optimizatsiya metodov vyrashchivaniya osetrovich ryb v upravlyaemykh usloviyakh vodnoy sredy* [Optimization of methods for rearing sturgeons in controlled conditions of the aquatic environment]. (PhD Thesis), Astrakhan : Astrakhan State Technical University. [in Russian].
21. Ebrahimi, P., Changizi, R., Ghobadi, S. et al. (2020). Effect of Nano-Fe as Feed Supplement on Growth Performance, Survival Rate, Blood Parameters and Immune Functions of the Stellate Sturgeon (*Acipenser stellatus*). *Russian Journal of Marine Biology*. 46, 493–500.

УДК 663.639.3

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.6>

СТИМУЛЯЦІЯ ОВОГЕНЕЗУ СТЕРЛЯДІ У ПЕРЕДНЕРЕСТОВИЙ ПЕРІОД

*Козій М.С. – д.біол.наук, професор,
Державний вищий навчальний заклад
«Чорноморський національний університет імені Петра Могили»,
kozij67@gmail.com,*

*Пічура В.І. – д.с.-г.н, професор,
Херсонський державний аграрно-економічний університет,*

*Кутисцев П.С. – к.біол.наук, доцент,
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
kutishev_p@ukr.net*

У статті показано результати впливу комплексного фосфорорганічного препарату Катозал у складі розробленого комбінованого корму на овогенез та переднерестові показники стерляді. В оптимізованому комбікормі рівень вмісту глутамінової кислоти, аланіну та цистеїну виявився підвищений на 0,9, 0,66 та 0,31 од., а лізину, метіоніну, ізолейцину та триптофану – достовірно (на 2,04, 0,93, 1,24 та 0,68 од. відповідно). При стимулюючому впливі Катозала вдалося досягти стабілізації фізіологічного статусу риб.

Застосування Катозала у складі переднерестового корму в переднерестовий період впливає підвищення рибоводних показників стерляді. Кінцева маса риб, які споживали оптимізований переднерестовий комбінований корм, перевищувала контрольний аналог на 98,0 г, при еквівалентній зміні значення абсолютного приросту 1,96 г. У риб дослідної групи виявлено статистично достовірне перевищення значень концентрації гемоглобіну (на 6,1 г/л) та концентрації сироваткового білка (на 3,92 г/л).

Включення бутафосфану та ціанкобаламіну в цикл трикарбонових кислот призводить до загасання ліпостатичну функцію печінки, що сприяє підвищенню ефективності регуляторних механізмів глікогенезу та глікогенолізу. Переорієнтування окремих сторін метаболізму позитивно впливає на стимулювання процесу овогенезу.

Показником ефективності застосування Катозалу є прискорений розвиток овоцитів із досягненням оптимального значення коефіцієнта поляризації. У відсутності відхилень у клітинних параметрах, а також достовірних відмінностей у даних константи Гертвіга, при незначно варіюючих розмірно-масових характеристиках самок контрольної групи: довжина 61-64 см і маса 2,09-2,2 кг, середній коефіцієнт поляризації овоцитів був 13,81%, що відповідає IV (незавершений) стадії. Відповідно, у самок дослідної групи довжині 65-66 см і масі 2,4-2,5 кг коефіцієнт поляризації овоцитів склав 8,02%, що вказує на їхню приналежність до IV (завершеної) стадії.

Отримані результати експериментальних досліджень можуть бути використані в рибористві для оцінки ступеня впливу різноманітних кормів на фізіологічні

та рибоводні показники об'єктів аквакультури. Це дозволить вирішувати виробничі завдання і своєчасно знаходити шляхи попередження проблем, що виникають.

Ключові слова: стерлядь, переднерестовий корм, Катозал, бутафосфан, овоцит, ікра, фізіологічний статус.

Постановка проблеми. В умовах практично повного виснаження природних популяцій осетрових риб в Азово-Чорноморському басейні, пріоритетна роль для відновлення та подальшого насичення споживчого ринку дорогої делікатесної продукції відводиться товарному осетровництву, як найбільш перспективному напрямку рибництва. У той самий час, і нато-мість глобального скорочення обсягів ринку рибної продукції, останніми роками помітно активізується розвиток ікряного осетроводства. Ця обста-вина обґрунтована потребою задоволення зростаючого споживчого попиту цінну делікатесну продукцію – харчову ікру з осетрових риб. Як показує практика, більшість спеціалізованих рибоводних господарств орієнтуються на формування продукційних стад з метою одержання харчової ікри з чистих видів осетрових риб, таких як російський осетр та стерлядь.

Технології розведення риб в умовах замкнутого водозабезпечення (УЗВ) дозволяють суттєво знизити навантаження на природні популяції риб та можуть бути використані для виробництва екологічно чистої осе-трової продукції. Дослідження з вирощування бестера в індустріальних умовах стали основою розробки біотехнології формування та експлуатації в регульованих умовах маткових стад стерляді. Незважаючи на досягнуті результати, слід зазначити, що актуальність вирішених раніше проблем нині не знижується. Підвищений комерційний попит на харчову ікру з осе-трових риб диктує необхідність усунення термінів виробництва продукту на осінній та зимовий періоди. Звідси випливає, що розробка оптимізова-них технологій товарного вирощування стерляді, біологічний контроль з метою цілорічного отримання високоякісної ікорної продукції потребують більш поглиблених досліджень, а наукові пошуки в цьому напрямі мають актуальність і дуже перспективні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз літературних даних щодо досліджуваного питання дозволяє зробити висновок, що фор-мування маткових стад осетрових риб з метою отримання харчової ікри ґрунтується на годівлі адаптованих виробників різноманітними штуч-ними сумішами. Найчастіше вони представлені сухими гранульованими кормами або їх сумішшю з невеликою кількістю преміксової добавки [3]. Серед численних стереотипних схем годівлі відомий спосіб підготовки до нересту, що включає міжнерестовий нагул із застосуванням вологого ком-бінованого корму «Aller Aqua» (Польща) з додаванням преміксу РО-4 [4]. Спосіб дозволяє до моменту нересту отримати хороші показники приросту

живої маси, проте щодо отримання якісної харчової ікри він недостатньо ефективний, оскільки рецептура корму розроблена без урахування видоспецифічних змін, що відбуваються в організмі.

Якщо за окремими технологіями в перші роки утримання самок застосовується досить рясна годівля з метою накопичення живої маси, то в період дозрівання гонад комбінований корм повинен мати у своєму складі достатню кількість БАР, зокрема вітамінів [4, 22]. В даний час на осетрових заводах успішно впроваджено в практику технологію застосування комбінованого корму «Aller Bronze» (Німеччина) на основі напівсинтетичних складових [17]. Спосіб базується на використанні синергізму аскорбінової кислоти та вітаміну Е, що дозволяє прискорено підготувати рибу до нересту. Слід зазначити, що при своїй затребуваності використання на представниках осетрових з досить високою масою тіла (російський осетр, білуга, севрюга) застосування такого способу в умовах експлуатації великого поголів'я репродуктивно-маточного стада стерляді не доцільно через його зайву енергоємність [22].

Згідно з наявними літературними даними, з метою оцінки рибоводно-біологічних показників та фізіологічного стану маткових стад застосовується досить широкий спектр методів [1, 7, 20]. Зокрема, біохімічні дослідження, що широко застосовуються в рибористві, орієнтовані переважно на виявлення амінокислотного та мінерального складу кормів, м'яса та ікри риби, гематологічні – на виявлення динамічності фізичного та хімічного складу формених елементів та плазми крові, як найбільш сприйнятливих до впливу умов годівлі та вмісту [5, 11, 17]. Поруч проведених у цьому напрямі експериментів було переконливо доведено, що у умовах заводського годівлі та змісту нормальне перебіг гонадогенезу у риби залежить від функціонального стану шлунково-кишкового тракту, що у свою чергу має зв'язок з певними морфологічними змінами лише на рівні яєчників [12].

Як показує практика, при дослідженні протікання гаметогенезу осетрових за допомогою УЗ-сканера час діагностики стадії зрілості гонад значно скорочується. Головною перевагою діагностичного методу є атравматичність досліджуваних особин. У той же час, УЗ-сканування не дозволяє максимально точно визначити IV (незавершену) стадію зрілості гонад, оскільки через існуючі нечіткі анатомічні розмежування при переході від III стадії відсоток помилок досить значний. Застосування методу біопсії гонад риби у період нагулу (або дуже вгодованих риби) на тлі перерахованих вище недоліків переважний [15].

Певний обсяг літературної інформації базується на уривчастих показниках, що носить швидше суб'єктивний характер і тим самим нівелює достовірність отриманих результатів [14]. Очевидно, що з метою компенсації інформаційної прогалини щодо досліджуваного питання необхідний

комплексний підхід з розширенням діапазону досліджень, що дозволить деталізувати картину змін в організмі риб. Таким чином, виходячи з існуючого інтересу до вирішення проблеми є обґрунтування для проведення відповідних пошуків.

Постановка завдання та методи дослідження. Експеримент із вивчення ефективності використання різних переднерестових комбінованих кормів проводили за умов ВАТ «Оазис Бісан». Тривалість експерименту становила 50 діб (20.09.2021–08.11.2021). З метою оцінки ефективності переднерестових кормів стандартного та оптимізованого складів на рибоводно-біологічні показники, досліджували 200 трирічних самок стерляді (2+), середньою масою 2071 р. З маточного стада за принципом аналогів були сформовані 2 групи – контрольна та дослідна (100 особин групі). Риби містилися за умов УЗВ: обсяг кожного басейну становив 20 м³, щільність посадки – 10,3 кг/м³. Температура води у басейнах була 17–19°C.

Риб контрольної групи годували стандартним комбікормом «Aller Bronze» (Польща), до складу якого входить рибне борошно, риб'ячий жир, гороховий протеїн, соєве борошно, гемоглобінова борошно, пшениця грубого помелу, рослинні олії та мінеральні добавки. У цей корм додавали премісову добавку «ПО-4» (Литва), що містить вітаміни А, D1, Е, С, В1, В2, В5, В6, В12, Вс, В4, Н, К, антиоксидант, наповнювач. Риб дослідної групи годували експериментальною сумішшю з додаванням премісової добавки "Buster Pack" (Англія), яка містить біологічно активні речовини, вітаміни: А, D3, Е, К, В1, В2, В3, В4, В5 (Рр), В6, Вс, Н; хлориди або сульфати мікроелементів марганцю, цинку, заліза, кобальту, йоду, селену; ферменти. Використання преміксів обґрунтоване необхідністю підтримання оптимального вітамінно-мінерального балансу та стабілізації роботи травного тракту риб. Виходячи з особливостей харчування та фізіології стерляді, посилення ефективності експериментального корму досягалося за рахунок еквівалентної заміни в комбікормі «Aller Bronze» імпортного риб'ячого жиру, горохового протеїну, соєвого борошна, гемоглобінового борошна, пшениці грубого помелу, рослинної олії та олії. бази: фаршем зі свіжої тюльки (300,0 г/кг), відловленої в Каховському водосховищі та висушеним зоопланктоном (300,0 г/кг), рибним борошном (95,0 г/кг), пророщеними пшеничними зернами (200,0 г/кг) і пшеничним борошном (95,0 г/кг) як сполучна речовина. Компоненти корму з'єднувалися у м'якій пастоподібній фракції. Експериментальний корм був виготовлений у рамках даного дослідження, у приміщенні дозування та приготування кормосумішей ВАТ «Оазис Бісан».

До складу нового переднерестового комбікорму як рідку домішку було включено Катозал («Вауер», Німеччина), основною діючою речовиною якого є бутафосфан. Стандартне дозування Катозалу становило 2,0 мл/кг корму (подвоєно з урахуванням можливості часткового вимивання

з кормосуміші). Протягом експерименту риб годували 4 рази на світлий час доби – 800, 1200, 1600, 2000 год. Рибу годували вручну. На басейн визначалася фіксована кількість корму (0,63% та 0,68% від біомаси).

Економічну ефективність у вигляді витрат на комбікорми розраховували з використанням пакету прикладних програм «Korall» (Росія).

Біохімічні дослідження переднерестових кормів щодо амінокислотного складу здійснювали в акредитованій науковій хімічній лабораторії рибгосподарсько-екологічного факультету Херсонського ДАЕУ, згідно з «Нормативними методиками Ветеринарно-санітарної експертизи харчових продуктів» [9, 16]. З метою попередньої підготовки зразків застосовували кислотний гідроліз у 5 М розчині HCl (110°C, 24 год), з додаванням норлейцину як зразок. Для виявлення метіоніну та цистеїну попередньо підготовлені проби піддавали окисленню 50% розчином надмурашиної кислоти. Подальший аналіз виконувався за допомогою системи рідинної хроматографії Shimadzu LC-20 Prominence (Бельгія). Для розведення досліджуваного зразка застосовували готові буферні розчини виробництва Sevko&Co (Латвія). Розрахунок концентрації амінокислот здійснювали згідно зі стандартним зразком («Sykam S 500 System», Німеччина).

Рибоводно-біологічні показники стерляді (маса тіла, виживання) досліджували протягом періоду експериментальних досліджень. Абсолютний середньодобовий приріст живої маси риб за певний період встановлювали за формулою:

$$A = W1 - W0/t,$$

де А – середньодобовий приріст живої маси (г); W0 – початкова маса риби (г); W1 – жива маса риби наприкінці періоду досліджень (г), t – час.

Зважування риби проводили на електронних терезах, з точністю до 10,0 г. Вибірка становила 20% від загальної кількості особин у басейні, кожену особину з індивідуальними електронними чіп-мітками (транспондерами) зважували окремо до та після експерименту.

Висота стовпа води, конструкція басейну та невелика щільність посадки дозволяли візуально визначити стан здоров'я поголів'я.

Обробка отриманих даних здійснювалась у лабораторії іхтіопатології Інституту рибного господарства НААН України.

Для оцінки функціонального стану самок стерляді провели аналіз основних фізіолого-біохімічних показників крові. З метою отримання достовірних результатів вибірка в кожній групі складалася з 10 риб. Дослідження виконували наприкінці експерименту, не враховуючи динаміки змін гематологічної картини. Відповідно до методики «Загальноклінічних досліджень крові в рибицтві» [7], кров для дослідження брали з хвостової артерії. Загальний обсяг забраної крові у кожного екземпляра (2,0 мл) ділили на кількість, необхідну для гематологічних досліджень (підрахунку

числа еритроцитів у камері Горяєва, визначення гемоглобіну за методом Салі), а також для подальших біохімічних досліджень (визначення концентрації сироваткового білка та рівня загальних ліпідів) з додаванням до нього 2% розчину гепарину (на 1,0 мл 0,02 мл).

Розрахунок величини коефіцієнта поляризації овоциту проводили за такою формулою:

$$K = L1/L2 \times 100\%,$$

де K – коефіцієнт поляризації овоциту; L1 – відстань від верхньої частини ядра до оболонки ікринки; L2 – відстань від нижньої частини ікринки до анімального полюса.

Отримані результати обробляли методами варіаційної статистики з використанням пакета прикладних програм Microsoft Excel з акцентуванням уваги на помилки середніх величин [7].

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведений експеримент був заснований на порівнянні результатів використання одного із зарекомендованих стандартних гранульованих комбінованих кормів [4] та розробленого нами оптимізованого переднерестового комбінованого корму. На початку періоду нагулу, з метою порівняння поживної цінності випробуваних кормів було проведено їх аналіз щодо харчової цінності. Результати представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Склад амінокислот переднерестових кормів, % сухої речовини

Амінокислоти	Оптимізований комбікорм	Комбікорм «Aller Bronze»
<u>незамінні</u>		
лізин	4,4±0,46**	2,36±0,16
метіонін	1,5±0,02**	0,57±0,09
аргінін	2,3±0,28	2,02±0,35
гістидин	1,5±0,81	1,27±0,15
фенілаланін	1,3±0,91	1,63±0,21
треонін	2,1±0,42	1,57±0,23
валін	1,5±0,23	1,66±0,26
лейцин	4,2±0,54	3,94±0,61
ізолейцин	2,5±0,53**	1,26±0,15
триптофан	0,68±0,14	-
<u>замінні</u>		
аспарагінова к-та	4,6±0,35	3,98±0,50
серін	1,3±0,32	1,6±0,16
глутамінова к-та	5,3±0,58*	4,4±0,45
пролін	2,6±0,12	2,15±0,14
гліцин	3,2±0,83	1,7±0,22
аланін	2,5±0,34*	1,84±0,31
цистеїн	0,7±0,17*	0,39±0,11
тирозин	1,8±0,32	1,5±0,33

Примітки: амінокислотний склад «Aller Bronze» – згідно з рецептурою комбікорму; *P<0,05; **P<0,001.

Спираючись на дані таблиці 1, можна сказати, що складові комбікормів загалом виявилися близькими за амінокислотним складом. Але при цьому слід врахувати, що рівень вмісту в оптимізованому комбікормі глутамінової кислоти, аланіну та цистеїну виявився підвищеним на 0,9, 0,66 та 0,31 од., а лізину, метіоніну, ізолейцину та триптофану – достовірною мірою (на 2,04, 0,93, 1,24 та 0,68 од. відповідно).

Склад випробуваних кормів представлено в таблиці 2.

Таблиця 2. Різноманітні типи переднерестових кормів для маточного стада стерляді та їх ефективність

Група	Склад комбікорму	Добованорма комбікорму, г	Всього згодовано комбікорму, кг	Витрати на комбікорма, \$.
контрольна	«Aller Bronze», премієкс «ПО-4», 5%	1320	66,00	54,49\$
дослідна	фарш із тюльки, сухий зоопланктон, рибна мука, пророщені пшеничні зерна сполучна речовина (пшеничне борошно), премієкс «Buster Pack», 5% Катозал, 2,0 мл/кг*	1225	61,25	36,84\$

Примітка. *Дозування Катозала визначено для стерляді експериментальним шляхом (подвоєно з урахуванням можливості часткового вимивання з кормосуміші).

Як свідчать дані таблиці 2, у дослідній групі, при порівняно низькій добовій нормі (на 95,0 г менше) витрати на комбікорм склали 36,84 \$, що дешевше за контрольний аналог на 17,65 \$. Це визначає економічну ефективність пропонованої переднерестової кормової суміші.

Наприкінці експерименту якість самок оцінювали за окремими рибоводно-біологічними показниками (табл. 3).

Таблиця 3. Рибоводно-біологічні показники стерляді під час використання різних типів переднерестових кормів. $M \pm n$, $n=20$

Показники	Група	
	контрольна	дослідна
Середня маса, г початкова кінцева	2065±57,6 2205±70,1	2077±66,8 2315±77,4*
приріст абсолютний, г	2,80	4,76**
виживаність, %	100	100
кормовий коефіцієнт, од.	2,35	1,28

Примітка. * $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Згідно з даними таблиці 3, кінцева маса риб, які споживали оптимізований комбінований переднерестовий корм, перевищувала контрольний аналог на 98,0 г, при еквівалентному зміні значення абсолютного приросту 1,96 г відповідно.

Аналіз основних фізіолого-біохімічних показників крові риб показав таке (табл. 4).

Таблиця 4. Окремі гематологічні показники стерляді, вирощеної в переднерестовий період різних кормах. $M \pm n$, $n=10$

Група	Концентрація сироваткового білка, г/л	Рівень загальних ліпідів у сироватці крові, г/л	Гемоглобін, г/л	Кількість еритроцитів, млн./мм ³
контрольна	21,24±4,52	2,67±0,7	65,1±17,22	0,773±0,09
дослідна	25,16±7,21**	3,08±0,6*	71,2±19,18**	1,0±0,05*

Примітка. * $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Судячи з даних таблиці 4, у разі показники відповідали біологічній нормі для цього віку [1]. У риб дослідної групи виявлено статистично достовірне перевищення значень концентрації гемоглобіну (на 6,1 г/л) та концентрації сироваткового білка (на 3,92 г/л).

Біопсія у поєднанні з гістологічним аналізом є найефективнішим методом ідентифікації різних стадій зрілості осетрових риб. У цьому, самки, які пройшли процедуру УЗ-сканування і добір за принципом незначно варіюючих розмірно-масових показників, були поетапно протестовані визначення ступеня зрілості статевих продуктів. Узагальнені дані цитоморфологічних показників овоцитів стерляді відображені у таблиці 5.

Таблиця 5. Цитоморфологічні показники овоцитів стерляді. $M \pm n$, $n=10$

Стадія стиглості	Цитоморфологічні показники овоцитів		
	діаметр овоцита, мкм	діаметр ядра, мкм	ЯЦВ
II	$\frac{144,5 \pm 31,22}{65-224}$	$\frac{52,75 \pm 8,68}{31,0-74,5}$	0,37
II-III	$\frac{878,0 \pm 42,34}{731-1025}$	$\frac{197,80 \pm 15,74}{143,0-252,59}$	0,23
III	$\frac{1480,5 \pm 188,76}{1137-1824}$	$\frac{351,55 \pm 19,45}{305,80-397,30}$	0,24
IV (незавершена)	$\frac{1957,0 \pm 173,92^*}{1546-2368}$	$\frac{336,11 \pm 62,35^*}{264,39-407,83}$	0,17
IV (завершена)	$\frac{2290,5 \pm 186,57^*}{1794-2787}$	$\frac{372,55 \pm 24,81^*}{326,78-418,32}$	0,16

Примітка: * $P < 0,05$; над межею – середнє±стандартна помилка середнього, під межею – межі мінімуму і максимуму.

Маючи дані таблиці 5, можна констатувати відсутність відхилень у клітинних параметрах, і, навіть, достовірних відмінностей у даних константи Гертвига.

Застосування комбінованої технології відбору самок на IV стадії (УЗ-сканування на початковому етапі та подальшому застосуванні методу біопсії гонад) дозволили виявити особливості поляризації ядер овоцитів (табл. 6).

Судячи з даних таблиці 6, при незначно змінних розмірно-масових характеристиках самок контрольної групи: довжина 61-64 см і маса 2,09-2,2 кг, середній коефіцієнт поляризації овоцитів був 13,81%, що відповідає IV (незавершений) стадії. Відповідно, у самок дослідної групи при довжині 65-66 см і масі 2,4-2,5 кг коефіцієнт поляризації овоцитів склав 8,02%, що вказує на їхню приналежність до IV (завершеної) стадії.

Таблиця 6. Коефіцієнт поляризації ядра овоцитів стерляді за різного складу переднерестового корму

Група	№ самки	L ₁ ,* см	Маса, кг	Розмір ікри, мм		Коефіцієнт поляризації овоцитів, %
				вертикальний	горизонтальний	
контрольна	1	61	2,09	2,42	2,23	9,65
	2	62	2,1	2,41	2,19	14,21
	3	63	2,1	2,44	2,18	13,42
	4	64	2,2	2,46	2,26	9,41
дослідна	1	65	2,3	2,43	2,21	8,08
	2	66	2,4	2,45	2,24	6,82
	3	66	2,3	2,46	2,20	7,03
	4	65	2,4	2,44	2,27	7,14

Примітка. Довжина тіла остаточно середніх променів хвостового плавця.

Аналіз отриманого фактичного матеріалу показує, що функціональний стан організму дозволяє будувати висновки про здатності об'єктів аквакультури адекватно реагувати складу кормів. Використання викладених вище підходів до виконання поставлених завдань дозволило зібрати іхтіологічний матеріал у динаміці змін на фоні годування оптимізованим комбінованим кормом та порівняти отримані результати із заводським стандартом.

Детальне вивчення рибоводно-іхтіологічних даних дозволило виявити як подібні, і відмінні, специфічні риси реакції особин кожної групи щодо кормових компонентів. Слід зазначити, що з урахуванням наявного виробничого досвіду [4, 6], вибір складових нового переднерестового комбінованого корму був випадковий. По-перше, враховуючи вікові особливості харчування стерляді, можна сказати, що в природних умовах проживання улюбленою їжею двох-трьохрічників дніпровської популяції

є личинки *Chironomidae*, *Copepoda*, *Trichoptera*, *Gammaridea*, але не планктонна суспензія [18, 19]. По-друге, нестача якісних білків рослинного походження у складі корму риб є однією з головних причин недостатньо високого рівня м'ясної та ікорної продуктивності спеціалізованих рибних господарств [2, 6, 8 10, 21]. Очевидно, що достовірно підвищений на 2,04, 0,93, 1,24 та 0,68 од. рівень вмісту в оптимізованому комбікормі лізину, метіоніну, ізолейцину та триптофану доводить перевагу поживних властивостей сировини природного походження. З іншого боку, застосовується у тваринництві та птахівництві «Buster Pack» відрізняється ефективністю порівняно з аналогом «РО-4» тим, що містить спеціально адаптований для молодих організмів комплекс білків рослинного походження, амінокислот, окремих органічних кислот та ензимів. Нетрадиційне використання нами цієї преміксової добавки в переднерестовий період успішно дозволило вирішити проблему низької якості та дефіциту білків, свідченням чого є досягнення особин порівняно високих рибоводно-біологічних показників.

По-третє, виправданість застосування Катозалу полягає саме в тому, що бутафосфан, як органічна сполука фосфору, що не має аналогів, перевершує звичайні стимулятори з фізіологічної дії, що відомо в практиці вирощування сільськогосподарських тварин і свійської птиці. Експериментально досягнуте статистично достовірне перевищення значень концентрації гемоглобіну у стерляді (на 6,1 г/л) і концентрації сироваткового білка (на 3,92 г/л) є свідченням підвищення гомеостатичного статусу особин, що в умовах замкнутого водозабезпечення відповідає оптимальним результатам. Також, застосування Катозалу в умовах заводського вирощування стерляді дозволило з'ясувати, що фосфор, що входить до складу бутафосфану, стимулює у риб травлення, покращує функцію печінки і, що важливо, стимулює біосинтез фосфопротеїнів жовтка. Сам бутафосфан не виявляє побічних ефектів, характерних для стимулюючих засобів та неорганічного фосфору. Зіставляючи власні результати та наявні в літературі дані [22], ми можемо ствердно констатувати присутність синергізму ціанкобаламіну та бутафосфану у складі Катозала, що проявляється у вигляді стимулювання метаболічних процесів, активізації процесів кровотворення, росту тканин, біосинтезу нуклеїнових кислот. Ми безпідставно вважаємо, що при певній схожості фармакодинаміки з аскорбіновою кислотою ціанкобаламін переважніше останньої, тому що його роль в інтенсивності протікання глікогеногенезу в печінці більш значуща. Зважаючи на досвід окремих дослідників [13, 15, 17], ми не рекомендуємо їх спільне застосування виду поганого засвоювання вітаміну В12 організмом риб у присутності аскорбінової кислоти.

Судячи з наявних даних [7, 12, 18], асинхронність у розвитку овоцитів періодично має місце умовах монокультури, що зрозуміло, з одного

боку, індивідуальними особливостями генетики об'єкта вирощування, з іншого – специфічністю реакції організму до складу комбікорму. Таким чином, після закінчення періоду нагулу на момент нересту не всі особини досягають дозрівання. Враховуючи цю обставину, в нашому експерименті особини проходили досить суворий відбір за низкою характеристик, що протягом періоду годування максимально дозволило уникнути можливих помилок і неточностей.

Оскільки розвиток овоцитів у критичні періоди переходу від однієї стадії до наступної закономірно супроводжується посиленням окислювально-відновних процесів, застосування речовин, що є природними компонентами циклу трикарбонових кислот (циклу Кребса), є доцільним і своєчасним, оскільки регуляція цього процесу має важливе значення для успішної фіналізації дозрівання статевих продуктів. В результаті годування оптимізованим кормом було досягнуто зрушення у бік ініціації вітелогенезу, що сталося невдовзі після короткого періоду адаптації до його складових. Надалі, якщо в процесі дозрівання цитодинаміка овоцитів та пов'язана з нею зміна ЯЦО в межах досліджуваних груп мали стабільний характер, то коефіцієнт поляризації ядра змінювався відповідно до умов годування. Даний випадок може бути розглянутий як результат активізації реакцій вітелогенезу в період споживання стерляддю оптимізованого комбікорму, що призвело до прискорення підготовки риб до нересту.

Підсумовуючи і погоджуючись при цьому з рекомендаціями, що існують щодо використання осетрових риб у заводських умовах [2, 6, 13], можна зробити висновок, що риби контрольної групи мають дещо гірші якості ікри і відповідають статусу близьких до дозрівання ($0,12 \leq K_p \leq 0,15$, IV категорія), що потребує додаткового витримування особин в УЗВ протягом 7-14 діб. Всі досліджені особи дослідної групи повинні негайно бути піддані ін'єкції по досягненні в УЗВ нерестових температур, оскільки мають статус зрілих ($0,05 K_p$ 0,10, II категорія), відрізняються поліпшеними якостями овоцитів.

Висновки та пропозиції. Оптимізація способу годування шляхом застосування Катозалу в умовах замкнутого водозабезпечення впливає на підвищення переднерестових показників і фізіологічного статусу стерляді. Значимість бутафосфану і ціанкобаламіну при включенні до циклу трикарбонових кислот полягає в регуляції процесу глікогенолізу в печінці, що в кінцевому підсумку спрямоване на стимулювання процесу вітелогенезу. Результатом підвищення фізіологічних потенцій є переорієнтування окремих сторін метаболізму, що спостерігається у вигляді перевищення показників живої маси стерляді на 98,0 г, її абсолютного приросту на 1,96 г і є доказом ефективності використання бутафосфану та ціанкобаламіну у складі Катозала.

Виходячи з сказаного вище, можливість використання фактичного матеріалу в практиці рибоводних підприємств, що спеціалізуються на годівлі риб з метою отримання якісної харчової ікри очевидна.

STIMULATION OF OVOGENESIS IN THE STERLET IN PRE-SPHERING PERIOD

*Kozij M.S. – Doctor of Biology sciences, Professor,
State higher educational institution Petro Mohyla Black Sea National University,
kozij67@gmail.com,*

*Pichura V.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Kherson State Agrarian and Economic University,*

*Kutishchev P.S. – Ph.D. Biology, Associate Professor,
Kherson State Agrarian and Economic University,
kutishev_p@ukr.net*

The article shows the results of the injection of the complex organophosphorus preparation Catozal in the warehouse of broken combined feed on ovogenesis and pre-spawning indications of sterlet. In the optimized compound feed, rhubarb instead of glutamic acid, alanine and cysteine showed an increase of 0,9; 0,66 and 0,31 units, and lysine, methionine, isoleucine and tryptophan – significantly (by 2,04; 0,93, 1,24 and 0,68 alone. With a stimulating influx of Catozal, it was possible to reach the stabilization of the physiological status of the ribs.

The stopover of Catozal at the warehouse of pre-spawning fodder during the pre-spawning period brings in the rise of fish-water indications in sterlet. Kintseva mass of fish, yaki slowed down the optimization of pre-spawning combinations of food, outweighed the control analogue by 98,0 g, with an equivalent change in the value of the absolute increase of 1,96 g.) that concentration of gray wool protein (by 3,92 g/l)

The inclusion of butafosfan and cyancobalamin in the tricarboxylic acid cycle leads to the extinction of the lipostatic function of the liver, which increases the efficiency of the regulatory mechanisms of glycogenesis and glycogenolysis. The reorientation of other aspects of metabolism positively contributes to the stimulation of the process of oogenesis.

An indicator of the effectiveness of Catozal stagnation is the acceleration of ovocyte development from reaching the optimal value of the polarization coefficient. In the number of women's weight in female parameters, as well as significant weight in these women, Hertwig's constants, with slightly varying size and weight characteristics of females of the control group: length 61-64 cm and weight 2,09-2,2 kg, average coefficient of polarization coefficient 3, buoyant polarization 81%, which are in IV (incomplete) stage. Obviously, in females of the last group, the length is 65-66 cm and weight is 2,4-2,5 kg.

Otrimani the results of experimental studies can be used in fisheries to assess the degree of infusion of various feeds on physiological and fish breeding indicators of aquaculture objects. Tse allow virishuvati virishuvati zavdannya and at the same time know the way ahead of the problems that blame.

Keywords: sterlet, prespawn food, Catozal, butafosfan, oocyte, caviar, physiological status.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алдохин А. С., Волосников Г. И. Сравнительный анализ морфометрических показателей стерляди зимовальных ям Нижнего Иртыша. *Вестник АГТУ, Рыбное хозяйство*, 2018, Т. 4. С. 90–95.
2. Багров А. М., Бондаренко Л. Г. Технологии прудового рыбоводства. Москва: ВНИРО, 2014. 360 с.
3. Буяров В. С., Юшкова Ю. А. Эффективность применения биологически активных добавок в рыбоводстве. *Вестник ОрёлГАУ*, 2016. Т. 3(60). С. 30–39.
4. Гасанов Л. Ш., Наумова В. В. Эффективность использования комбикормов разных компаний при кормлении мальков радужной форели. Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Ульяновск: ГСХА, 2012. Т. 1. С. 89–94.
5. Егорова В. И., Наумова В. В. Ветеринарно-санитарная оценка качества и безопасности товарной стерляди, выращенной с использованием рециркуляционных технологий. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*, 2018. № 4. С. 111–116.
6. Жигин А. В. Изотова Н. В. Замкнутая система в аквакультуре – базисная инновация. *Вопросы рыбного хозяйства Беларуси*, 2015. № 31. С. 52–66.
7. Калайда М. Л., Говоркова Л. К. Методы рыбохозяйственных исследований : учебное пособие. Санкт-Петербург: Проспект науки, 2013. 288 с.
8. Киреева И. Ю. Стратегические направления развития рыбного хозяйства Украины. *Вестник АГТУ, серия: Рыбное хозяйство*, 2017. № 3. С. 42–52.
9. Куртяк Б. М., Сімонов Р. П. Ветеринарно-санітарна експертиза харчових продуктів в Україні : нормативні документи (довідник). Львів: Леонорм, 2000. 284 с.
10. Маммаев М. А., Шихшабеков М. М. Индустриальные методы культивирования стерляди (*Acipenser ruthenus*) в условиях Дагестана. *Юг России: экология, развитие*, 2017. Т. 12(3). С. 33–42.
11. Наумова В. В., Кирьянов Д. А., Свешникова. Е. В. Безопасность стерляди, выращенной в условиях УЗВ. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*, № 8. 2017. С. 81–85.
12. Подушка С. Б. Получение икры у осетровых с сохранением жизни производителей. *Научно-технический бюллетень лаборатории ихтиологии ИНЭНКО*, 1999. № 2. С. 4–19.
13. Пономарев С. В, Иванов Д. И. Осетроводство на интенсивной основе : учебник. Москва : Колос, 2009. 312 с.

14. Рубцова Т. Е., Копыленко Л. Р. Пищевая ценность икры лососевых рыб. Москва: Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов, 2009. № 1. С. 8–11.
15. Свешникова Е. В., Наумова В. В., Кирьянов Д. А. Сравнительная характеристика использования обменной энергии карпа и толстолобика. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*, 2019. № 3. С. 179–182.
16. Серёгин И. Г., Никитченко В. Е. Ветеринарно-санитарные требования при убое животных на мясо в разных странах мира. *Вестник РУДН. Серия: агрономия и животноводство*, 2018. Т. 13(1). С. 61–69.
17. Хрусталева Е. И. Курапова Т. М. Корма и кормление в аквакультуре : учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2017. 388 с.
18. Чемагин А. А. Обзор некоторых аспектов экологии стерляди (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758). *Вестник АГТУ*, 2018. Т. 2(66). С. 115–122.
19. Djikanovic V., Skoric S. Review of sterlet (*Acipenser ruthenus* L., 1758) (*Actinopterygii: Acipenseridae*) Feeding habits in the river Danube, 1694-852 river km. *Journal of Natural History*, 2014. Vol. 49(5): 411–417.
20. Lenhardt M., Prokes M. Comparative analysis of morphometric characters of juvenile starlet *Acipenser ruthenus* L. from natural population and aquaculture. *Journal of Fish Biology*, 2005. Vol. 65: 320–320.
21. Smederevac-Lalić M., Jarić I. Management approaches and aquaculture of sturgeons in the Lower Danube region countries. *Journal of Applied Ichthyology*, 2011. Vol. 27: 94–100.
22. Strelnikova A. P. Feeding of juvenile sterlet (*Acipenser ruthenus*, *Acipenseridae*) in the Danube River midstream. *Journal of Ichthyology*, 2012. Vol. 52: 85–86.

REFERENCE

1. Aldokhin A. S., Volosnikov G. I. (2018). *Sravnitel'nyy analiz morfometricheskikh pokazateley sterlyadi zimovalnykh yam Nizhnego Irtysha* [Comparative analysis of morphometric parameters of sterlet in wintering pits of the Lower Irtysh]. *Vestnik AGTU. Rybnoye khozyaystvo*, Vol. 4, pp. 90–95. DOI:10.24143/2073-5529-2018-4-90-95. [in Russian].
2. Bagrov A. M., Bondarenko L. G. (2014). *Tekhnologii prудovogo rybovodstva* [Pond fish farming technologies]. Moscow: VNIRO. [in Russian].
3. Buyarov V. S., Yushkova Yu. A. (2016). *Effektivnost primeneniya biologicheskikh aktivnykh dobavok v rybovodstve* [The effectiveness of the use of biologically active additives in fish farming]. *Vestnik OrelGAU*, Vol. 3(60), pp. 30–39. [in Russian].
4. Gasanov L. Sh., Naumova V. V. (2012). *Effektivnost ispolzovaniya kombikormov raznykh kompaniy pri kormlenii malkov raduzhnoy foreli* [Efficiency

- of using compound feeds from different companies when feeding rainbow trout fry]. *Agrarnaya nauka i obrazovaniye na sovremennom etape razvitiya: opyt. problemy i puti ikh resheniya*. Ulianovsk: GSKhA. Vol. 1, pp. 89–94. [in Russian].
5. Egorova V. I., Naumova V. V. (2018). *Veterinarno-sanitarnaya otsenka kachestva i bezopasnosti tovarnoy sterlyadi, vyrashchennoy s ispolzovaniyem retsirkulyatsionnykh tekhnologiy* [Veterinary and sanitary assessment of the quality and safety of commercial sterlet grown using recirculation technologies]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoye khozyaystvo*, no 4, pp. 111–116. [in Russian].
 6. Zhigin A. V., Izotova N. V. (2015). *Zamknutaya sistema v akvakulture – bazisnaya innovatsiya* [Closed system in aquaculture – basic innovation]. *Voprosy rybnogo khozyaystva Belarusi*, no 31, pp. 52–66. [in Russian].
 7. Kalayda M. L., Govorkova L. K. (2013). *Metody rybokhozyaystvennykh issledovaniy* [The fishery Research Methods] : manual. Sankt-Peterburg: Prospekt nauki. [in Russian].
 8. Kireyeva I. Yu. (2017). *Strategicheskiye napravleniya razvitiya rybnogo khozyaystva Ukrainy* [The strategic directions for the development of fisheries in Ukraine]. *Vestnik AGTU. Seriya: Rybnoye khozyaystvo*, no 3, pp. 42–52. [in Russian].
 9. Kurtyak B. M., Simonov R. P. (2000). *Veterinarno-sanitarna ekspertiza kharchovikh produktiv v Ukraini* [Veterinary and sanitary examination of grub products in Ukraine]: normativni dokumenti (dovidnik). Lviv: Leonorm. [in Ukrainian].
 10. Mammayev M. A., Shikhshabekov M. M. (2017). *Industrialnyye metody kultivirovaniya sterlyadi (Acipenser ruthenus) v usloviyakh Dagestana* [An industrial methods of cultivation of sterlet (*Acipenser ruthenus*) in Dagestan]. *Yug Rossii: ekologiya. Razvitiye*, Vol. 12(3), pp. 33–42. [in Russian].
 11. Naumova V. V., Kirianov D. A., Sveshnikova. E. V. (2017). *Bezopasnost sterlyadi, vyrashchennoy v usloviyakh UZV* [The safety of sterlet grown under RAS conditions]. *Vestnik Ulianovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*, no 8, pp. 81–85 [in Russian].
 12. Podushka S. B. (1999). *Polucheniye ikry u osetrovyykh s sokhraneniym zhizni proizvoditeley* [The obtaining caviar from sturgeons while saving the life of producers]. *Nauchno-tekhnicheskii byulleten laboratorii ikhtiologii INENKO*, no 2, pp. 4–19. [in Russian].
 13. Ponomarev S. V., Ivanov D. I. (2009). *Osetrovodstvo na intensivnoy osnove* [The sturgeon farming on an intensive basis] : textbook. Moscow: Kolos. [in Russian].
 14. Rubtsova T. E., Kopylenko L. R. (2009). *Pishchevaya tsennost ikry losos-evykh ryb* [The nutritional value of salmon caviar]. Moscow: Rybprom:

- tehnologii i oborudovaniye dlya pererabotki vodnykh bioresursov. no 1, pp. 8–11. [in Russian].
15. Sveshnikova E. V., Naumova V. V., Kirianov D. A. (2019). *Sravnitel'naya kharakteristika ispolzovaniya obmennoy energii karpa i tolstolobika* [The comparative characteristics of the use of the exchange energy of carp and silver carp]. *Vestnik Ulianovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*, no 3, pp. 179–182. [in Russian].
 16. Seregin I. G., Nikitchenko V. E. (2018). *Veterinarno-sanitarnyye trebovaniya pri uboie zhivotnykh na myaso v raznykh stranakh mira* [Veterinary and sanitary requirements for the slaughter of animals for meat in different countries of the world]. *Vestnik RUDN. Seriya: agronomiya i zhivotnovodstvo*, Vol. 13(1), pp. 61–69. [in Russian].
 17. Khrustalev E. I., Kurapova T. M. (2017). *Korma i kormleniye v akvakulture* [The feed and feeding in aquaculture] : textbook. Sankt-Peterburg: Lan. [in Russian].
 18. Chemagin A. A. (2018). *Obzor nekotorykh aspektov ekologii sterlyadi (Acipenser ruthenus Linnaeus, 1758)* [Review of some aspects of sterlet ecology (*Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758)]. *Vestnik AGTU*, Vol 2(66), pp. 115–122. [in Russian].
 19. Djikanovic V., Skoric S. (2014). Review of sterlet (*Acipenser ruthenus* L. 1758) (Actinopterygii: Acipenseridae) Feeding habits in the river Danube. 1694-852 river km. *Journal of Natural History*, Vol. 49(5), pp. 411–417.
 20. Lenhardt M., Prokes M. (2005). Comparative analysis of morphometric characters of juvenile starlet *Acipenser ruthenus* L. from natural population and aquaculture. *Journal of Fish Biology*, Vol. 65, pp. 320–320.
 21. Smederevac Lali M., Jari I. (2011). Management approaches and aquaculture of sturgeons in the Lower Danube region countries. *Journal of Applied Ichthyology*, Vol. 27. pp. 94–100.
 22. Strelnikova A. P. (2012). Feeding of juvenile sterlet (*Acipenser ruthenus*. Acipenseridae) in the Danube River midstream. *Journal of Ichthyology*, Vol. 52, pp. 85–86. URL: <https://doi.org/10.1134/S0032945212010110>

УДК 664.95:597.442

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.7>

МОДИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ТА ОТРИМАННЯ ЗЕРНИСТОЇ ІКРИ З ОВУЛЬОВАНОЇ ІКРИ СТЕРЛЯДІ

*Козій М.С. – д.біол.наук, професор,
Державний вищий навчальний заклад
«Чорноморський національний університет імені Петра Могили»,
kozij67@gmail.com,*

*Пічура В.І. – д.с.-г.н., професор,
Херсонський державний аграрно-економічний університет,*

*Кутищев П.С. – к.біол.наук, доцент,
Херсонський державний аграрно-економічний університет,
kutishev_p@ukr.net*

У статті науково обґрунтована і вдосконалена технологія отримання харчової зернистої ікри з овульованої ікри стерляді при забезпеченні збереження природних біологічно активних сполук і стабільності показників якості. Харчову ікру досліджено на предмет мікробіологічної, токсикологічної і токсико-біологічної безпеки. Визначена перспектива використання даних в практиці ікряного осетрівництва.

Застосування режиму термічної обробки (78°C) овульованої ікри стерляді при скороченні загального часу технологічного процесу до 1,0 хв сприяє збереженню цілісності складових харчового продукту. Ікра стерляді з УЗВ відрізнялася від аналогічного продукту від самок з природних акваторій зниженим вмістом мінеральних речовин (на 1,2%), підвищеним вмістом сухої речовини (на 8,1%), протеїну (на 7,5%) і ліпідів (на 3,7%). Даний факт вказує на зменшення обводнення продукту і придбання їм оптимальних гастрономічних якостей.

Встановлено, що білки ікри стерляді містять повний набір незамінних амінокислот, хімічний скор яких перевищує 100%, при цьому амінокислоти, що лімітує, не виявлено. Порівняльний аналіз ікри стерляді з УЗВ і стерляді з природних умов існування показав відсутність достовірних відмінностей за амінокислотним складом білків, що демонструє біологічну цінність продукту.

Застосування режиму короткочасної високотемпературної термічної обробки дозволяє забезпечити достатню безпечність харчового продукту. Встановлено відсутність в ікрі *E. coli* і дріжджів. Зміст в ікрі стерляді Pb, Cd, As і Hg достовірно нижче гранично допустимих рівнів. Сумарне значення ГХЦГ і ізомерів знаходиться в межах 0,0027 мг/кг; ДДТ і метаболітів – 0,016 мг/кг, поліхлорованих біфенілів (ПХБ) становить 0,017 мг/кг, що відповідає нормі. Відсутність змінених форм, пригнічення росту або загибелі тетрахімен підтверджує токсикологічну безпеку готового продукту. Термін придатності ікри без консерванту складає 6 місяців при температурі зберігання мінус 2°C – мінус 4°C, що параметрально відповідає вимогам ТУ У 10.2-37758242-002:2018.

Визначено перевагу вдосконаленої технології обробки ікри-сирцю над класичним методом пастеризації. Експериментально підтверджено доцільність за-

стосування альтернативної технології з метою енергозбереження та збереження традиційних органолептичних властивостей, харчової цінності та безпеки готового продукту. На підставі результатів проведених досліджень розроблено та погоджено в установленому порядку з органами і установами Держсанепіднагляду і Держстандарту технічна документація ТУ «Технологічна інструкція з виробництва ікри зерністої осетрових риб» і «Робоча інструкція з відбору ікри». Розроблена технологія апробована при виробленні дослідних партій харчової ікри стерляді, що дозволило на підприємстві «Оазис Бісан» впровадити систему менеджменту безпеки харчових продуктів і провести сертифікаційний аудит Міжнародним сертифікаційним органом TUV SUD на предмет відповідності до Міжнародного стандарту ISO 22000: 2005. У 2019 року рішенням Європейської комісії підприємство «Оазис Бісан» отримало реєстраційний номер ЄС: a-UA-14-20-121-VIII-PP, в зв'язку з чим має право на експорт продукції (ікра осетрових риб) в країни Європейського союзу.

Ключові слова: технологія, термічна обробка, пастеризація, харчова ікра, біологічна цінність, безпека, готовий продукт.

Постановка проблеми. Розвиток ікорного напрямку в осетрівництві пред'являє певні вимоги як до технологій отримання ікри від плідників, також і її подальшої обробки [4]. Загальновідомо, що основною метою розведення осетрових спочатку було виробництво риби товарних якостей [1]. Порівняно нещодавно пріоритети були переорієнтовані у напрямі отримання ікорної продукції, оскільки остання становить близько 20% від маси риби, що відповідає 90-95% всієї вартості риби [4]. У той же час, при фіксованому скороченні на міжнародному ринку частки ікри з України (як і продукції з осетрових риб загалом), внутрішній ринок країни насичений ікрою нелегального походження. Ця обставина не дозволяє задовольнити зростаючий попит на якісну делікатесну продукцію.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ікра осетрових риб є багатим природним джерелом біологічно активних речовин, що визначають в комплексі харчову цінність продукту [17]. Спроби розробити технологію отримання харчової осетрової ікри з овульованої ікри, що дозволяє забезпечити якість кінцевого продукту, робляться протягом останніх трьох десятиліть [3, 5, 7, 14]. Окремі технології, що були розроблені у цьому напрямі, дозволили протягом тривалого терміну (12 місяців) зберегти мікробіальну безпеку [6, 16]. Однак, ікра, що отримана такими способами, мала розбірливу консистенцію при ущільненій оболонці ікринок, чим поступалася традиційною за органолептичними показниками. У зв'язку з цим застосування препаратів солей бору лише частково дозволяє вирішити проблему консистенції кінцевого продукту [6].

Однак, у ряді країн боропохідні, як консерванти, заборонені FAO BООЗ через свою токсичність щодо ікри осетрових риб. Очевидно, що в цьому напрямку роботи були спрямовані на вивчення ефективності

способів посолу, що мало на меті нівелювати недоліки органолептичного характеру [13]. Певною мірою, це пов'язано з появою клейкості ікри при активуванні кортикальної реакції, що згодом ускладнює обробку і надалі не дозволяє отримати класичну сухо-розсипчасту консистенцію зернистої ікри [9].

Відомий спосіб приготування харчової ікри з овульованої ікри осетрових риб, що на менш тривалий час (6 місяців) забезпечує мікробіальну нешкідливість готового продукту [15]. Разом з тим модифікований класичний метод пастеризації дозволяє лише частково зіставити фізико-хімічні та органолептичні показники отриманого та традиційного продукту. Таким чином, прийоми, використання яких дозволяє в процесі переробки ікри, що овульовала, зберегти харчову цінність продукту і забезпечити збереження його високої якості, є недостатньо функціонуючою ланкою у виробничо-технологічному циклі ікорного осетрівництва [8]. У зв'язку з невідомістю низки питань, продовження досліджень у напрямі поліпшення якості харчової зернистої ікри є актуальним.

В Україні продукт «Ікра зерниста осетрових риб» виготовляють згідно з ГОСТ 7442:2002. Як показує практика, що лежить в основі обробки, процес пастеризації призводить до зниження споживчих якостей ікри, що проявляється у вигляді ущільнення оболонок ікринок, появи сухуватої консистенції, зміни смаку. Ринкова вартість товару у даному випадку не знижується. Аналіз спеціальної літератури дозволив встановити, що до теперішнього часу відсутня досить ефективна технологія виготовлення з ікри продукції, що овульовала, яка була б наближена до традиційної осетрової ікри за фізико-хімічними та органолептичними показниками, показниками безпеки та оптимальними термінами зберігання. Таким чином, метою цієї роботи є обґрунтування та розробка технології отримання харчової ікри стерилі, що забезпечує збереження природних біологічно активних сполук, стабільність показників якості та безпеку кінцевого продукту. Враховуючи той факт, що матеріали щодо роботи з ікрою дрібних видів осетрових риб та їх гібридних форм у періодичній літературі дуже нечисленні [6], доцільність проведення досліджень у цьому напрямі є очевидною.

Постановка завдання та методи дослідження. Робота виконувалася в рамках плану Науково-дослідних програм ДВНЗ «Херсонський аграрно-економічний університет» на тему: «Розробка та впровадження ресурсозберігаючої технології виробництва продукції рибництва як складової продовольчої безпеки України» (№ державної реєстрації 0119U005069).

В основу роботи лягли результати досліджень, проведених в осінній період 2021 р. Збір ікри здійснювався в умовах експериментального ВАТ «Оазис Бісан» від трирічних самок стерилі, середньою масою 2325 гр. Риби містилися в умовах УЗВ: обсяг кожного басейну складав 10 м³, густина посадки – 23,25 кг/м³. Температура води у басейнах була 13–15 °С.

В процесі досвіду, на окремих порціях ікри-сирцю було випробувано вплив трьох режимів у температурному діапазоні 60°C, 78°C та 85°C, з експозицією 110 хв, 1,0 хв. та 1,0 хв. відповідно. Тривалість тимчасового проміжку термічної обробки ікри в режимах № 2 та № 3 встановлювали емпірично.

При органолептичній оцінці акцентували увагу на консистенцію продукту, щільність оболонки, присутність специфічних присмаків (гострого і кислого), зміна смакових властивостей [17].

Щільність ікри аналізували на реометрі FANN RHEO VADR (FUDAN Microelectronics, Китай).

Біохімічні дослідження ікри щодо амінокислотного складу здійснювали в акредитованій науковій хімічній лабораторії рибгосподарсько-екологічного факультету Херсонського ДАЕУ, згідно з нормативними методиками «Технохімічного контролю в рибообробній промисловості» [10]. З метою попередньої підготовки зразків застосовували кислотний гідроліз у 5 М розчині HCl (110°C, 24 год), з додаванням норлейцину як зразок. Для виявлення метіоніну та цистеїну попередньо підготовлені проби піддавали окисленню 50% розчином надмурашиної кислоти. Подальший аналіз виконувався за допомогою системи рідинної хроматографії Shimadzu LC-20 Prominence (Бельгія). Для розведення досліджуваного зразка застосовували готові буферні розчини виробництва Sevko&Co (Литва). Розрахунок концентрації амінокислот здійснювали згідно зі стандартним зразком («Sykam S 500 System», Німеччина).

Мікробіологічні показники, регламентовані вимогами ДП «УкрНДНЦ» «Гігієнічні вимоги безпеки та харчової цінності харчових продуктів», визначали за нормативною документацією: кількість бактерій групи кишкових паличок (коліформних форм) – за ГОСТ 30518-97, дріжджів та цвілевих грибів – за ГОСТ 304-88. Були застосовані тест-мікроорганізми: БГКП *Escherichia coli* (музейний штам ВКМ-8-125), а також дріжджі, виділені з ікри. Розрахунок рівня необхідної летальності мікроорганізмів не проводився.

Інокуляцію ікри здійснювали суспензією вищевказаних культур заданої щільності, при значенні концентрації 1×10^6 КУО на 1,0 г продукту, у триразовій повторності. Протягом процесу термічної обробки відбирали проби ікри зі склябанок через 60, 70 і 80 хвилин, потім визначали кількість клітин *E. coli* і дріжджів 1,0 г ікри.

Визначення токсичних елементів в ікрі здійснювали згідно з ГОСТ 30178-96 «Сировина та харчові продукти. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів».

Токсико-біологічна оцінка харчової ікри проводилася за загальноприйнятою методикою [12]. У 1,5–2,0 мл свіжоприготовленого

профільтрованого гомогенату ікри занурювали в культуральне середовище з *Tetrahimena*. Суміш залишали у напівтемному місці при кімнатній температурі протягом 2 діб. У досліді вивчалася реакція інфузорій на наявність фільтрату.

Терміни придатності ікри встановлювали відповідно до вимог ТУ У 10.2-37758242-002:2018.

Отримані результати обробляли методами варіаційної статистики з використанням пакета прикладних програм Microsoft Excel з акцентуванням уваги на помилки середніх величин [11].

Виклад основного матеріалу дослідження. Поряд із розробкою технології отримання харчової ікри існує необхідність вирішення завдання її знеклеювання. Для досягнення поставленої мети нами було використано метод швидкої термічної обробки, суть якого полягає у перемішуванні попередньо промитої ікри в насиченому (85%) гарячому тузлуку. Спираючись на існуючий позитивний виробничий досвід [9], можна сказати, що практично будь-який температурно-часовий режим обробки ікри проявляє свій вплив на міцність оболонок ікринок. Нами була здійснена спроба визначення взаємозв'язку міцності оболонки і органолептичних властивостей продукту. Отримані результати відображені у таблиці 1.

Таблиця 1. Залежність органолептичних показників ікри від міцності оболонки

Режим обробки, №	Міцність оболонки, умовні одиниці	Органолептичні показники
1	44 53 31 40 42	На дні тари помітний тузлук, що відокремився. Ікринки загалом позбавлені своєї характерної округлої форми, почасті сплюснені. Оболонки ікринок дуже слабкі. Консистенція м'яка. Споживчі характеристики посередні.
2	89 87 87 88 80	Тузлук на дні тари відсутня. Ікринки мають округлу форму. Оболонки ікринок найбільш щільні. Консистенція ікри ніжна, що відповідає ікрі традиційного посолу. Споживчі характеристики оптимальні.
3	111 113 111 115 113	Ікра має округлу форму. Оболонки ікринок надто щільні, розчавлюються із зусиллям. Консистенція продукту суха, розсипчаста. Споживчі показники незадовільні.

Примітка. У режимах № 2, 3 об'єм продукту, що обробляється, становив 1500,0 г

Із даних таблиці 1 випливає, що ікринки, що піддалися обробці в режимі № 1, відрізняються низькою міцністю своїх оболонок, неоднорідністю консистенції, що підтверджується відчутним розкидом (31–53 од.)

у показаннях приладу. Така ікра внаслідок незначного тиску втрачає свою цілісність. Досягнута в режимі № 3 міцність ікринок – 111–115 ум. од. характеризує досить щільні оболонки, що також нехарактерно для продукту традиційного посолу. Ікра, оброблена в режимі № 2, добре знеклевана і без труднощів піддається подальшій обробці (рис. 1).

Завдяки досягнутим оптимальним показникам міцності (80–89 ум. од. відповідно) зберігаються показники якості: ніжність у поєднанні з розбірливістю консистенції, достатня щільність (але не твердість) оболонки, приємний смак при вмісті солі в продукті 2,8–5,0%.

Цінність продуктів харчування характеризує мінеральний та органічний склад. Встановлено, що використання короточасного способу термічної обробки в режимі № 2 дозволило зберегти складові ікри в наближенні до рівня показників ікри стерляді з природного середовища, що розглядаються як своєрідний еталон (табл. 2).

Згідно з даними представленої таблиці, за винятком Na і P, вміст Ca, K, Mg і Fe в ікрі стерляді з УЗВ і з природного довкілля практично подібно.

Певним чином, якість білка в ікрі визначається біологічною цінністю та здатністю до засвоєння, що у свою чергу залежить від вмісту та співвідношення незамінних амінокислот.

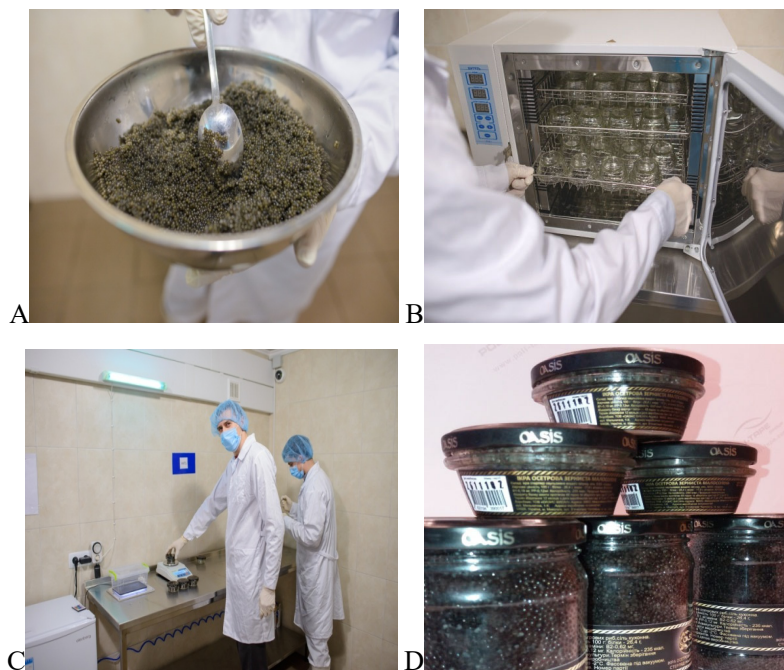


Рис. 1. Процес виробництва зернистої ікри стерляді. ВАТ «Оазис Бісан».
А–С – ікра у процесі технологічної обробки; D – готова продукція

Таблиця 2. Загальний хімічний склад ікри стерляді, % у сухій речовині

Показники	Ікра стерляді із УЗВ	Ікра стерляді із природного середовища існування
суха речовина	42,6±11,3**	52,1±10,2
протеїн	22,7±7,5*	26,8±7,1
ліпіди	12,7±4,8*	17,1±4,7
вуглеводи	2,3±0,9	2,4±0,3
минеральні речовини	3,3±0,9	4,5±1,1
зола	1,6±0,08	1,8±0,06
Елементи	Ікра стерляді із УЗВ	Ікра стерляді із природного середовища існування
Na	1511±46,3*	1630±41,7
K	76±12,3	80±13,6
Ca	53±8,5	55±7,2
Mg	35±4,4	37±5,7
P	537±21,9**	465±25,6
Fe	3,0±0,5	2,4±0,3

Примітка: *P<0,05; **P<0,01; УЗВ – власні дані; природне довкілля – «Хімічний склад харчових продуктів...» [18].

З метою визначення біологічної цінності білків ікри стерляді здійснювали підрахунок амінокислотного скоря – відношення кожної незамінної амінокислоти білка у % до вмісту цієї кислоти в ідеальному білку. Дослідження щодо визначення біологічної цінності білків були проведені на ікрі риб з УЗВ. Зіставлення отриманих даних та наявних довідкових відображені в таблиці 3.

Згідно з даними наведеної таблиці, амінокислотний склад ікри стерляді включає незамінні амінокислоти в наступних межах, г/100 г білка: треонін (4,59–4,99), цистеїн (0,53–1,04), метіонін (2,52–3,03), ізолейцин (4,16–4,53), тирозин (3,44–3,73), фенілаланін (3,99–4,03), лейцин (8,91–8,96), валін (5,12–5,15), лізин (7,64–7,82), а також замінні: аспарагінова кислота (8,80–9,21), серин (5,59–5,64), глутамінова кислота (12,96–13,16), пролін (3,79–4,33), гліцин (від 3,11–3,32), аланін (5,14–5,40), гістидин (від 1,70–2,01) та аргінін (6,19–6,28).

Кінцевими показниками, що дають право на впровадження технології у виробництво, є мікробіологічна, токсикологічна та токсико-біологічна оцінка ікри. Результати проведених мікробіологічних досліджень дозволили встановити, що *E. Coli* та дріжджі (при внесенні в ікру $1,0 \times 10^5$ кл./г та $1,0 \times 10^3$ кл./г відповідно) у підданій термообробці ікрі не виявляються.

Відповідно до існуючих вимог («Обов'язковий мінімальний перелік досліджень сировини, продукції тваринного та рослинного походження») ікра осетрових риб нормується за вмістом токсикантів неорганічного

Таблиця 3. Порівняльна характеристика амінокислотного складу та хімічного швидкого білків ікри стерляді з УЗВ та природного середовища

Амінокислоти	Шкала ФАО/ВООЗ, г/100 г ідеального білка	УЗВ		Природне середовище існування	
		А	В	А	В
незамінні					
треонін	3,4	4,99	146	4,59	135
цистеїн	2,5	1,04	101	0,53	121
метіонін	-	2,52	-	3,03	-
валін	3,5	5,12	146	5,15	147
ізолейцин	2,8	4,16	148	4,53	162
тирозин	6,3	3,44	118	3,73	123
фенілаланін	-	3,99	-	4,03	-
лейцин	6,6	8,96	135	8,91	135
лізин	5,8	7,64	132	7,82	135
замінні					
аспарагінова кислота	-	8,80	-	9,21	-
серін	-	5,59	-	5,64	-
глутамінова кислота	-	12,96	-	13,16	-
пролін	-	3,79	-	4,33	-
гліцин	-	3,32	-	3,11	-
аланін	-	5,40	-	5,14	-
гістидин	-	2,01	-	1,70	-
аргінін	-	6,28	-	6,19	-

Примітка. А – вміст амінокислоти, г/100 г білка; В – хімічний швидкий (%; згідно з довідковою шкалою ФАО/ВООЗ).

походження (миш'яку, кадмію, свинцю, ртуті) та органічного походження (поліхлорованих біфенілів, ДДТ та метаболітів (ізомерів)). Отримані в результаті відповідного аналізу показники вмісту токсикантів в стерляді ікри наведені таблиці 4.

Аналіз даних таблиці дозволяє зробити висновок, що вміст в ікри стерляді Pb, Cd, As і Hg достовірно нижче гранично допустимих рівнів, що визначені як нормативні щодо ікри осетрових риб [20].

Виходячи з факту нечисленності відомостей про вміст хлорорганічних сполук в ікри осетрових риб із штучних водойм, існує об'єктивна необхідність порівняння отриманих даних із такими ікри риб із природних акваторій [2]. Щодо хлорорганічних сполук, сумарне значення ГХЦГ та ізомерів в ікре-сирці стерляді з УЗВ знаходиться в межах 0,0027 мг/кг;

Таблиця 4. Зміст токсикантів в ікрі стерляді

Проба, №	Об'єкт	Токсичні елементи, мг/кг				Хлорорганічні сполуки, мг/кг		
		Pb	Cd	As	Hg	ГХЦГ та ізомери	ДДТ та метаболіти	ПХБ
1	ікра	0,013	0,04	0,06	0,05	0,003	0,012	0,021
2		<0,011	0,03	0,07	0,04	0,002	0,010	0,019
3		<0,012	0,03	0,08	0,05	0,003	0,011	0,016
Σ		0,012 ±0,14***	0,033 ±0,10***	0,070 ±0,23***	0,047 ±0,12***	0,0027 ±0,006***	0,016 ±0,18***	0,017 ±0,24***
максимально допустимі рівні *		1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	2,0	2,0

Примітки: *** $P < 0,001$; *стандартні показники для осетрових риб із природних акваторій.

ДДТ та метаболітів – дещо вище і становить при цьому 0,016 мг/кг. Рівень вмісту в ікре-сирці поліхлорованих біфенілів (ПХБ) становить 0,017 мг/кг.

Простий і об'єктивний тест, заснований на реакції інфузорій *Tetrahimena* на вплив факторів хімічної та біологічної природи, дозволив виявити відсутність змінених форм, пригнічення росту або загибелі тетрахімен. Присутність найпростіших у кількості $7,32 \times 10^4$ – $0,16 \times 10^4$ відповідає нормі [12].

Відповідно до вимог ТУ У 10.2-37758242-002:2018 термін придатності зернистої ікри стерляді (без консерванту) становить 6 місяців при температурі зберігання мінус 2°C – мінус 4°C.

Аналізуючи отримані результати, необхідно відзначити, що вибір способу обробки ікри стерляді та визначення оптимуму температурно-часового режиму зроблено нами не випадково. Зокрема, при пастеризації ікри-сирцю необхідно враховувати тимчасовий відрізок, що сумарно включає час попереднього прогрівання продукту в склябанку, а також власний час термообробки склябанки і харчового продукту. На початок термічної обробки температура ікри в склябанках (при дистанції між сусідніми банками – 5,0 см) становила $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$. При цьому попередньо досягнуто рівномірність прогрівання всіх рівнів і зон камери термостата. За допомогою вмонтованого в отвір кришки банки контактного термометра, в її центральній частині вимірювали температуру продукту. Спостереження за показаннями термометра дозволили виявити наступне: протягом перших 25 хвилин прогрівання температура ікри в склябанках поступово збільшується і через 62 хвилини досягає 60°C (режим № 1). Очевидно, що даний режим виконаємо в досить великому часовому відрізку, що неминуче відбивається як кінцевий продукт. Слід зазначити, що при виборі оптимального режиму обробки овульованої ікри, а також для обґрунтування його раціональності, нами були прийняті до керівництва наступні положення:

1. Овульована ікра риб практично стерильна, що підтверджується результатами мікробіологічних аналізів [6]. Однак, на різних етапах технологічного процесу кількість мікроорганізмів, що потрапили в продукт з повітря, з кров'ю та слизом збільшується, внаслідок чого обсімененість ікри багаторазово зростає (від 2030 клітин/1 г до 200-64000 клітин/1 г. Однак, після промивання гарячим насиченим розчином тузлука та стікання обсімененість ікри різко знижується – до 1×10 кл/1 г [8].

2. Згідно з режимом № 2, овульовану ікру піддають термічній обробці при температурі не нижче 78°C.

3. У прогнозі, з урахуванням порівняно невеликого відрізка часу (1,0 хв.), застосування запропонованого режиму обробки ікри не вплине на органолептичних показниках кінцевого продукту.

При розробці режимів пастеризації практично керуються фактом загибелі протягом 30-60 хвилин безспорових бактерій, що відбувається при нагріванні до 60°C [6]. Також відомо, що при досягненні значення температури 60°C, *E. Coli* гине протягом 10 хвилин або при температурі 55°C протягом 20 хвилин [8]. Таким чином, проводячи порівняльну аналогію зі стандартними температурно-часовими показниками режиму пастеризації, можна зробити висновок, що скорочення загального часу термічної обробки ікри до 1,0 хвилини (за умови попередньої стерилізації склобанок сухожаровим способом) дозволяє характеризувати пропонований режим як прискорений і водночас «щадний» щодо кінцевого продукту.

Згідно з наявними літературними даними, вміст Na в ікрі стерляді з природного довкілля досягає 5%, Ca – 3% і Fe – 15% [17, 18]. Вважається, що меншу кількість Na в ікрі стерляді з УЗВ можна пояснити низьким вмістом у ній NaCl (3,5% відповідно), що залежно від потреб ринку дозволяє збільшувати кількість Na^+ при посоле продукту.

Порівняльний аналіз довідкових даних щодо макроелементного складу ікри стерляді дозволяє зробити висновок, що остання у особин, що культивуються, трохи перевищує ікру диких риб за вмістом P, що може бути зрозуміло результатом дії споживаного корму. Загалом зазначений факт свідчить про те, що ікра стерляді з УЗВ є відмінним джерелом мінеральних компонентів.

Встановлено, що ікра стерляді містить повний набір незамінних та замінних амінокислот. Погоджуючись із довідковими даними, можна сказати, що вміст незамінних амінокислот у 100 г білків ікри стерляді вищий, ніж у еквівалентній кількості ідеального білка. Очевидно також, що достовірні відмінності в амінокислотному складі ікри білків риб з природних умов існування і УЗВ контрастно не виявляються. Разом з тим, у вмісті окремих амінокислот виявлено несуттєві відхилення, що недоцільно пов'язувати з особливостями виду. Ми безпідставно вважаємо, що вони

можуть бути пов'язані зі ступенем зрілості ікри, яка визначає зрештою амінокислотний склад білків риб на різних стадіях овогенезу.

Підсумовуючи вищевикладене, можна дійти відповідного висновку, що несуттєві відмінності в амінокислотному складі білків ікри стерляді, вирощеної в природних та індустріальних умовах, знаходять пояснення в адекватному споживанні білка з кормами при штучному утриманні риб. Отримані нами дані певною мірою узгоджуються з наявними в літературі матеріалами [5] за схожістю амінокислотного складу білків ікри при відповідному споживанні природної їжі та штучно складених кормосумішей у різних об'єктів аквакультури.

Згідно з наявними літературними даними, рівень токсикантів у гонадах риб з віком збільшується [2]. Однак, порівнюючи власні дані з токсикологічної безпеки ікри риб з УЗВ з аналогічними щодо риб з природних водоем, можна зробити висновок, що перші в екологічному відношенні найменш контаміновані. У всіх випадках значення хлорорганічних токсикантів в ікре-сирці стерляді з УЗВ нижче, ніж в ікре осетрових риб із природних акваторій [19], що додатково підтверджується високим рівнем статистичної достовірності.

Запропонований режим прискореної термічної обробки овульованої ікри стерляді повною мірою забезпечує загибель одноклітинних грибів та бактерій. Дослідження живих інфузорій у темному полі мікроскопа за методом «висячої краплі» показало відсутність у клітинах будь-яких деструктивних змін: руховий апарат та живий вміст знаходилися в межах норми. На підставі вищесказаного, згідно з регламентом ЄС 1881/2006, ЄС 2073/2005 констатується безпека готового продукту.

Висновки та пропозиції. Удосконалення технології переробки чорної ікри, зрештою, дозволяє відмовитися від традиційного режиму пастеризації. Використання технології прискореної термічної обробки ікри-сирцю дозволяє покращити якість ікряної продукції з максимальним наближенням до якості вибівної ікри. Оптимально вибраний температурно-часовий режим повною мірою забезпечує безпеку готового продукту.

Отримані фактичні дані становлять харчових технологів очевидну практичну значимість. Необхідно наголосити, що запропонована технологія отримання харчової ікри не є базовою в сучасному ікряному напрямку осетрівництва, але має власний статус в аспектах виробництва чорної ікри. У перспективі, підвищення ефективності робіт у цьому напрямі шляхом удосконалення технологічних та організаційних методів послужить передумовою легалізованого насичення споживчого ринку зернистої ікри і в принципі дозволить отримати високоякісний продукт у достатній кількості, користь якого буде потрібна в центрах реабілітаційної медицини та харчування дітей.

MODIFICATION OF THE TECHNOLOGY OF PROCESSING THAT REMOVING GRANULAR CAVIAR WITH OVULATED CAVIAR OF THE STERLET

*Kozij M. – Doctor of Biology sciences, Professor,
State higher educational institution Petro Mohyla Black Sea National University,
kozij67@gmail.com*

*Pichura V.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Kherson State Agrarian and Economic University,
Kutishchev P.S. – Ph.D. Biology, Associate Professor,
Kherson State Agrarian and Economic University,
kutishev_p@ukr.net*

The article scientifically substantiates and improves the technology of obtaining food caviar from ovulated sterlet caviar while ensuring the preservation of natural biologically active compounds and the stability of quality indicators. Food caviar was studied for microbiological, toxicological and toxico-biological safety. The prospect of using data in the practice of caviar sturgeon breeding is determined.

Application of the mode of heat treatment (78°C) of ovulated sterlet caviar while reducing the total process time to 1,0 min. contributes to the integrity of the components of the food product. Ultrasonic sterlet caviar differed from the similar product from females from natural waters by the reduced content of mineral substances (by 1,2%), the increased content of dry matter (by 8,1%), protein (by 7,5%) and lipids (by 3,7%). This fact indicates a reduction in the flooding of the product and the acquisition of optimal gastronomic qualities.

It was found that the proteins of sterlet caviar contain a complete set of essential amino acids, the chemical speed of which exceeds 100%, no limiting amino acid was detected. Comparative analysis of sterlet caviar from ultrasound and sterlet from natural living conditions showed the absence of significant differences in the amino acid composition of proteins, which demonstrates the biological value of the product.

The use of short-term high-temperature heat treatment allows to ensure sufficient food safety. The absence of *E. coli* and yeast in the caviar was established. The content of Pb, Cd, As and Hg sterlet in caviar is significantly below the maximum allowable levels. The total value of HCH and isomers is in the range of 0,0027 mg/kg; DDT and metabolites – 0,016 mg/kg, polychlorinated biphenyls (PCBS) is 0,017 mg/kg, which is normal. The absence of altered forms, growth inhibition or death of tetrachymen confirms the toxicological safety of the finished product. The shelf life of caviar without preservative is 6 months at a storage temperature of minus 2°C – minus 4°C, which parametrically meets the requirements of TU U 10.2-37758242-002: 2018.

The advantage of the improved technology of raw caviar processing over the classical method of pasteurization is determined. The expediency of using alternative technology to save energy and preserve traditional organoleptic properties, nutritional value and safety of the finished product has been experimentally confirmed. Based on the results of the research, the technical documentation of TU «Technological instructions for the production of sturgeon caviar» and «Working instructions for caviar selection» was developed and agreed in the prescribed manner with the bodies and institutions of the State Sanitary and Epidemiological Surveillance and the State Standard. The

developed technology was tested in the production of experimental batches of sterling caviar, which allowed Oasis Bisan to implement a food safety management system and conduct a certification audit by the International Certification Body TUV SUD for compliance with the International Standard ISO 22000:2005. In 2019, the European Commission, the company «Oasis Bisan» received an EU registration number: a-UA-14-20-121-VIII-PP, in connection with which it has the right to export products (sturgeon caviar) to the European Union.

Keywords: technology, heat treatment, pasteurization, food caviar, biological value, safety, finished product.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алымов Ю. В., Кокоза А. А. Влияние различных комбикормов на морфофизиологические показатели молоди русского осетра : материалы II Междунар. науч. конф. [«Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб»]. С.-Петербург, 2013.
2. Боярова М. Д., Сяпина И. Г. Хлорированные углеводороды в гидробионтах залива Петра Великого Японского моря. *Экол. химия*, 2004. № 13(2). С. 123–124.
3. Громова В. А., Копыленко Л. Р. Способ предварительной обработки икры осетровых рыб перед посолом. *Патент № 2056759 РФ*. Заявлено 20.05.1994. Опубликовано 27.03.1996. Бюл. № 3.
4. Кокоза А. А. О стандарте и некоторых других вопросах в осетроводстве. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. 2010. № 1. С. 103–106.
5. Копыленко Л. Р. Разработка и обоснование икорной продукции из овулировавшей икры осетровых рыб. *Рыб. промышленность*. 2006. № 2. С. 21–23.
6. Копыленко Л. Р. Свойства, пищевая ценность и безопасность овулировавшей икры бестера и стерляди : материалы 5-й Междунар. науч.-практ. конф. [«Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии и качество»]. Калининград: 2004. С. 660–665.
7. Копыленко Л. Р., Корязова И. Л. Научное обоснование технологии получения зернистой икры из овулировавшей икры осетровых рыб : материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. [«Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии и качество»]. Калининград. 2003. С. 169–171.
8. Копыленко Л. Р., Платонова Н. А. Проблемы качества и безопасности зернистой икры рыб. *Рыб. хозяйство*. 2011. № 5. С. 110–115.
9. Корязова И. Л., Копыленко Л. Р. Исследование влияния активности протеиназ овулировавшей икры бестера на процесс её обесклеивания. *Тр. ВНИРО*. 2004. № 143. С. 164–169.
10. Лазаревский А. А. Технохимический контроль в рыбообработывающей промышленности: монография. Москва: Пищепромиздат. 1976. 518 с.

11. Лакин Г. Ф. Биометрия. Москва: Высшая школа. 1990. 293 с.
12. Микитюк П. В. Методические рекомендации (микрометод) токсико-биологической оценки рыбы и других гидробионтов. Киев: 1987. 19 с.
13. Павельева Л. Г., Ушакова Р. Ф., Проникина А.В., Сунцова Т.А., Стынгач Е.П. Влияние консервантов на срок хранения и качество зернистой икры осетровых рыб. *Технология рыбных продуктов*. Москва: ВНИРО. 1984. С. 29–39.
14. Подушка С. Б., Брусованский Р. Б. Пищевой продукт из икры осетровых рыб. Авторское свидетельство № 1785090. Заявлено 31.08.1990. Оpubл. 27.01.2008.
15. Подушка С. Б., Брусованский Р. Б. Разработка технологии переработки овулировавшей икры осетровых. *Проблемы современного товарного осетроводства*. Астрахань : 2000. С. 141–142.
16. Подушка С. Б., Абдрахманова В. Х. Производство чёрной икры в рыбноводных хозяйствах : тезисы докл. Межд. конф. [«Научно-практический прогресс в перерабатывающих отраслях АПК»]. Москва : 1995. С. 201–202.
17. Скурихин И. М. Сафронова Т. М. Органолептическая оценка рыбной продукции: справочник. Москва : Агропромиздат. 1985. 216 с.
18. Химический состав пищевых продуктов: справочник. Кн. 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетическая ценность пищевых продуктов. Под ред. И. М. Скурихина. Москва : Агропромиздат. 1987. 224 с.
19. Gessner J., Wirth M. Caviar composition in wild and cultured sturgeons – impact of food sources on fatty acid composition and contaminant load. *J. Appl. Ichtiol.* 2002. V. 18. P. 665–672.

REFERENCES

1. Alymov Yu. V., Kokoza A. A. (2013). *Vliyanie razlichnyh kombikormov na morfofiziologicheskie pokazateli molodi russkogo osetra* [The influence of various compound feeds on the morphophysiological indicators of young Russian sturgeon]. Proceedings of the *Vosproizvodstvo estestvennyh populjacij cennyh vidov ryb: II Mezhdunar. nauch. konf.* S.-Peterburg. 143–154. [in Russian].
2. Boyarova M. D., Syasina I. G. (2004). *Hlorirovannye uglevodorody v gidrobiontah zaliva Petra Velikogo Yaponskogo moray* [Chlorinated hydrocarbons in hydrobionts of Peter the Great Bay of the Sea of Japan]. *Jekol. himija*, 13(2), 123–124. [in Russian].
3. Gromova V. A., Kopylenko L. R. (1996). *Sposob predvaritel'noj obrabotki ikry osetrovyh ryb pered posolom* [The method of preliminary pro-

- cessing of sturgeon fish caviar before the ambassador]. Patent № 2056759 RF. [in Russian].
4. Kokoza A. A. (2010). *O standarte i nekotoryh drugih voprosah v osetrovodstve* [About the standard and some other issues in sturgeon farming]. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe hozyajstvo*, no 1, 103–106. [in Russian].
 5. Kopylenko L. R. (2006). *Razrabotka i obosnovanie ikornoj produkcii iz ovulirovavshej ikry osetrovyh ryb* [Development and justification of caviar products from ovulated sturgeon caviar]. *Ryb. promyshlennost'*, no 2, 21–23. [in Russian].
 6. Kopylenko L. R. (2004). *Svoystva, pishchevaya cennost' i bezopasnost' ovulirovavshej ikry bestera i sterlyadi* [Properties, nutritional value and safety of ovulated bester and sterlet caviar]. *Proceedings of the Proizvodstvo rybnyh produktov: problemy, novye tekhnologii i kachestvo : the 5-th Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* Kaliningrad. 660–665. [in Russian].
 7. Kopylenko L. R., Koryazova I. L. (2003). *Nauchnoe obosnovanie tekhnologii polucheniya zernistoj ikry iz ovulirovavshej ikry osetrovyh ryb* [The scientific substantiation of the technology for obtaining granular caviar from ovulated sturgeon caviar]. *Proceedings of the Proizvodstvo rybnyh produktov: problemy, novye tekhnologii i kachestvo : the 4-th Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* Kaliningrad. 169–171. [in Russian].
 8. Kopylenko L. R., Platonova N. A., Hamzina A. K., Ahmerova E. A. (2011). *Problemy kachestva i bezopasnosti zernistoj ikry ryb* [Problems of quality and safety of granular fish caviar]. *Ryb. hozyajstvo*, no 5, 110–115. [in Russian].
 9. Koryazova I. L., Kopylenko L. R. (2004). *Issledovanie vliyaniya aktivnosti proteinaz ovulirovavshej ikry bestera na process eyo obeskleivaniya* [Investigation of the influence of proteinase activity of ovulated bester caviar on the process of its degluing]. *Tr. VNIRO*, no 143, 164–169. [in Russian].
 10. Lazarevskij A. A. (1976). *Tekhnokhimicheskij kontrol v ryboobrabatyvayushchej promyshlennosti* [Technochemical control in the fish processing industry] : monograph. Moscow: Pishchepromizdat. [in Russian].
 11. Lakin G. F. (1990). *Biometriya*. Moscow: Vysshaya shkola. [in Russian].
 12. Mikityuk P. V. (1987). *Metodicheskie rekomendacii (mikrometod) toksiko-biologicheskoy ocenki ryby i drugih gidrobiontov* [The guidelines (micromethod) for the toxico-biological assessment of fish and other aquatic organisms]. Kyiv. [in Russian].
 13. Pavel'eva L. G., Ushakova R. F., Pronichkina A. V., Suncova T. A., Styn-gach E. P. (1984). *Vliyanie konservantov na srok hraneniya i kachestvo zernistoj ikry osetrovyh ryb* [The influence of preservatives on the shelf life and quality of granular sturgeon caviar]. *Tekhnologiya rybnyh produktov*. Moscow : VNIRO. 29–39. [in Russian].

14. Podushka S. B., Brusovanskij R. B. (2008). *Pishchevoj produkt iz ikry osetrovyyh ryb* [Sturgeon caviar food product]. Avtorskoe svidetelstvo No 1785090. [in Russian].
15. Podushka S. B., Brusovanskij R. B. (2000). *Razrabotka tekhnologii pererabotki ovulirovavshej ikry osetrovyyh* [Development of technology for processing ovulated sturgeon caviar]. *Problemy sovremennogo tovarnogo osetrovodstva*. Astrahan. 141–142. [in Russian].
16. Podushka S. B., Abdrahmanova V. H. (1995). *Proizvodstvo chernoj ikry v rybovodnyh hozyajstvakh* [Production of black caviar in fish farms]. Proceedings of the *Nauchno-prakticheskij progress v pererabatyvayushchih otraslyah APK : Mezhd. konf.* Moscow. 201–202. [in Russian].
17. Safronova T. M. (1985). *Organolepticheskaya ocenka rybnoj produkcii. Spravochnik* [An organoleptic evaluation of fish products] : the guide. Moscow: Agropromizdat. [in Russian].
18. Skurihin I. M. (1987). *Himicheskij sostav pishchevyh produktov. Spravochnik. Kn. 1: Spravochnye tablicy sodержaniya osnovnyh pishchevyh veshchestv i energeticheskaya cennost pishchevyh produktov* [Chemical composition of food products: a guide. Reference tables for the content of essential nutrients and the energy value of foods]. Moscow: Agropromizdat. [in Russian].
19. Gessner J., Wirth M. (2002). Caviar composition in wild and cultured sturgeons – impact of food sources on fatty acid composition and contaminant load. *Appl. Ichtiol*, no 18, 665–672.

УДК 639.3.032:639.371.52

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.8>

ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЦИПРОКНИХ ПОМІСЕЙ АНТОНІНСЬКО-ЗОЗУЛЕНЕЦЬКИХ ТА ГАЛИЦЬКИХ РАМЧАСТИХ КОРОПІВ НА ПЕРШОМУ РОЦІ ЖИТТЯ

Краснопольська О.В. – аспірантка,

Куріненко Г.А. – к.с.-г.н.,

Інститут рибного господарства

Національної академії аграрних наук України

krasnopolska.o@ukr.net, annazakharenko@ukr.net

З метою вдосконалення продуктивних ознак українських порід коропа та їх внутрішньо породних типів проводиться багато генетико-селекційних робіт, які дають позитивні результати, разом з тим можуть підвищити показники виживаності, темпу росту та плодючості нащадків. Це стало однією з причин для використання реципрокного схрещування, яке дає змогу більш детально розглянути сам механізм успадкування. Галицький рамчастий короп разом з антонінсько-зозуленецьким коропом можна сміливо назвати основою українських порід завдяки своїм масивам та походженню. Саме тому для основних типів схрещувань за аналізом генетичних та екстер'єрних показників були обрані різновікові особини антонінсько-зозуленецького та галицького внутрішньопородних типів коропа чисті лінії, та їх реципрокні помісі. Нерест проводили заводським методом в умовах ТОВ «Карпатський водограй», Львівської області. Дослідження рибницько-біологічних показників виконувались, згідно з поширеними в рибництві та іхтіології методами, які застосовуються в міжнародній практиці. Результати відтворення оцінювали за репродуктивними показниками плідників, середньою масою ікринок, відсотком запліднення ікри, виходом передличинок та їхньою середньою масою. Впродовж вегетаційного періоду проводили оцінку динаміки росту цьоголіток та основні показники зимостійкості.

Відсоток запліднення під час інкубації перебував в межах 87–92%. Найвищий показник – 92%, спостерігався в схрещуванні антонінсько-зозуленецьких самиць та галицьких самців. Вихід з інкубації для дослідних помісей коливався в межах 82–86%, а для чистопорідних – 79–84%. Згідно кінцевих результатів найвищий показник індивідуальної маси тіла – 110,2 г, мали цьоголітки отримані від схрещування ♀АЗРК та ♂ГРК. Помісям даного схрещування також був притаманний найвищий показник виходу з зимівлі – 92,7%, та найнижчий показник втрати маси – 8,01%. Натомість показник виживаності цьоголіток – 85,6% та репродуктивності – 960,6 кг/га, був максимальним в нащадків чистої лінії галицького коропа.

Ключові слова: помісі, чисті лінії, реципрокні схрещування, маса, виживаність, темп росту, інкубація, цьоголітки, репродуктивність.

Постановка проблеми. Наукові дослідження, спрямовані на вдосконалення продуктивних ознак коропа, як основного об'єкта риборозведення

в аквакультурі України, шляхом схрещування представників різних структурних одиниць не лише з бажаними ознаками, а й з максимально відмінними генетичними характеристиками, є особливо актуальними [1–3]. Водночас залишається маловивченим зв'язок генетичних особливостей вихідних форм коропа з біологічними та продуктивними показниками їх нащадків. Оскільки врахування генетичних особливостей локальних стад плідників коропа дає змогу проводити схрещування, спрямовані на зниження впливу інбредної депресії у отриманих з їх участю нащадків, а також підвищує ефективність робіт генетико-селекційного та племінного напрямів.

Разом з тим варто зазначити, що покращення ознак продуктивності, і в першу чергу підвищення темпу росту, є провідним напрямком селекції в роботах з більшістю об'єктів розведення. Для досягнення даної мети застосовують різновиди промислового схрещування, одним з яких є реципрокне схрещування. Даний тип схрещування сприяє більш глибокому аналізу механізму успадкування і прояву явища гетерозису при формуванні кількісної ознаки. Дуже часто використання цього методу в селекції називають реципрокною селекцією [4, 5].

Отже, існує доцільність виконання спеціальних досліджень зі створення племінних стад коропа першого селекційного покоління, які характеризуються поліпшеними продуктивними показниками та підвищеною резистентністю нащадків до несприятливих чинників середовища.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. *Галицький зональний масив коропа* виведено методом відтворюючого схрещування місцевих безпородних галицьких коропів, стада яких залишилися в декількох рибницьких господарства західної України та галиційських коропів завезених на територію України з Польщі в 90-х роках минулого століття. Коропи аборигенного галицького масиву були застосовані в селекції українських порід коропа, від яких у подальшому виділились інші структурні типи українських порід. Вони представлені однією рамчастою формою. Отже, цей тип завдяки своєму масиву та враховуючи історію створення разом з антонінсько-зозуленецькими коропами, є ядром українських порід. У своїй спадковій основі коропи галицького масиву мають 50% спадкових задатків аборигенних рамчастих галицьких та 50% галиційських коропів завезених з Польщі. Галицький рамчастий короп є найбільш продуктивним і витривалим серед усіх малолускатих форм. Особливістю його екстер'єру є вкорочене тіло та високоспинність. За сприятливих умов утримання ремонтного молодняка індекс високоспинності становить дещо вище 2 одиниць. Даний тип коропа належить до відгодівельного типу з високою оплатою корму, тому під час робіт особливу увагу приділяли розробленню інтенсивної технології вирощування [6, 7].

Антонінсько-зозуленецькі коропи виведені методом відтворного схрещування місцевих безпорідних коропів Антонінського держрибзаповідника (нині ПАТ «Хмельницькрибгосп») із дзеркальними галицькими. Коропи антонінсько-зозуленецьких внутрішньопорідних типів – це типові представники українських порід коропа, від яких виділились інші структурні типи українських порід коропа. Вони представлені двома формами: лускатою та рамчастою. Ці типи завдяки своєму масиву та враховуючи історію створення, є ядром українських порід, їх еталоном. У своїй спадковій основі коропи антонінсько-зозуленецьких внутрішньопорідних типів мають 50% спадкових задатків аборигенних лускатих та 50% дзеркальних галицьких коропів.

В межах антонінсько-зозуленецьких внутрішньопорідних типів виділяються дві заводські лінії, селекція яких проводилася шляхом формування генетично ізольованих маточних стад цих коропів в різних територіальних віддалених рибних господарствах України, а саме:

- південно-західна (південно-західні області України, Племянний репродуктор – ПрАТ «Хмельницькрибгосп», Хмельницька область);
- південно-східна (центральні, східні, південні області України, господарство оригінатор ТОВ «Меркурій» (Вінницька область).

За попередні роки коропи антонінсько-зозуленецьких типів були піддані селекції на підвищення плодючості, виживаності та темпу росту. Селекцію коропа проводили за господарсько цінними ознаками (ріст, скоростиглість), вона була спрямована на створення стад із одноманітним характером зовнішнього (лускатого) покриття.

Коропи вирощені в ВАТ «Хмельницькрибгосп» та ТОВ «Меркурій» характеризувалися високими рибницько-біологічними показниками та повністю відповідали вимогам Положення про апробацію селекційних досягнень у тваринництві і бути представлені відповідним органам для розгляду та затвердження як внутрішньопорідні типи українських рамчастої та лускатої порід коропа. За результатом проведених робіт ІРГ НААН було отримано наказ (№ 21 від 06 січня, 2021 року) Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України Про затвердження антонінсько-зозуленецьких внутрішньопородних типів української рамчастої та української лускатої порід коропа.

Матеріал та методи. Дослідження проводилися в рибницькому господарстві ТОВ «Карпатський водограй», що відноситься зони Полісся. Експерименти здійснено з дотриманням вимог «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних і наукових цілей». Для основних типів схрещувань за аналізом генетичних та екстер'єрних показників були обрані різновікові особини антонінсько-зозуленецького та галицького внутрішньопородних типів коропа чисті лінії, та їх реципрокні помісі.

Маточне поголів'я утримували згідно із інструкції в селекції корокових риб [8]. Плідників було прочіповано електронними внутрішньом'язовими мітками в лівий бік під спинним плавцем.

Процес відтворення чистопорідних схрещувань і помісей реципрокних схрещувань галицьких і антоніно-зозулинецьких рамчатих коропів проводили в заводських умовах. Дослідження рибицько-біологічних показників виконувались, згідно з поширеними в рибицтві та їхтіології методами, які застосовуються в міжнародній практиці [9]. Результати відтворення оцінювали за середньою масою ікринок, відсотком запліднення ікри, виходом передличинок та їхньою середньою масою. Гетерозисний ефект за основними рибицькими показниками розраховували за перевищенням відповідного показника у помісної групи над показником вихідної материнської лінії.

Одержаний в результаті проведених експериментів цифровий матеріал піддано статистичній обробці за стандартними комп'ютерними програмами.

Виклад основного матеріалу. З метою проведення досліджень за екстер'єрними показниками були відібрані плідники галицького та антонінсько-зозуленецького внутрішньопородного типу. Середній показник маси тіла самиць використаних в нерестових умовах складав: галицьких – 8,3 кг, з межами коливань від 7,2 до 9,4 кг, антонінсько-зозуленецьких, відповідно 5,6 кг з межами коливань від 5,4 до 5,8 кг. Середній показник маси тіла галицьких самців відібраних для нересту був нижчим на 4,9% в порівнянні з показником самиць. Самці антонінсько-зозуленецького походження, навпаки за даним показником переважали на 18,8%.

Під час процесу інкубації, найвищий відсоток запліднення – 92%, було зафіксовано в схрещуванні антонінсько-зозуленецьких самиць та галицьких самців, дещо нижчі результати – 91%, були отримані від чистопорідного схрещування антонінсько-зозуленецьких колопів, в свою чергу чистопорідне схрещування галицьких коропів показало 89% запліднення, найнижчий результат – 87% був від схрещування галицьких самиць та антонінсько-зозуленецьких самців. Вихід з інкубації для дослідних помісей коливався в межах 82–86%, а для чистопорідних – 79–84%. (рис. 1).

Середній показник індивідуальної маси вільного ембріону перебував у межах 1,25–1,29 мг. Максимальним значенням даного показнику характеризувалися личинки отримані від помісі галицької самиці та антонінсько-зозуленецького самця. При цьому личинки отримані від схрещування ♀ГРК та ♂АЗРК разом з нащадками чистої лінії антонінсько-зозуленецького коропа мали найнижчий показник виживаності – 81,6 та 81,3% відповідно, за період підрощування. Максимальним значенням – 85,6% характеризувалися личинки чистої лінії галицького коропа (рис. 2).

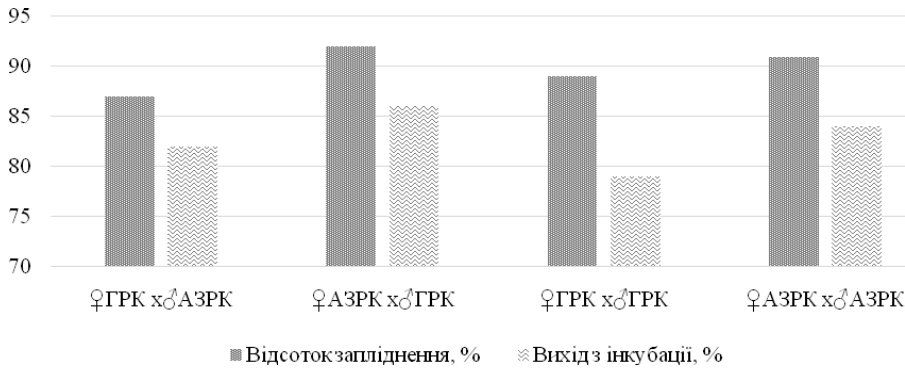


Рис. 1. Показники запліднюваності ікри галицького та антонінсько-зозуленецького внутрішньопородного типу коропа

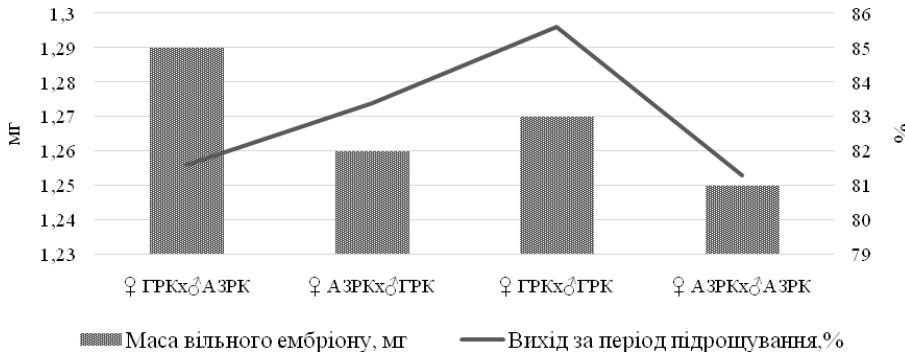


Рис. 2. Показники середньої індивідуальної маси вільного ембріону та виживаності за період підрощування

Протягом вегетаційного сезону кожні 10 днів було проведено контрольні облови, згідно яких було видно, що вищим темпом накопичення маси характеризувалися помісні особини, а чистопорідні групи відставали в рості.

Перші контрольні облови проводили в третій декаді червня, в даний час маса мальків коливалася в межах 0,95–1,3 г. Протягом липня спостерігалось активне масонакопичення, найвищі результати були в мальків від схрещування ♀ГРК та ♂АЗРК. Але вже в третій декаді липня показники масонакопичення переважали в мальків від схрещування ♀АЗРК х ♂ГРК.

За кінцевими результатами можемо спостерігати, що найвищий показник індивідуальної маси мали цьоголітки отримані від схрещування ♀АЗРК та ♂ГРК. Середня індивідуальна маса дослідних особин від схрещування ♀ГРК х ♂АЗРК становила 105,1 г, від ♀АЗРК х ♂ГРК – 119,8 г, від чистопорідних схрещувань результати були нижчими для ГРК – 90,2 г, для АЗРК – 86,3 г (рис. 3).

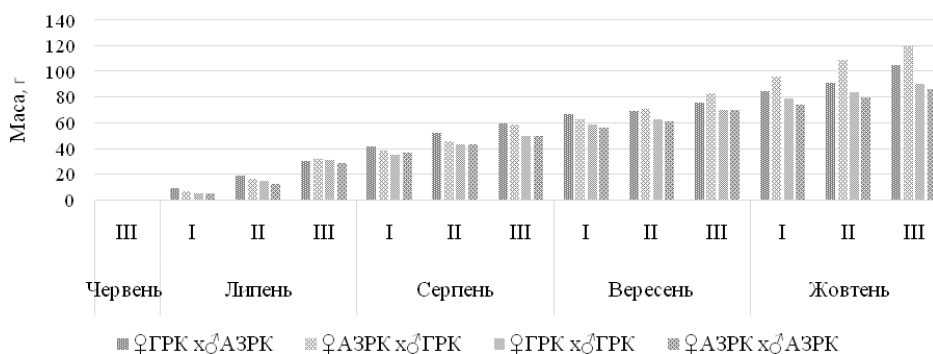


Рис. 3. Динаміка росту цьоголіток рамчастих коропів

Більш детальний аналіз був проведений під час осінніх обловів, в результаті якого розраховано показник рибопродуктивності та вихід цьоголіток. Для помісей вихід становив 45,3–46,7%, а для чистопорідних схрещувань – 63,9% для ГРК, 44,7% для АЗРК (табл. 1).

Таблиця 1. Результати вирощування дослідних цьоголіток отриманих від плідників галицького та антонінсько-зозуленецького внутрішньопородного типу коропа

Тип схрещування	Щільність посадки, екз./га	Площа ставу, га	Посаджено, тис.екз.	Виловлено, екз	Вихід, %
♀ГРК x ♂АЗРК	17000	0,12	2,0	905	45,3
♀АЗРК x ♂ГРК	17000	0,12	2,0	933	46,7
♀ГРК x ♂ГРК	17000	0,12	2,0	1278	63,9
♀АЗРК x ♂АЗРК	17000	0,12	2,0	893	44,7

Найвищий показник рибопродуктивності був зафіксований у цьоголіток від чистопорідного схрещування галицьких рамчастих коропів – 960,6 кг/га. У цьоголіток від схрещування самиць антоніно-зозулинецьких рамчастих коропів і самців галицьких рамчастих коропів та самиць галицьких рамчастих коропів і самців антоніно-зозулинецьких рамчастих коропів показники рибопродуктивності склали 931,4 кг/га та 792,6 кг/га відповідно. Найнижчі показники спостерігалися у цьоголіток від чистопорідного схрещування антоніно-зозулинецьких рамчастих коропів – 642,2 кг/га (рис. 5).

Показник виживаності за період зимівлі відповідав нормативним показникам та становив від 87,0 до 92,7%. Найвищий показник виживаності був притаманний помісям отриманим від схрещування ♀АЗРК та ♂ГРК, найнижчий – чистій лінії галицького коропа. При цьому втрати маси тіла склали від 7,5 до 12,6% від маси цьоголіток. Найнижчим значенням, як у

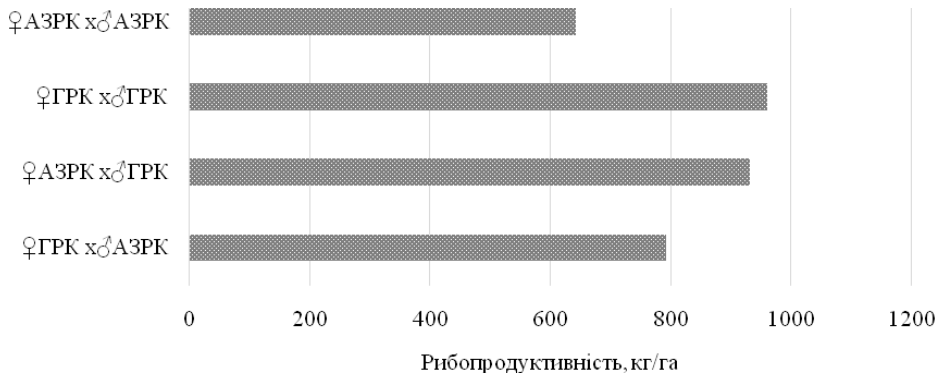


Рис. 5. Рибопродуктивність дослідних ставів

абсолютному (6,5 г) так і відносному (7,53%) значенні характеризувалися особини чистої лінії антонінсько-зозуленецького коропа (табл. 2).

Висновки і перспективи. В результаті проведених досліджень встановлено, що найвищий відсоток запліднення під час інкубації спостерігався в схрещуванні антонінсько-зозуленецьких самиць та галицьких самців і становив 92%. Натомість, максимальний показник виживаності – 85,6% був у нащадків чистої лінії галицького коропа.

Таблиця 2. Показники зимостійкості помісних однорічок галицького та антонінсько-зозуленецького внутрішньопородного типу коропа

Показники	Тип схрещування			
	♀ГРК x ♂ГРК	♀АЗРК x ♂АЗРК	♀ГРК x ♂АЗРК	♀АЗРК x ♂ГРК
Маса цьоголіток, г	90,2	86,3	105,1	119,8
Маса однорічок, г	78,8	79,8	92,96	110,2
Втрата маси:				
г	11,4	6,5	12,14	9,6
%	12,64	7,53	11,55	8,01
Посаджено цьоголіток, екз	1278	803	905	933
Виловлено однорічок, екз.	1112	718	803	865
Вихід з зимівлі, %	87,0	89,4	88,7	92,7

Середній показник індивідуальної маси тіла цьоголіток був вище нормативних значень та був в межах 86,3–119,8 г, з перевагою помісних цьоголіток на чистими лініями. Серед помісних цьоголіток перевагу за масою тіла мали нащадки отримані від схрещування ♀АЗРК та ♂ГРК, проте за показником рибопродуктивності переважали цьоголітки чистих ліній галицького коропа. Помісям від схрещування ♀АЗРК та ♂ГРК також

був притаманний найвищий показник виходу з зимівлі – 92,7%, та найнижчий показник втрати маси – 8,01%.

Отже, отримані результати дають можливість рекомендувати дані помісі як нові перспективні лінії для промислового вирощування в зоні Полісся України.

CHARACTERISTICS OF RECIPROCAL MIXTURES OF ANTONINA-ZOZULENETSKY AND GALITIC FRAMED CARP IN THE FIRST YEAR OF LIFE

Krasnopol'ska O.V. – Postgraduate Student,

Kurinenko H.A. – Candidate of Agricultural Sciences

Institute of Fisheries of the National Academy of Sciences of Ukraine

krasnopol'ska.o@ukr.net, annazakharenko@ukr.net

In order to improve the productive characteristics of Ukrainian carp breeds and their intrabreed types, many genetic and selection works are carried out, which give positive results, at the same time, they can increase the indicators of survival, growth rate and fertility of offspring. This became one of the reasons for the use of reciprocal crossing, which makes it possible to examine the mechanism of inheritance in more detail. The Galician frame carp, together with the Antonina-Zozulenets carp, can be safely called the basis of Ukrainian breeds due to their massifs and origin. That is why for the main types of crossings, according to the analysis of genetic and exterior indicators, individuals of different ages of the Antonine-Zozulenetsky and Galician intrabreed types of carp, pure lines, and their reciprocal crosses were chosen. Spawning was carried out by the factory method in the conditions of LLC «Karpatsky Vodogray», Lviv region. Studies of fishery and biological indicators were carried out in accordance with methods common in fish farming and ichthyology, which are used in international practice. The results of reproduction were evaluated by the reproductive indicators of broodstock, the average weight of eggs, the percentage of egg fertilization, the yield of prelarvae and their average weight. During the growing season, the growth dynamics of this summer and the main indicators of winter hardiness were evaluated.

The percentage of fertilization during incubation was within 87–92%. The highest indicator – 92%, was observed in the crossbreeding of Antonina-Zozulenets females and Galician males. The yield from incubation for experimental hybrids ranged from 82 to 86%, and for purebreds from 79 to 84%. According to the final results, the highest indicator of individual body weight – 110.2 g – was obtained from the crossing of ♀AZRK and ♂GRK. Crossbreeds of this crossing also had the highest rate of exit from wintering – 92.7%, and the lowest rate of weight loss – 8.01%. On the other hand, the survival rate of this year's fish – 85.6% and fish productivity – 960.6 kg/ha, was the maximum among the descendants of the pure line of Galician carp.

Keywords: hybrids, pure lines, reciprocal crosses, weight, survival, growth rate, incubation, yearlings, fish productivity.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бех В. В. Схема схрещування та методичні підходи при виведенні нового типу малолускатого коропа української рамчастої породи. *Рибогосподарська наука України*. 2008. № 3. С. 76–81.
2. Шишман Г. Ф., Бех В. В., Марценюк В. П., Марценюк Н. О., Пліщ Ю. О. Оцінка гетерозису у помісних цьоголіток за схрещування внутрішньо порідних типів коропа. *Тваринництво та технології харчових продуктів*. 2019. Т. 10, № 3. С. 74–79.
3. Олешко М. О., Бех В. В., Олешко О. А., Гейко Л. М. Рибницько-біологічне оцінювання помісних коропів української селекції на першому році життя. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2020. № 1. С. 132–141.
4. Крюкова М. І., Романенко К. І. Селекція риб: конспект лекцій. О.: ОДЕКУ, 2012. 24 с.
5. Кирпичников В. С. Генетика и селекция рыб. Л.: Наука, 1987. 520 с.
6. Олексієнко О. О., Грициняк І. І. Внутрішньопорідна структура українських коропів. *Рибогосподарська наука України*. 2007. № 1. С. 21–27.
7. Томіленко В. Г., Бех В. В., Олексієнко О. О., Павліщенко В. М. Струкутуризація українських порід коропа. *Рибогосподарська наука України*. 2012. № 2. С. 83–87.
8. Бех В. В., Томиленко В. Г. Інструкція з бонітування українських порід коропа та амурського сазана. К.: Інститут рибного господарства УААН, 2006. 20 с.
9. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. Л., 1939. 246 с.

REFERENCES

1. Bekh V. V. (2008). *Skhema skhreshchuvannia ta metodychni pidkhody pry vyvedenni novoho typu maloluskatoho koropa ukrainskoi ramchastoi porody* [Crossbreeding scheme and methodical approaches in the breeding of a new type of small-scale carp of the Ukrainian frame breed]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, vol. 3, 76–81. [in Ukrainian].
2. Shyshman H. F., Bekh V. V., Martseniuk V. P., Martseniuk N. O., Plishech Yu. O. (2019). *Otsinka heterozyosu u pomisnykh tsoholitok za skhreshchuvannia vnutrishno poridnykh typiv koropa* [Evaluation of heterosis in crossbreeds of this year for crossing inbred types of carp]. *Tvarynnystvo ta tekhnolohii kharchovykh produktiv*, vol. 10, no. 3, 74–79. [in Ukrainian].
3. Oleshko M. O., Bekh V. V., Oleshko O. A., Heiko L. M. (2020). *Rybnytsko-biologichne otsiniuvannia pomisnykh koropiv ukrainskoi selektsii na pershomu rotsi zhyttia* [Fishery-biological assessment of local carp of Ukrainian selection in the first year of life]. *Tekhnolohiia vyrobnytstva i pererobky produktsii tvarynnystva*, vol. 1, 132–141. [in Ukrainian].

4. Kriukova M. I., Romanenko K. I. (2012). *Selektsiia ryb: konspekt lektsii* [Fish breeding: a summary of lectures]. Odesa : ODEKU. [in Ukrainian].
5. Kyrpychnikov V. S. (1987). *Henetyka i selektsiia ryb* [Fish genetics and breeding]. Leningrad: Nauka. [in Russian].
6. Oleksienko O. O., Hrytsyniak I. I. (2007). *Vnutrishnoporidna struktura ukrainskykh koropiv* [Intraspecific structure of Ukrainian carp]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, no. 1, 21–27. [in Ukrainian].
7. Tomilenko V. H., Bekh V. V., Oleksienko, O. O., Pavlishchenko V. M. (2012). *Strukturyzatsiia ukrainskykh porid koropa* [Structuring of Ukrainian carpbreeds]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, no. 2, 83–87. [in Ukrainian].
8. Bekh V. V., Tomylenko V. H. (2006). *Instruktsiia z bonituvannia ukrainskykh porid koropa ta amurskoho sazana* [Instructions for scoring Ukrainian breeds of carp and Amur carp]. Kyiv: Instytut rybnoho hospodarstva Ukrainskoi akademii ahrarnykh nauk. [in Ukrainian].
9. Pravdyn Y. F. (1939). *Rukovodstvo po izucheniiu ryb* [Guide to the study of fish]. Leningrad. [in Russian].

УДК 639.3.06

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.9>

ТЕОРІЯ ТА МЕТОДОЛОГІЯ АКВАКУЛЬТУРНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ

Кухарець С.М. – д.т.н., професор,

Овдійок В.М. – аспірант,

Овдійок О.М. – к.е.н., доцент,

Поліський національний університет, м. Житомир

kikharets@gmail.com, 96534v@gmail.com, 7992750@gmail.com

Сучасне світове споживання тваринного білка включає до 17% водних гідробіонтів. Найбільшими світовими виробниками об'єктів аквакультури є Китай, Індія, Таїланд, Норвегія та США. До 77,7% продукції марикультури країни Азії, в тому числі Китай та Японія. На сьогодні основними популярними об'єктами марикультури є мідії, устриці, екзотичні перли, морські водорості та різновиди морської риби. Лідерами прісноводної аквакультури є країни Європи, в т.ч. і Україна.

Так, враховуючи, що на сьогодні зростає потреба у продуктах харчування, а сучасний Світовий океан неспроможний сповна забезпечити людство гідробіонтами, розпочала інтенсивно розвиватися аквакультура. А від так, зростає роль промислового вирощування аквакультури із застосування як морського (марикультура) так і прісноводного напрямку.

В результаті проведеного дослідження було доповнено та уточнено сутність та класифікації сучасних понять існуючих систем та технологій аквакультури.

Варто зазначити, що за останні пів століття відбувся швидкий розвиток аквакультури від сімейних ставкових ферм до складних високотехнологічних систем вирощування об'єктів аквакультури в промислових масштабах, орієнтованих на експорт, зокрема в частині застосування установок замкнутого типу. Перевагами застосування УЗВ є зовнішня ізоляція від природних джерел водних систем, відсутність контакту із дикими гідробіонтами, що відповідно сприяє збереженню першопочаткового генотипу об'єкту та забезпечує сталість екології водної екосистеми. З цією метою застосовуються технології індустріальної та пасовищної аквакультури.

Встановлено, що інтенсифікація ставкової аквакультури значно підвищує рибопродуктивність в рази та може сягати до 200 т/га при вирощуванні риб у садках та басейнах та 1500 т/га рециркулярних аквакультурних системах (РАС). Інтенсифікація рибництва в УЗВ досягається за рахунок оптимального балансу води для росту риби та високою щільністю її посадки; та застосування відповідної системи фільтрації води.

Ключові слова: аквакультура, марикультура, УЗВ, РАС, гідробіонти, система фільтрації.

Постановка проблеми. На сьогодні в Світовому океані та вітчизняних водоймах залишилась досить малі запаси об'єктів аквакультури, в тому числі риби. Як свідчать світові дослідження водних біоресурсів,

сучасний промисел виловив до 30%, та зробив непридатним до використання значні території акваторій. Отже, світовому співтовариству варто невідкладно прийняти ряд заходів щодо боротьби із загрозами, які набули глобальних масштабів в океанах, морях, річках тощо.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблематикою вирощування риби у замкнених системах займається ряд зарубіжних та вітчизняних науковців та практиків, таких як С. Спотт [11], Ю. Шарило, Н. Вдовенко, М. Федоренко [12], С. Крепич, О. Сінкевич, І. Співак [9], А. Семенов, Т. Сахно [10] та інші. Зокрема, Якоб Брайнбалле з компанії «AKVA group» в області аквакультури з використанням УЗВ працює більше 30 років [4]. Так, особливостям розробки та аналізу схем установки замкнутого водопостачання для продукції аквакультури, присвячені праці Г. Голуба та С. Кухарця [5]. Зокрема, особливостями рециркуляційних аквакультурних систем були присвячені праці: А. Андрющенко, Н. Вовк [1], Р. Кононенко та П. Шевченка П. [8], І. Дітріха [6] та інші. Таким чином, індустріалізації та інтенсифікація процесів в аквакультурі, потребує постійного удосконалення, зокрема в частині збереження навколишнього середовища та забезпечення продовольчої безпеки, і не втрачає своєї актуальності.

Формулювання цілей. Метою дослідження є уточнення сутності та класифікації поняття систем та технологій аквакультури, та визначення особливостей застосування сучасних РАС. До основних завдань можна віднести наступні: визначення структури світових лідерів аквакультури; уточнення сучасних існуючих класифікацій систем та технологій аквакультури.

Матеріали та методи дослідження. Методологічною основою дослідження є загальнотеоретичні методи проведення наукових досліджень, завдяки яким стає можливим вирішення проблемних наукових задач та завдань.

Виклад основного матеріалу. З метою приведення до певного балансу сучасну морську екологію та відповідно економіку, необхідно кардинально змінити підходи щодо водного промислу, змінити споживацьку концепцію людства по відношенню до Світового океану та об'єктів аквакультури.

Варто зазначити, що в середньому 17% світового споживання білка тваринного походження надходить із сектора рибного господарства та аквакультури. Із зростанням чисельності населення на планеті, згідно прогнозів, попит на рибний білок подвоїться протягом наступних 20 років. Проте, в той же час зміна клімату загрожує біорізноманіттю, призводить до зміни середовища існування та зниження продуктивності рибних господарств в природних умовах (без застосування хімічних стимуляторів росту) [8]. Отже, один із ймовірних шляхів нарощування необхідних об'ємів виробництва об'єктів аквакультури, можлива за рахунок штучного вирощування гідробионтів.

Проведемо аналіз світового ринку об'єктів аквакультури. На сьогодні в першу п'ятірку виробників входить Китай, Індія, Таїланд, Норвегія та США. Китай за рахунок аквакультури виробляє до 70% рибної продукції для світового ринку. В Індії, Таїланді та В'єтнамі акваферми допомогли вирішити проблему дефіциту тваринного білка для власного населення. В Норвегії для промислового розведення риби використовують фіорди. Так, якщо в Китаї основна ціль була наситити місцеві ринки дешевими харчами, то в Норвегії вирощують дорогі та делікатесні види – сьомга, форель, осетер на експорт. Варто зазначити, що в США аквакультура – це одна з галузей виробництва продуктів харчування, яка найбільш швидко розвивається [7].

Проаналізуємо світову структуру об'єктів аквакультури за країнами (табл. 1).

Таблиця 1. Структура лідерів світової аквакультури

Країни	Аквакультура		% в загальній світовій структурі
	морська	прісноводна	
США, Канада	Двостулкові моллюски (устриці, моллюски та мідії), гребінці, лосось, сталоголовий лосось, креветки	Короп, лосось	1,1
Країни Азії в т.ч. Китай, Японія	Мідія, устриця, перли, морські водорості, різноманітна морська риба, жовтий горбиль, <i>Ribbonfish</i> , кальмари, тріска, камбала, скумбрія	Короп, прісноводна креветка	77,7
Європа в т.ч. Франція, Італія, Іспанія, Чехія, Англія, Норвегія	Восьминоги, мідії, устриця, форель, атлантичний лосось, дорадо, райдужна форель, сібаса, Європейський тюрбо	58 видів коропів	13,2
Країни Африки в т.ч. Єгипет, Нігерія, Гана і Мадагаскар	Ракоподібні, морські водорості, моллюски, різноманітна морська риба	—	8,0
Україна*	двостулкові моллюски (гребінці, мідії, устриця, анадари, спізула), голкошкірі (морські їжаки і голотурії), ракоподібні (промислові краби, крабоїди, шрімси, чилім, рак-богомол) і макрофіти	2 види коропів, кларієві соми	—

*Україна увійшла в структуру до країн Європи.

Джерело: уточнено та доповнено [2].

Так, як свідчать дані таблиці 1, можемо спостерігати наступний розподіл світового ринку за лідерськими позиціями. Найбільша частка

в структурі припадає на країни Азії до 77,7%, де левову частку вносять Китай та Японія в частині марикультури. Вони мають досить широкий асортимент марикультури, а саме мідії, устриці, екзотичних перлів, морських водоростей, різноманітної морської риби (жовтий горбиль, *Ribbonfish*, кальмари, тріска, камбала, скумбрія) тощо. На другому місці, включаючи прісноводну аквакультуру, є країни Європи, які відзначаються розведенням більше 58 видів прісноводних коропів. США та Канада також є безумовними лідерами у вирощуванні, як марикультури, так і прісноводної аквакультури. Їх стратегічним напрямком на сьогодні є збереження навколишнього середовища та відновлення вимираючих морських видів об'єктів аквакультури. Наша країна на сьогодні також почала нарощувати та розвивати аквакультуру. До найбільш популярних в Україні об'єктів аквакультури можна віднести, а саме марикультури: двостулкові молюски (гребінці, мідії, устриці), голкошкіри (морські їжаки і голотурії), ракоподібні (промислові краби, крабоїди, шрімси, рак-богомол) і макрофіти; та прісноводні об'єкти аквакультури (2 види коропів, кларієві соми). Отже, можемо спостерігати активне зростання та розвиток аквакультури у світі.

Варто зазначити, що у зв'язку з недостатнім об'ємом необхідних сировинних ресурсів у Світовому океані для промислу, що продиктовано зростанням потреби у продуктах харчування, людство почало інтенсивно розвивати аквакультуру. За останні десятиліття минулого сторіччя ми можемо спостерігати зростання частки видобутку водних гідробіонтів. Так, видобуток об'єктів аквакультури, в порівнянні з початком 19 століття, збільшилась у декілька разів(приблизно до 50 млн. т. на рік). Таким чином, зростає роль промислового вирощування аквакультури із застосування, як морського (марикультура), так і прісноводного напрямку.

Проаналізуємо сутність поняття «аквакультура». Поняття аквакультура походить від лат. *аква*, що поєднує в собі два такі класи понять, як «вода та культура» та «обробіток, розведення, вирощування». Отже, можемо стверджувати, що це специфічний вид діяльності щодо розведення і вирощування водних організмів, який знаходиться під повним або частковим контролем людини. Метою такої діяльності є отримання товарної продукції, збереження та поповнення запасів гідробіонтів, сприяння покращенню екології водного середовища. Включає також теоретичні знання і наукові дослідження в цій галузі. Термін виник у 1970-х роках у зв'язку з початком промислового виробництва за допомогою аквакультури [8].

Розглянемо історію розвитку та становлення систем та технологій в аквакультурі. Проведемо класифікацію видів та типів систем та технологій аквакультури (табл. 2).

Історія становлення та розвитку систем і технологій вказує на швидкий розвиток типів, видів, напрямів, технологій систем ведення

Таблиця 2. Класифікація систем та технологій аквакультури

№ п/п	Напрямок	Характеристика
1.	За складністю об'єктів	– сімейні (мікросистеми) – прості системи – закриті системи – високотехнологічні системи
2.	Типи аквакультури за видом водойми	– прісноводна – морська (марикультура)
3.	Технології марикультури	– індустріальна – пасовищна
4.	Технології прісноводної аквакультури (товарне рибництво)	–
5.	Системи ведення ставкових господарств	– повносистемні ставкові господарства – повносистемні ставкові господарства – риб-розплідник – повносистемні нагульні ставкові господарства
6.	Методи виробництва ставкової аквакультури	– екстенсивний – інтенсивний

Джерело: адаптовано та узагальнено автором [1–13].

аквакультурного господарства за останні пів століття. Зародження аквакультури починалося із сімейних ставкових ферм в тропічних країнах для власного споживання до складних високотехнологічних систем таких, в яких застосовується методика інтенсифікації вирощування об'єктів аквакультури в промислових масштабах, орієнтованих на експорт.

Варто зазначити, що як правило, технології, які застосовуються в аквакультурі є досить простими і будь-які новації стосуються покращення росту, набирання товарної ваги, створення умов та кращої здатності до виживання цільового об'єкта. Спостерігаються системи відкритого та закритого типу. Основною особливістю систем відкритого типу є вирощування переважно трав'янистих та фільтруючих кормових видів риби. Проте, даний вид аквакультури займає в світі до 50% всього світового виробництва продукції аквакультури в прісноводних ставках.

Закриті системи застосовують більш високотехнологічні методи вирощування об'єктів аквакультури, зокрема складні проектування резервуарів утримання; наукові підходи до розуміння понять взаємодії між поживними речовинами та бактеріальними процесами, які відбуваються в самому резервуарі утримання. До переваг таких систем аквакультури можна віднести зовнішню ізоляцію від природних джерел водних систем, контактування із дикими гідробіотів, як результат збереження генотипу; і відповідно сталості екології водної екосистеми.

Варто зазначити, що на сьогодні є усталений механізми методика розведення культивування аквакультури, яка є характерною для двох зазначених напрямів, а саме ставкова, пасовищна та індустріальна культура.

Особливою відмінністю даної методики є те, що використовуються технології індустріальної та пасовищної аквакультури.

На сьогодні існує досить широка лінійка визначення поняття «морська аквакультура». Іноді, звичайна, але міцна садкова технологія, яка витримує важкі умови називається морською технологією, наприклад, у випадку *Ryan* (2004). Дане визначення досить часто використовується з такими видами діяльності, як розведення лосося в на пів відкритих прибережних районах. З іншої сторони, термін «морська аквакультура» відноситься в окремих випадках до нетрадиційних або ж навіть футуристичним видам морської аквакультури, або діяльності аквакультури у відкритому океані, де подібна система суттєво відрізняється від садкової технології (базується на вирощуванні цінних морських видів риб – кобія, тунець). В багатьох випадках морська технологія використовується в 40 кілометрах від берегу (Мексиканський залив в США), або в відкритих/глибинних ділянках поряд з береговою лінією. Використовувана морська аквакультура може потребувати використання структурних змін і нових технологій на всіх етапах виробництва, включаючи чищення риби.

Розглянемо класичну схему ведення морської аквакультури (рис. 1). Дана технологія передбачає застосування такої технологічної схеми: садки, сітки та причал, система харчування, судна і їх обладнання, обладнання екологічного моніторингу, система раннього попередження та електроенергія.

Так, різноманітність водойм визначило розвиток прісноводної аквакультури. В прісноводній аквакультурі (рибництві) застосовують усі три

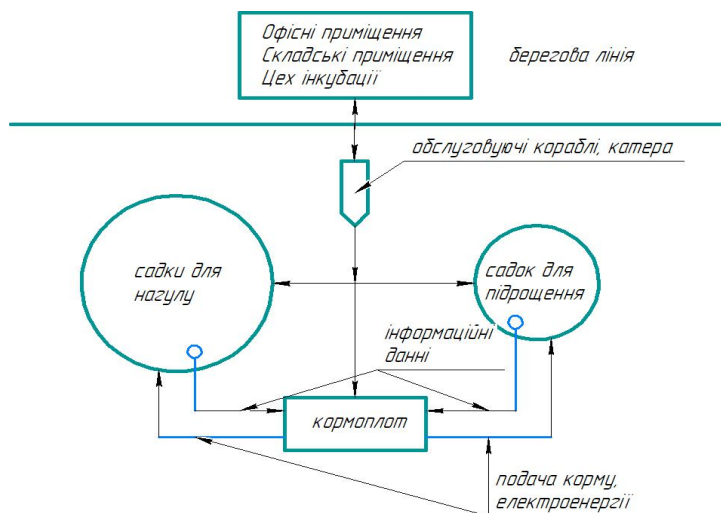


Рис. 1. Класична схема марикультурної ферми

Джерело: уточнено та доповнено автором [4, 5, 11, 12]

види товарної аквакультури (товарне рибництво). За застосовуваною біотехнікою та типами водних об'єктів товарна аквакультура поділяється на ставкову, пасовищну та індустріальну. Залежно від рибо-технічних та організаційно-економічних особливостей, а також від виробничих завдань розрізняють такі основні системи ведення ставкових рибоводних господарств:

1. Повносистемні ставкові господарства
2. Неповносистемні ставкові господарства – риборозплідники
3. Неповносистемні нагульні ставкові господарства.

У ставковій аквакультурі розрізняють господарства, використовують екстенсивний спосіб виробництва, тобто, використовують лише природну кормову базу. Інтенсифікація ставкової аквакультури дозволяє підвищити рибопродуктивність на порядок. Сучасна індустріалізація сфери аквакультури є високо-інтенсивним виробництвом, яке передбачає управління процесом вирощування гідробіонтів. Варто зазначити, що при використанні індустріальних систем, має найвищу продуктивність серед інших видів аквакультури та може сягати до 200 т/га (вирощування у садках та басейнах) та до 1500 т/га в установках замкнутого водопостачання (УЗВ). Подібний рівень досягається за рахунок високих густин посадки (100 і більше кг/м³ для тилапії, кларієвих сомів); використання сприятливого для зростання риб температурного режиму вирощування, раціонального годування та застосування високоефективних комбікормів, використання високопродуктивних порід риб.

Розглянемо приклади класичних технологій культивування аквакультури, зокрема установку замкнутого водозабезпечення (УЗВ). Установки замкнутого водозабезпечення (УЗВ), що передбачають в основі технології, що застосовується, повторне використання води. Це досягається спеціальною водопідготовкою, що включає: процеси механічної та біологічної фільтрації, дегазацію, термостатування, збагачення води киснем, УФ-дезінфекцію або озонування. Підприємства цього типу можуть бути лише закриті, оскільки тепловіддача буде досить значною, а водопідготовка пов'язані з істотними затратами. Враховуючи досить суттєві витрати на попередню водопідготовку, значний ступінь забрудненості поверхневих вододжерел (у т.ч. і з причин не пов'язаних з антропогенним забрудненням – наприклад, підвищена каламутність у період весняної та осінньої паводків), оптимальним джерелом водопостачання для таких підприємств є підземні води. Найважливішим перевагам індустріальних рибоводних систем належить швидше, проти іншими видами аквакультури, отримання продукції, високий рівень керованості її отриманням, незначна залежність від сезонного чинника. Враховуючи певну універсальність самого технологічного обладнання замкнутих систем, рибоводні установки з досить мінімальною адаптацією можуть бути використані і при переході госпо-

дарств на вирощування нових гідробіонтів, і можливості спільного культивуванні декількох видів [13].

Так, інтенсифікація рибництва в УЗВ досягається за рахунок декількох факторів. Основним є підтримка води в замкнутій системі на оптимальному для росту риби рівні. Другим фактором інтенсифікації вирощування риби в УЗВ є висока щільність посадки риби в рибоводних басейнах УЗВ, яка неможлива без примусового насичення киснем. Також варто зазначити, що інтенсивний ріст риби неможливий і без відповідного харчування. Так, за допомогою автоматичних кормороздавачів, спеціальний гранульований корм у відповідності до закладеної програми потрапляє до гідробіонтів. Процес перетворення аміаку та амонійних солей в солі азотної кислоти – нітрати, здійснюється за допомогою біологічного фільтру, який містить спеціальний субстрат, який складається з нітрофіцируючих бактерій.

Система фільтрації УЗВ також передбачає наявність бактерицидної ультрафіолетової лампи; генератор озону, які знижують рівень бактеріального забруднення води, тим самим забезпечуючи здоров'я гідробіонтам (рис. 2).

Основні відмінності системи є в конструкції та числі рибоводних басейнів, тоді як система очищення води у всіх випадках зводиться до схеми: рибоводні басейни – механічна очистка – біологічна очистка – регулювання температури – насичення розчиненим киснем – обеззараження – рибоводні басейни. Варто зазначити, що іноді деякі етапи можуть бути відсутніми, поєднуватися або мінятися місцями. А також, такі установки мають розміщуватися в добре нагрітих місцях.

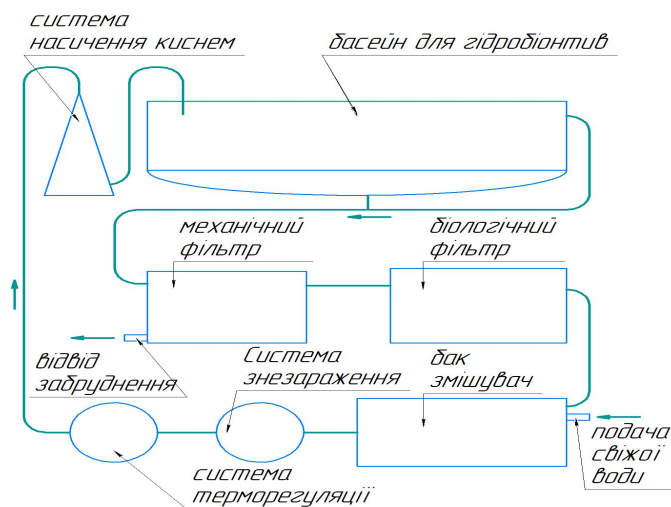


Рис. 2. Схема установки замкнутого водопостачання (УЗВ)

Джерело: уточнено та доповнено [4, 5, 11, 12].

Висновки. Отже, було встановлено, що на сьогодні до 17% світового споживання білка тваринного походження, забезпечується підприємствами сфери аквакультури. Враховуючи зростаючу потребу та обмеженість природних водних біоресурсів, набуває актуальності розвиток закритих аквакультурних систем та технологій (RAS) шляхом штучного вирощування гідробіонтів.

Перспективу подальших досліджень в даному напрямку, вбачаємо в підвищенні енергоефективності в частині зменшення енергозатрат при виробництві одиниці продукції аквакультури.

THEORY AND METHODOLOGY OF AQUACULTURE SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Kukharets S.M. – Doctor of Engineering, Professor,

Ovdiyuk V.M. – Postgraduate Student,

Ovdiyuk O.M. – Phd of Economic Sciences, Associate Professor,

Polis National University, Zhytomyr

kikharets@gmail.com, 96534v@gmail.com, 7992750@gmail.com

Modern fishing in the world has caught up to 30%, and accordingly, large areas of water areas have become unsuitable for use.

The structure of the main world leaders in aquaculture has been determined. Thus, 17% of the global consumption of protein of animal origin is provided by fisheries and aquaculture. The largest global producers of aquaculture facilities are China, India, Thailand, Norway and the USA. The leaders in the field of mariculture are the countries of Asia (77.7%) with a wide range of products – mussels, oysters, exotic pearls, seaweed, various sea fish (yellow humpback, ribbonfish, squid, cod, flounder, mackerel), etc. The second position is occupied by Canada and the USA. In Ukraine, the aquaculture sector is also quite developed – mariculture (bivalves, echinoderms, crustaceans and macrophytes; as well as freshwater aquaculture facilities. However, there is a global trend towards an increase in the need for food products, which has caused intensive development of the aquaculture sector.

The history of the development of aquaculture in the world is studied. Modern existing types of classifications of aquaculture systems and technologies according to their characteristics have been clarified and systematized. Features of the open system type is the cultivation of herbivorous and filter feeding species of fish. Closed systems are characterized by high-tech methods of growing aquaculture objects, and their advantage is external isolation from natural water sources, lack of contact with wild hydrobionts (preservation of the primary genotype), ensuring the sustainability of the ecology of the aquatic ecosystem.

The essence and classification of the concept of aquaculture systems and technologies, and the definition of the features of the application of modern RAS have been clarified.

When using intensification in pond aquaculture, there is an increase in fish productivity up to 200 t/ha, and when growing fish in cages and pools up to 1500 t/ha in

systems with circulating water supply (CWSI). Intensification of fish farming in CWSI is achieved due to optimal water balance for fish growth and high density of its planting; and the use of an appropriate water filtration system.

Keywords: aquaculture, mariculture, CWSI, RAS, hydrobionts, live wells and pools; filtration system.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андрющенко А. І., Вовк Н. І. Аквакультура штучних водойм : підручник. Ч. II. Індустріальна аквакультура. За заг. ред. А. І. Андрющенко. Київ : Мастер Принт, 2014. 586 с.
2. Арчибісова Д. С., Рижкова Г. С. Концептуальна модель розвитку марикультури в Україні та світі. *Економіка і суспільство*. 2016. Вип. 6. С. 407–413. URL: https://economyandsociety.in.ua/journals/6_ukr/70.pdf
3. Инновационные методы и технологии устойчивого развития аквакультуры в регионе Балтийского моря. Под общ. ред. Н. Барулина. Минск : Экоперспектива, 2016. 437 с.
4. Брайнбалле Я. Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Введение в новые экологические и высокопродуктивные замкнутые рыбоводные системы. Копенгаген : ЕВРОФИШ, 2010. 74 с.
5. Голуб Г. А., Завадська О. А., Кухарець В. В. Розробка блок-схем установки замкнутого водопостачання для виробництва продукції аквакультури. *Наукові горизонти*. 2019. № 5(78). С. 105–111.
6. Дітріх І. В. Тенденції і перспективи світового ринку риби та морепродуктів. *Глобальні та національні проблеми економіки* : електронне наукове фахове видання. 2014. Вип. 2. С. 62–65. URL: <http://global-national.in.ua/archive/2-2014/13.pdf>
7. За аквакультурой будущее. URL: <https://openforest.org.ua>(дата звернення: 02.08.2022).
8. Кононенко Р. В., Шевченко П. Г., Кондратюк В. М., Кононенко І. С. Інтенсивні технології в аквакультурі : навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 410 с.
9. Крепич С. Я., Сінкевич О. В., Співак І. Я. Підхід до підвищення ефективності рециркуляційних аквакультурних систем. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/39145/1/27.pdf>
10. Семенов А. О., Сахно Т. В. Метод ультрафіолетового знезараження води при вирощуванні риби в рециркуляційних аквакультурних системах. *The scientific heritage*. Будапешт, 2020. № 50. С. 53–58. URL: <http://dspace.puet.edu.ua/bitstream/123456789/9194/1/2020-53-58%20VOL%201%2C%20No%2050%20%2850%29%20%282020%29-%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B8-1-2%2C53-58.pdf>

11. Спотт С. Содержание рыбы в замкнутых системах: пер. с англ. Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 192 с.
12. Сучасна аквакультура: від теорії до практики. Практичний посібник. Ю. Є. Шарило, Н. М. Вдовенко, М. О. Федоренко, В. В. Герасимчук, Г. І. Небога, Л. А. Гайдамака, О. Б. Олійник, Н. М. Матвієнко, О. О. Деренько, І. Л. Жакун. К.: «Простобук», 2016. 149 с.
13. Технології аквакультури. URL:<http://aquacultura.org/technology/>

REFERENCES

1. Andriushchenko A. I., Vovk N. I. (2014). *Akvakultura shtuchnykh vodoim : pidruchnyk. Part II. Industrialna akvakultura* [Aquaculture of artificial ponds: a textbook. Part II. Industrial aquaculture]. Kyiv : Master Prynt. [in Ukrainian].
2. Archybisova D. S., Ryzhkova H. S. (2016). *Kontseptualna model rozvytku marykultury v Ukraini ta sviti* [Conceptual model of mariculture development in Ukraine and the world]. *Ekonomika i suspilstvo*, iss. 6, 407–413. [in Ukrainian].
3. Barulin N. (Ed.). (2016). *Innovacionnye metody i tehnologii ustojchivogo razvitiya akvakultury v regione Baltijskogo morya* [Innovative methods and technologies for the sustainable development of aquaculture in the Baltic Sea Region]. Minsk: Jekoperspektiva. [in Russian].
4. Brajnalle YA. (2010). *Rukovodstvo po akvakulture v ustanovkah zamknutogo vodosnabzheniya. Vvedenie v novye jekologicheskie i vysokoproduktivnye zamknutyje rybovodnye sistemy* [Guidelines for aquaculture in recirculating aquaculture systems. Introduction to new ecological and high-yielding closed fish-breeding systems]. Kopenhagen: EVROFISH. [in Russian].
5. Holub H. A., Zavadska O. A., Kukharets V. V. (2019). *Rozrobka blokskhem ustanovky zamknutoho vodopostachannia dlia vyrobnytstva produkt-sii akvakultury* [Development of block diagrams of a closed water supply installation for the production of aquaculture products]. *Naukovi horyzonty*, no. 5(78), 105–111. [in Ukrainian].
6. Ditrih I. V. (2014). *Tendentsii i perspektyvy svitovoho rynku ryby ta moreproduktiv* [Trends and prospects of the world market of fish and seafood]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky* (electronic journal), Iss. 2, 62–65. URL: <http://global-national.in.ua/archive/2-2014/13.pdf>. [in Ukrainian].
7. *Za akvakulturoj budushhee* [Aquaculture is the future]. URL: <https://openforest.org.ua> [in Russian].
8. Kononenko R. V., Shevchenko P. H., Kondratiuk V. M., Kononenko I. S. (2016). *Intensyvni tekhnolohii v akvakulturi: navch. posibnyk* [Intensive

- technologies in aquaculture: teaching. manual]. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury. [in Ukrainian].
9. Krepych S. Ya., Sinkevych O. V., Spivak I. Ya. *Pidkhyd do pidvyshchennia efektyvnosti retsyrkuliatsiinykh akvakulturnykh system* [An approach to increasing the efficiency of recirculating aquaculture systems]. URL: <http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/39145/1/27.pdf> [in Ukrainian].
 10. Semenov A. O., Sakhno T. V. (2020). *Metod ultrafioletovoho znezarazhennia vody pry vyroshchuvanni ryby v retsyrkuliatsiinykh akvakulturnykh systemakh* [The method of ultraviolet disinfection of water during fish cultivation in recirculating aquaculture systems]. *The scientific heritage*, no. 50, 53–58. [in Ukrainian].
 11. Spott S. (1983). *Soderzhanie ryby v zamknutykh sistemah* : per. s angl. [Keeping fish in closed systems]. Moscow : Legkaya i pishhevaya promyshlennost. [in Russian].
 12. Sharylo Yu. Ie., Vdovenko N. M., Fedorenko M. O., Herasymchuk V. V., Neboha H. I., Haidamaka L. A., Oliinyk O. B., Matviienko N. M., Derenko O. O., Zhakun I. L. (2016). *Suchasna akvakultura: vid teorii do praktyky* : prakt. posibnyk [Modern aquaculture: from theory to practice: practice. Manual]. Kyiv : Prostobuk. [in Ukrainian].
 13. *Tekhnolohii akvakultury* [Technologies of aquaculture]. URL: <http://aquacultura.org/technology/> [in Ukrainian].

УДК 639.3

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.10>

СТАН ДВОЛІТОК КОРОПОВИХ РИБ ДЛЯ ЗАРИБЛЕННЯ ВОДОЙМ ПОНИЗЗЯ ДНІПРА ЗА ГЕМАТОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Лошкова Ю.М. – к.с.-г.н., асистент,

Шевченко В.Ю. – к.с.-г.н., доцент,

Херсонський державний аграрно-економічний університет

alkhimova@ukr.net, shvchencodejerson@gmail.com

Наведено результати досліджень гематологічних показників як критерію із загального фізіологічного стану дволіток коропа (*Cyprinus carpio*), білого товстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*) і білого амура (*Stenopharyngodon idella*), як рибопосадкового матеріалу для зариблення водойм пониззя Дніпра. Отримано показники гемоглобіну, еритроцитів, лейкоцитів, швидкості осідання еритроцитів, лейкоцитарної формули, загального білку, альбуміну, креатиніну, кальцію, фосфору, тригліцеридів, холестеролу, глюкози. Проаналізовано результати отриманих показників щодо загальної оцінки фізіологічного стану дволіток коропа і рослиноїдних риб для подальшого зариблення у природні водойми пониззя Дніпра. Показники гемоглобіну коропових риб коливалися у межах від 78,80 до 90,93 г/л, кількість еритроцитів була у межах від 1,17 до 1,67 млн/мкл, лейкоцитів – від 80,67 до 91,33 тис./мкл. Швидкість осідання еритроцитів коливалася у діапазоні від 1,8 до 2,2 мм/год. Кількість лімфоцитів знаходилася у всіх видів риб на високому рівні – від 77,51% до 88,00%. Кількість моноцитів була у межах 3,91–4,83%. Кількість еозинофілів у крові коропових складала 4,14%–4,67%. Рівень загального білка у коропових складав 22,85–30,00 г/л. Рівень альбумінів був 3,08–8,03 г/л. Кількість креатиніну перебувала у межах від 0,023 до 0,052 ммоль/л. Рівень глюкози у коропових дорівнював 4,45–7,46 ммоль/л. У результаті досліджень було встановлено, що всі дволітки коропа, білого товстолобика і білого амура мали біохімічний склад м'язових тканин на рівні, який свідчить про відносно високу їх життєстійкість. Показники крові дволіток коропових знаходилися у межах допустимих величин і характеризували їх як здорових особин готових до подальшого зариблення природних водойм. Фізіологічний стан дволіток коропових риб відповідав вимогам до рибопосадкового матеріалу для зарибнення природних водойм. Досліджені показники крові знаходилися у межах допустимих величин, що свідчить про відсутність в організмі риб запальних процесів та хворобливого стану. Рибопосадковий матеріал готовий до зарибнення природних водойм і зимівлі у них та не несе загрози місцевій іхтіофауні.

Ключові слова: короп, білий товстолобик, білий амур, гематологічні показники, біохімічні показники.

Постановка проблеми. Найчутливішим і динамічним індикатором умов існування кожної живої особини є кров, оскільки зміни гематологіч-

них показників досить чітко відображають динаміку загального фізіологічного стану організму. Загальновідомо, що виконання таких функцій, як дихальна, захисна, трофічна та інші покладено на клітинні елементи крові: еритроцити, лейкоцити та тромбоцити, що передбачає можливість їх використання для діагностики фізіологічного стану риб, який є біологічною основою продуктивності [1–5].

У зв'язку з цим з метою загальної оцінки фізіологічного стану дволіток коропа, білого товстолобика і білого амура у результаті їх вирощування, готовності їх у подальшому до зимівлі у природних водоймах, а також виявлення наявності різних захворювань та запальних процесів були проведені гематологічні дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення питання гематологічних показників у риб, зокрема у коропових останнім часом набуває не аби якої цікавості та важливості серед вчених і дослідників галузі водних біоресурсів та аквакультури. Аналіз фізіолого-біохімічних показників коропо-сазанових гібридів проводили в останні роки Куць У. С., Кориляк М. З. та Куріненко Г. А, які встановили, що за однакової густоти посадки і рівних умов утримання, маса цьоголіток різних генерацій відрізнялась на 17,06 г, що становить 43%. Вміст гемоглобіну в коропо-сазанових гібридів місцевого походження був вищим на 6,3% вищим в порівнянні з коропо-сазановим гібридом з кріоконсервації. Згідно проведених досліджень видно, що отримане потомство зі статевозрілих плідників амурського сазана, отриманих з дефростованої сперми, не поступаються як за екстер'єрними так і фізіолого-біохімічним показникам гібридам місцевого походження [6].

У забезпеченні нормального функціонування організму риб важливу біологічну роль відіграє гемоглобін, який відображає фізіологічну картину організму в заданих умовах середовища вирощування. Тому вивчення показників загального та біохімічного аналізу крові є важливими [7, 8].

Цуркан Л. В., Воліченко Ю. М. та Шерман І. М. проводили дослідження еколого-гематологічних складових зимівлі цьоголітків коропа в умовах півдня України, за результатами яких було встановлено характер зміни температури повітря протягом зими, проаналізовано обмін речовин в організмі цьоголіток коропа під час зимового утримання. Надано характеристику зміни гематологічного статусу та визначено рівень і динаміку біохімічних та морфологічних показників червоної і білої крові коропа. Встановлено взаємозв'язки фізіолого-біохімічних показників з абіотичними параметрами середовища. Найбільша кількість лейкоцитів (WBC, $\times 10^3$ /л) в крові спостерігалась на початку досліджень та мала тенденцію до зменшення. Посилений глюконеогенез супроводжувався значним зниженням рівня глюкози ($p < 0,01$), що підтверджувалось значним ($p < 0,01$)

і постійним зниженням вмісту загального білка в крові. Вміст триацигліцеридів значно ($p < 0,01$) зменшився, що говорить про ліполіз при голодному обміні. Відбулось зниження вмісту рівня холестеролу ($p < 0,01$ і $p < 0,05$). Отримані результати свідчать, що зимове голодування фактично є нормою та істотно не впливає на функції організму, про що свідчить виживанність, а також життєздатність і стан риби [9].

Виходячи з вище викладеного, метою нашого дослідження було вивчення гематологічних показників дволіток коропа і рослиноїдних риб для отримання загальної оцінки їх фізіологічного стану для подальшого зариблення у природні водойми пониззя Дніпра.

Матеріали і методи дослідження. Базою для проведення досліджень виступав Херсонський виробничо-експериментальний завод по розведенню молоді частикових видів риб. Дослідження проводилися на базі виروشувальних ставів II порядку. Як експериментальний матеріал досліджень були використані дволітки коропа (*Cyprinus carpio*), білого товстолобика (*Hypophthalmichthys molitrix*) і білого амура (*Stenopharyngodon idella*) середньою масою 100–150 г, якими восени планувалося зариблення водойм пониззя Дніпра.

Проведення фізіологічних досліджень базувалося на відборі проб крові за рекомендованими методиками [10, 11]. Фізіологічний стан дволіток коропа, білого товстолобика і білого амура оцінювали за вмістом гемоглобіну, швидкістю осідання еритроцитів (ШОЕ), кількістю еритроцитів, лейкоцитів і лейкоцитарною формулою. Відбір проб крові проводили прижиттєво з зябрової артерії і хвостової вени, фіксували гепарином. При підрахунку лейкоцитарної формули формені елементи диференціювали за класифікацією Н. Т. Іванової [12], прораховували 100 клітин білої крові в центральних і дещо віддалених від бокового краю ділянках мазка під імерсійним збільшенням мікроскопа [10]. За загальноприйнятими методиками визначали концентрацію гемоглобіну (Hb), еритроцитів, лейкоцитів, швидкість осадження еритроцитів і лейкоцитарну формулу [12]. Біохімічний аналіз сироватки крові проведений на біохімічному аналізаторі HUMALYZER 3000 (Німеччина) за допомогою стандартних уніфікованих наборів.

Результати досліджень. Результати проведених гематологічних досліджень представлені в таблицях 1 і 2. Аналізуючи отримані результати, варто відмітити, що показники гемоглобіну коропових риб коливалися у межах від 78,80 до 90,93 г/л, кількість еритроцитів була у межах від 1,17 до 1,67 млн/мкл, лейкоцитів – від 80,67 до 91,33 тис./мкл. Швидкість осідання еритроцитів коливалася у діапазоні від 1,8 до 2,2 мм/год.

Аналізуючи показники лейкоцитарної формули крові дволіток коропових риб, слід відзначити, що кількість лімфоцитів, які виконують в

Таблиця 1. Гематологічні показники дволіток корокових риб

Вид риб	Гемоглобін, г/л	Еритроцити, млн/мкл	Лейкоцити, тис./мкл	Швидкість осідання еритроцитів, мм/год	Лейкоцитарна формула, %			
					моноцити	лімфоцити	еозинофіли	нейтрофіли
К*	90,93	1,67	80,67	1,8	4,12	88,00	4,14	1,23
БТ	81,67	1,33	84,67	2,2	4,83	81,33	4,36	1,47
БА	78,80	1,17	91,33	2,0	3,91	77,51	4,67	1,43

*К – коропа (*Cyprinus carpio*), БТ – білий товстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*), БА – білий амур (*Ctenopharyngodon idella*)

Таблиця 2. Біохімічний склад крові дволіток корокових риб

Вид риб	Загальний білок, г/л	Альбуміни, г/л	Креатинін, ммоль/л	Кальцій, ммоль/л	Фосфор, ммоль/л	Тригліцериди, ммоль/л	Холістерол, ммоль/л	Глюкоза, ммоль/л
К*	23,40	3,75	0,035	2,10	8,65	0,74	3,76	4,45
БТ	30,00	8,03	0,052	1,99	9,51	1,43	2,91	7,46
БА	22,85	3,08	0,023	1,94	6,49	1,42	4,06	5,39

*К – коропа (*Cyprinus carpio*), БТ – білий товстолобик (*Hypophthalmichthys molitrix*), БА – білий амур (*Ctenopharyngodon idella*)

організмі захисну функцію, знаходилася у всіх видів риб на високому рівні і була близькою: у коропа – 88,00%, у білого товстолобика – 81,33%, у білого амура – 77,51%.

Кількість моноцитів була найвищою у білого товстолобика і складала 4,83%, меншою – у коропа – 4,12% і найменшою – у білого амура – 3,91%. Кількість еозинофілів у крові коропа складала 4,14%, білого товстолобика – 4,36%, а у білого амура, у порівнянні з іншими видами, було відмічено найбільший відсоток еозинофілів, який дорівнював 4,67%.

Відсоток нейтрофілів найвищим виявився у крові білого товстолобика, складаючи 1,47%. На другому місці за вмістом нейтрофілів у крові був білий амур – 1,43%. У крові коропа нейтрофіли мали найменший відсоток у порівнянні з іншими видами риб, який дорівнював 1,23%.

Загалом, слід підкреслити, що показники гемоглобіну, еритроцитів, лейкоцитів і лейкоцитарної формули корокових риб знаходилися у межах допустимих величин [12, 13].

Аналіз результатів біохімічних параметрів сироватки крові свідчить про те, що рівень загального білка у коропа та білого амура був близьким і складав 22,85–23,40 г/л. У білого товстолобика рівень загального білка був найвищим, дорівнюючи 30,00 г/л. Рівень альбумінів у коропа та білого

амура також був близьким, складаючи 3,08–3,75 г/л, а у білого товстолобика – 8,03 г/л. Кількість креатиніну перебувала у межах від 0,023 до 0,052 ммоль/л. Рівень кальцію і фосфору у дволіток корошових риб знаходився у межах 1,94–2,10, та 6,49–9,51 ммоль/л відповідно.

Ліпідний статус вивчався на наборах з визначення холестеролу, середній рівень якого був у межах від 2,91 до 4,06 ммоль/л, де найменша кількість була характерна для білого товстолобика, а найбільша – для білого амура, та тригліцеридів, рівень яких коливався у межах 0,74–1,43 ммоль/л, де найменша кількість спостерігалася у коропа, а найбільша – у білого товстолобика.

Рівень глюкози у коропа дорівнював 4,45 ммоль/л і характеризувався найнижчим показником, у білого товстолобика – 7,46 ммоль/л, що було найвищим значенням серед досліджених дволіток корошових риб. Показники глюкози у крові білого амура були на рівні 5,39 ммоль/л.

Загалом, у результаті досліджень було встановлено, що всі дволітки коропа, білого товстолобика і білого амура незалежно від еколого-технологічних особливостей вирощування, які загалом були близькими, мали біохімічний склад м'язових тканин на рівні, який свідчить про відносно високу їх життєстійкість. При цьому, оцінюючи загалом показники крові дволіток корошових, слід відмітити, що вони знаходилися у межах допустимих величин і характеризували їх як здорових особин готових до подальшого зариблення природних водойм.

Висновки і пропозиції. Фізіологічний стан дволіток корошових риб відповідав вимогам до рибопосадкового матеріалу для зарибнення природних водойм. Дволітки корошових незалежно від еколого-технологічних особливостей вирощування, продемонстрували біохімічний склад м'язових тканин на рівні, який не викликає сумніву відносно їх життєстійкості. Досліджені показники крові знаходилися у межах допустимих величин, що свідчить про відсутність в організмі риб запальних процесів та хворобливого стану. Рибопосадковий матеріал готовий до зарибнення природних водойм і зимівлі у них та не несе загрози місцевій іхтіофауні.

CONDITION OF TWO-YEAR-OLD CARP FISHES ACCORDING TO HEMATOLOGICAL INDICATORS FOR STOCKING IN THE LOWER DNIEPER WATERS

*Loshkova Yu.M. – Candidate of Agricultural Sciences, Assistant,
Shevchenko V.Yu. – Candidate of Agricultural Science, Associate Professor;
Kherson State Agrarian and Economic University
alkhimova@ukr.net, shevchencodejerson@gmail.com*

The results of studies of hematological parameters as a criterion for the general physiological condition of two-year-old carp (*Cyprinus carpio*), white silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) as fish planting material for stocking lowland reservoirs are presented. Indicators of hemoglobin, erythrocytes, leukocytes, erythrocyte sedimentation rate, leukocyte formula, total protein, albumin, creatinine, calcium, phosphorus, triglycerides, cholesterol, glucose were obtained. The results of the obtained indicators on the general assessment of the physiological condition of biennial carp and herbivorous fish for further stocking in natural reservoirs of the lower Dnieper are analyzed. Hemoglobin indicators of carp fish ranged from 78.80 to 90.93 g/l, the number of erythrocytes ranged from 1.17 to 1.67 million/ μ l, leukocytes from 80.67 to 91.33 thousand/ μ l. The rate of erythrocyte sedimentation ranged from 1.8 to 2.2 mm/h. The number of lymphocytes was at a high level in all types of fish – from 77.51% to 88.00%. The number of monocytes was between 3.91 and 4.83%. The number of eosinophils in the blood of carp was 4.14%–4.67%. The level of total protein in carp was 22.85–30.00 g/l. The albumin level was 3.08–8.03 g/l. The amount of creatinine was in the range from 0.023 to 0.052 mmol/l. The level of glucose in carp was equal to 4.45–7.46 mmol/l. As a result of research, it was established that all two-year-old carp, white carp and white grass carp had a biochemical composition of muscle tissues at a level that indicates their relatively high viability. Blood parameters of two-year-old carp were within acceptable values and characterized them as healthy individuals ready for further stocking of natural reservoirs. The physiological state of two-year-old carp fish met the requirements for fish planting material for stocking natural reservoirs. The studied blood parameters were within the limits of permissible values, which indicates the absence of inflammatory processes and disease states in the body of the fish. Fish planting material is ready for stocking natural reservoirs and wintering in them and does not pose a threat to local ichthyofauna.

Keywords: carp, silver carp, grass carp, hematological parameters, biochemical parameters.

ЛІТЕРАТУРА

1. Крейтцманн Х. Л., Франке П. Гематологические методы исследований – вклад в диагностическую программу контроля службы здоровья рыб. Пер. с нем. Москва, 1983. 22 с.
2. Житенева Л. Д., Полтавцева Т. Г., Рудницкая О. А. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб. Ростов-на-Дону, 1989. 112 с.
3. Житенева Л. Д., Рудницкая О. А., Калужная Т. И. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб: Справочник. Ростов-на-Дону, 1997. 149 с.

4. Житенева Л. Д. Экологические закономерности ихтиогематологии. Ростов на-Дону: АзНИИРХ, 2000. 56 с.
5. Лянзберг О. В., Шерман І. М. Динаміка гематологічних показників коропових риб протягом зимового утримання. *Рибогосподарська наука України*. 2008. № 4. С. 104–107.
6. Куць У. С., Кориляк М. З., Куріненко Г. А. Аналіз фізіолого-біохімічних показників коропо-сазанових гібридів отриманих в умовах промислової гібридизації з використанням самців амурського сазана різного генезису. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. № 2. С. 171–183.
7. Тучапська А. Я., Фріштак О. М., Морміль Л. В. Динаміка показників крові молоді люблінського лускатого коропа залежно від умов вирощування. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2013. № 3(57). С. 218–221.
8. Колісник Н. П., Особа І. А., Сярий Б. Г. Динаміка вмісту гемоглобіну в крові амурського сазана, відтвореного із використанням кріоконсервованої сперми. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія «Тваринництво». 2016. Вип. 7 (30), С. 72–74.
9. Цуркан Л. В., Воліченко Ю. М., Шерман І. М. Еколого-гематологічні складові зимівлі цьоголітків коропа в умовах півдня України. *Водні біоресурси та аквакультура*. Вип. 2, 2020. С. 59–69.
10. Методические указания по проведению гематологического обследования рыб. Минсельхозпрод России. Москва, 1999. 16 с.
11. Дехтярьов П. А., Шерман І. М., Пилипенко Ю. В., Яржомбек О. О., Вовченко С. Г. Фізіологія риб: Практикум : навч. посіб. К. : Вища шк., 2001. 128 с.
12. Иванова Н. Т. Атлас клеток крови рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1999. 50 с.
13. Головина Н. А., Тромбицкий И. Д. Гематология прудовых рыб. Кишинев: Штиинца, 1989. 158 с.

REFERENCES

1. Kreitzmann H. L., Franke P. (1983). *Hematologicheskie metodi issledovaniy – vklad v diagnosticheskuyu programmy kontrolya slyzhbi zdorovya rib* [Hematological research methods – contribution to the diagnostic control program of the fish health service]. Moscow: CNIITEIRX. [in Russian].
2. Zhiteneva, L. D. Poltavtseva T. G., Rudnitskaya O. A. (1989). *Atlas normal'nykh i patologicheskii izmenennykh kletok krovi ryb* [Atlas of normal and pathologically altered fish blood cells]. Rostov-on-Don. [in Russian].
3. Zhiteneva, L. D. Rudnitskaya O. A., Kalyuzhnaya T. N. (1997). *Ekologogematologicheskije kharakteristiki nekotorykh vidov ryb*:

- spravochnik* [Ecological and hematological characteristics of some fish species: reference book]. Rostov-on-Don: Molot. [in Russian].
4. Zhyteneva L. D. (2000). *Ekolohycheskye zakonomernosti ykhtyohematolohyy* [Ecological patterns of ichthyogematology]. Rostov-on-Don: AzNYRKh. [in Russian].
 5. Lyanzberg O. V., Sherman I. M. (2008). *Dinamika hematolohichnih pokaznikov koropovih rib protyagom zimovogo periody* [Dynamics of hematological indicators of carp fish during winter maintenance. Fisheries science of Ukraine]. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, Vol. 4. 104–107. [in Ukrainian].
 6. Kuts U. S., Korylyak M. Z., Kurinenko G. A. (2020). *Analysis physiologo-biochemichnih pokaznikov koropo-sazanovix hybridiv otrimanih v ymovaxpromislovoi gibridizacii z vikoristannyam samciv amyrskogo sazana riznogo genezisys* [Analysis of physiological and biochemical indicators of carp-carp hybrids obtained under conditions of industrial hybridization using Amur carp males of different genesis]. *Aquatic bioresources and aquaculture*, Vol. 2, 171–183. [in Ukrainian].
 7. Tuchapska A. Ya. (2013). *Dynamika pokaznykiv krovi molodi liublinskoho luskatoho koropa zalezho vid umov vyroshchuvannia* [Dynamics of blood youth lyubinsky scaly carp depending on growing conditions]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Hzhyskoho*, Vol. 3, 218–221. [in Ukrainian].
 8. Kolisnyk N. P. (2016). *Dynamika vmistu hemoglobinu v krovi amurskoho sazana vidtvorenoho iz vykorystanniam kriokonservovanoi spermy* [Dynamic of hemoglobin content in the blood of amur wild carp reproduced with the use of cryopreserved sperm]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya «Tvarynnystvo»*. Vol. 7(30), 72–74. [in Ukrainian].
 9. Tsurkan L. V., Volichenko Y. M., Sherman I. M. (2020). *Ekologo-hematolohichni skladovi zimivli coholitok koropa v ymovah pivdnya Ukraini* [Ecological and hematological components of wintering of this year's carp in the conditions of southern Ukraine]. *Aquatic bioresources and aquaculture*, Vol. 2, 59–69. [in Ukrainian].
 10. *Metodicheskiye ukazaniya po provedeniyu gematologicheskogo obsledovaniya ryb* (1999). [Guidelines for hematological examination of fish]. Ministry of Agriculture of Russia. [in Russian].
 11. Dekhtyarev P. A., Sherman I. M., Pilipenko Yu. V., Yarzhombek O. O., Vovchenko S. G. (2001). *Fiziolohiya ryb: Praktikum* [Fish Physiology: Workshop]. Navchal'nyj posibnyk. Kyiv: Vyshha shkola. [in Ukrainian].
 12. Ivanova, N. T. (1999). *Atlas kletok krovi ryb* [Atlas of fish blood cells]. Moscow: Legkaja i pishhevaja promyshlennost'. [in Russian].
 13. Golovina N. A., Trombitsky I. D. (1989). *Gematologiya prudovykh ryb* [Hematology of pond fish]. Chisinau: Shtiintsa. [in Russian].

УДК 639.3:327.88(470+571)

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.11>

ІНСТРУМЕНТАРІЙ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ АКВАКУЛЬТУРИ УКРАЇНИ

¹Шарило Ю.Є. – директор,

²Вдовенко Н.М. – д.с.-г.н., професор,

¹Матійів І.Л. – провідний фахівець,

^{1,2}Коваленко Б.Ю. – провідний фахівець, асистент,

¹Бюджетна установа «Методично-технологічний центр з аквакультури»

²Національний університет біоресурсів та природокористування

bumtcaqua@gmail.com, kovalenko@it.nubip.edu.ua, nata0409@gmail.com

Дослідження на тему: «Вплив російської військової агресії на аквакультуру України» продиктоване необхідністю визначення впливу військових дій та їх наслідків на аквакультуру, фіксації руйнувань господарських об'єктів аквакультури, порівняння стану української аквакультури до початку повномасштабної військової агресії і впродовж всього терміну воєнного стану та пошуку механізмів щодо мінімізації негативних впливів на аквакультуру. Оскільки на території України вже майже століття не велися бойові дії, досвід протидії України агресії сусідньої країни, адаптації виробничої сфери аквакультури до війни неможливо переоцінити. Нажаль ми довгий час навіть не розглядали можливість виникнення війни між Україною та Російською Федерацією, тому не запроваджували заходи щодо мінімізації впливу бойових дій. Також це дослідження буде цікаве країнам Європейського Союзу, зокрема Східної Європи (особливо країнам Балтії), Середньої Азії та інших регіонів. Функціонування та проблеми аквакультури в умовах сучасних інтенсивних бойових дій є корисним не лише з точки зору напрацювання нових механізмів розвитку аквакультури, а й запровадження нових заходів з протидії негативним наслідкам військових дій. Запровадження воєнного стану в Україні має не лише негативний вплив на сферу аквакультури – в деяких аспектах відкриття нових можливостей для бізнесу. Вивчення таких аспектів може бути корисним для побудови моделі майбутньої аквакультури. Воєнний стан в Україні, загроза окупації територій, руйнування інфраструктури та бізнесових взаємодій змушує українську аквакультуру шукати нові форми та напрямки рибництва. Тому зараз слід очікувати на деяку зміну акцентів розвитку аквакультури в Україні. Дослідження проводилося шляхом опитування (анкетування) суб'єктів аквакультури. Результат опитування дав відповідь на питання: які наслідки військової агресії Росії найбільше вплинули на українську аквакультуру. Серед таких аспектів слід відмітити: руйнування ставків, гідроспоруд та виробничих будівель, зниження купівельної спроможності населення на фоні зростання цін на енергоресурси, розірвані логістичні зв'язки, перебої з кормами, кадрові проблеми. Проте більш детальний аналіз ми проведемо на початку 2023 року, коли будемо мати річні статистичні дані по аквакультурі. Серед заходів, що запропоновані як стабілізаційні для аквакультури у період війни, державна фінансова підтримка бізнесу, розвиток рибопереробної індустрії та диверсифіка-

ція системи продажів продукції, розвиток об'єднання виробників, страхування аквакультури та інші.

Ключові слова: військова агресія, воєнний стан, руйнування інфраструктури, вплив війни, суб'єкти аквакультури, анкетування.

Актуальність поставленої задачі. 24 лютого 2022 року розпочалась повномасштабна війна проти Росії проти України. Президент України В. Зеленський 24 лютого 2022 року своїм указом № 64/2022 оголосив запровадження на всій території України воєнного стану, що спричинило перебудову всього господарського життя, як нашої країни так і великої кількості країн з усього світу [1]. Наслідки військової агресії не могли не вплинути і на аквакультуру. Подорожчання пального, кормів та руйнування логістичних ланцюгів підвищило ризики спаду виробництва [2–4].

Аквакультура України зазнала збитків безпосередньо. Це і руйнування матеріально-технічної бази та виробничих потужностей, втрата працівників через мобілізацію та евакуацію з зони бойових дій, унеможливлення реалізації продукції фінансові збитки та багато інших, що потрібно оцінити [5].

Ситуація з багатьма господарствами сьогодні залишається не визначеною, що і стало причиною для досліджень проведених фахівцями Бюджетної установи «Методично-технологічний центр з аквакультури» (далі – БУ «МТЦ з аквакультури»).

Актуальність даної роботи полягає у визначенні наслідків військової агресії, встановленні проблем з якими зіштовхнулись господарства для швидкого їх нівелювання або повного усунення, що дасть можливість попередити закриття великої кількості господарств, а також слугуватиме практичним досвідом для багатьох країн, що можуть опинитись в подібній ситуації.

Матеріали і методика досліджень. Дослідження проводилося шляхом опитування суб'єктів аквакультури України. Опитування проводилось за допомогою анкети розробленої в додатку Google Форми. Називалась анкета «Вплив російської військової агресії на аквакультуру України». Посилання на опитування було розіслане суб'єктам аквакультури на електронні адреси та розміщене на офіційному сайті установи та офіційній сторінці в соціальній мережі Facebook. Ще одним способом отримати інформацію було анкетування по телефону. Для забезпечення анонімності господарств їх назви не розголошуються.

Для анкети були розроблені наступні запитання:

1. Місце знаходження підприємства (регіон).
2. В якому стані перебуває Ваше господарство на даний час?
3. Чи зазнало Ваше підприємство матеріальних збитків під час військової агресії з боку Російської Федерації.

4. Чи змушені Ви були перемістити підприємство у Західні регіони країни через воєнні дії?

5. Чи виникають складнощі із транспортуванням Вашої продукції територією України та перетинів кордонів, якщо Ви займаєтесь зовнішньоекономічними операціями?

6. Чи виникають труднощі у реалізації продукції господарства?

7. Чи є на Вашому господарстві дефіцит у кормах?

8. Чи виникла проблема в працівниках (робочій силі) у господарстві.

9. Чи є проблема з оплатою праці на господарстві?

10. Чи вплинула війна на асортимент та обсяги виробництва рибної продукції?

11. Чи вплинули військові події на ціну Вашої продукції?

12. Чи виникли на Вашому підприємстві нові витрати, або зросли існуючі?

13. Чи зіштовхнулися Ви із проблемою виробництва або закупівлі рибопосадкового матеріалу?

14. Чи сплачуєте Ви в повному обсязі обов'язкові платежі (податки, оренда, тощо)?

15. Чи плануєте скористатися фінансовою підтримкою підприємств від держави?

16. Чи була проведена інкубація?

Анкетування проводилось на територіях усіх областей України окрім тимчасово окупованих територій, а саме Донецької, Луганської, Харківської, Херсонської, Миколаївської областей, АР Крим та частини Запорізької області.

Загалом в опитуванні було зібрано інформацію від 71 суб'єкта української аквакультури різної величини, від малих господарств, що вирощують до декількох тон продукції на рік до великих з об'ємом в сотні тон і більше. Опитані господарства мали різну форму власності, напрямки ведення господарювання. Такий зріз опитаних суб'єктів аквакультури і його географія дають змогу припускати репрезентативність даного дослідження.

Отримані результати були оброблені в Microsoft Excel.

Результати досліджень та їх обговорення. Дані за результатами дослідження були оброблені та представлені нижче, окремо по кожному питанню.

1. Місце знаходження підприємства (регіон). За результатами відповідей на перше питання було оброблено та встановлено з яких регіонів України відповідали господарства. Північний регіон – 25, центральний – 18, західний – 22, та південний, без урахування окупованих територій, – 6 господарств (рис. 1).



Рис. 1. Кількість опитаних суб'єктів аквакультури за регіонами України

2. В якому стані перебуває Ваше господарство на даний час?

З усіх опитаних українських суб'єктів аквакультури, як і раніше, працюють 52%, частково – 38% і 10% господарств не працюють взагалі (рис. 2).

Разом з тим, було проаналізовано стан різних господарств по регіонах. Так на півночі 40% працює, частково працює 48% та не працює 14%. На півдні, з опитаних господарств працює на повну потужність 0%, частково працює 84%, повністю не працюють 16%. На заході 82% працюють, 9% працює частково, 9%, не працює 9%. Центр показав, що 50% з опитаних господарств працюють, 44% працюють частково, 6% припинили роботу (рис. 3).

3. Чи зазнало Ваше підприємство матеріальних збитків під час військової агресії з боку Російської Федерації? Матеріальних збитків



Рис. 2. Стан економічної активності, в якому перебуває рибницьке господарство

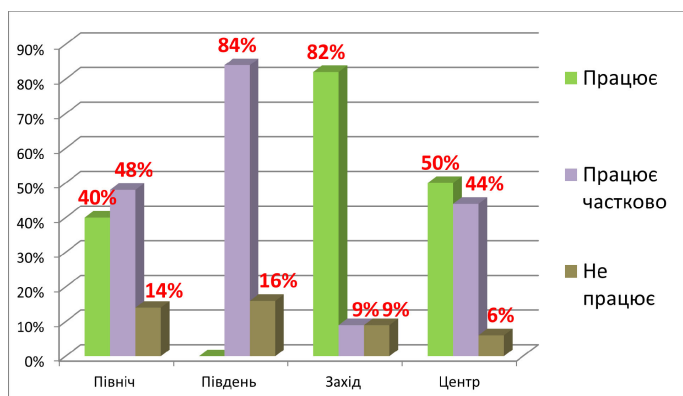


Рис. 3. Стан рибницьких господарств під час війни по регіонах

зазнали 72% господарств, 26% не зазнали матеріальних втрат та 2% не відповіли (рис. 4).

Основними проблемами, що були озвучені, це руйнування гідротехнічних споруд, ставків, через влучання снарядів, втрата виробничих будівель та безпосередньо риби.

4. Чи змушені Ви були перемістити підприємство у західні регіони країни через воєнні дії? Повністю перемістити господарство у західні регіони, з тих, хто хотів це зробити, не вдалось нікому. Одному господарству це вдалось зробити частково, ще одне почало будівництво нової ділянки у західних регіонах.

Причиною цього стало те, що перевозити господарство на нове місце без підготовлених для цього місця, ресурсів у вигляді електроенергії та водопостачання не ризикнув майже ніхто. Велика кількість господарств є ставового типу, що робить неможливий навіть теоретичний переїзд.



Рис. 4. Суб'єкти аквакультури, що зазнали матеріальних збитків під час війни

5. Чи виникають складнощі із транспортуванням Вашої продукції територією України та експортом? Що стосується логістики, то у 41% господарств з нею виникло проблем, у 32% такі проблеми виникли частково, і лише 14% її не мали; 13% не змогли відповісти на це запитання (рис. 5).

Дана проблема виникала по великому рахунку через комендантську годину та велику кількість блокувань на дорогах, що унеможливлювала перевезення в нічний час, а також ускладнювала в день, що могло призвести до псування продукції.

6. Чи виникають труднощі у реалізації продукції господарства? Труднощі в реалізації виникли у 54% респондентів, частково труднощі відчували 17% опитаних господарств; ще не було реалізації – 11%, і не виникло таких проблем всього у 10% господарств; для решти 8% це питання видалось складним (рис. 6).

Велика кількість людей вихали, в західні регіони України та закордон. Це призвело до зменшення попиту на рибу, велика кількість дрібних торгових точок позаривались, що зменшило кількість покупців риби на господарствах.

7. Чи є на Вашому господарстві дефіцит у кормах? З дефіцитом кормів зіштовхнулись 30% суб'єктів аквакультури; ще третина, а саме 33%, дефіцит у кормах на господарстві відчули частково, а 37% дефіциту в кормах як такого не відчули (рис. 7).

Дефіцит кормів стояв гостро завжди, а з початком війни він став для багатьох господарств катастрофічним. Зменшилися поставки кормів з закордону, зросли ціни на них, що унеможливило закупки кормів невеликими господарствами.

8. Чи виникла проблема в працівниках (робочій силі) у господарстві? Проблема в працівниках (робочій силі) виникла у 35% господарств, в



Рис. 5. Проблеми логістики в аквакультурі під час війни



Рис. 6. Проблеми з реалізацією продукції аквакультури під час війни



Рис. 7. Проблеми забезпечення рибними кормами під час війни

15% такі проблеми виникли частково і у 44% таких проблем не виникало; решті, а саме 6%, це питання видалось складним (рис. 8).

Дана проблема викликана міграцією людей та мобілізацією в ЗСУ, що залишило велику кількість господарств без працівників.

9. Чи є проблема з оплатою праці на господарстві? Проблеми з оплатою праці спіткали 30% господарств, частково виникли 16%, не виникли – 42%, і важко відповісти було 12% (рис. 9).

10. Чи вплинула війна на асортимент та обсяги виробництва рибної продукції? Як вже було зазначено в попередніх розділах, запитання щодо впливу повномасштабна війни на асортимент та обсяги виробництва рибної продукції пріоритетно слід розглядати в розрізі саме обся-



Рис. 8. Проблеми кадрового забезпечення під час війни



Рис. 9. Проблеми оплати праці під час війни

гів. Зменшились обсяги виробництва у зв'язку з війною у 55% опитаних, не збільшились ні в кого, обсяги не змінились у 25% господарств, і важко було відповісти на це питання 17% респондентів; частково обсяги виробництва на момент опитування знизились у 3% господарств (рис. 10)

11. Чи вплинули військові події на ціну Вашої продукції? Ситуація з ціною на продукцію наступна: у 27% ціна реалізації «на березі ставка» зросла, у 10% – знизилась, 25% господарств не помітили ніяких змін, ще у 25% господарств станом на опитування не було реалізації; для 13% опитаних це питання видалось складним (рис. 11).

12. Чи виникли на Вашому підприємстві нові витрати, або зросли існуючі? Що стосується того, чи виникли на підприємстві нові витрати або зросли існуючі, то у 76% витрати зросли, у 13% господарств



Рис. 10. Вплив війни на асортимент продукції аквакультури

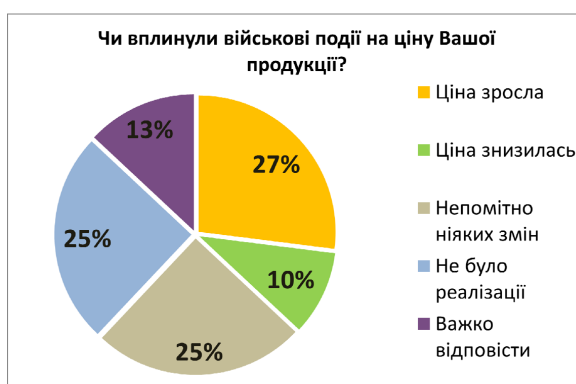


Рис. 11. Стан ціни на продукцію аквакультури під час війни

виникли нові та зросли існуючі, і лише 7% не помітили ніяких змін; для 4% це питання видалось складним для однозначної відповіді (рис. 12).

13. Чи зіштовхнулися Ви із проблемою виробництва або закупівлі рибопосадкового матеріалу? Що стосується виробництва або закупівлі РПМ (рибопосадковий матеріал), то проблем не було у 51% господарств, проблеми з реалізацією зарибку виникли у 20%, з придбанням – у 3%; не купували і не продавали РПМ 10%; самостійно вирощували РПМ 12%; решті 4% господарств це питання видалось складним (рис. 13).

14. Чи сплачуєте Ви в повному обсязі обов'язкові платежі (податки, оренда, тощо)? Обов'язкові платежі (податки тощо) в повному обсязі сплачували 77% суб'єктів аквакультури, не сплачували у зв'язку з тиском війни 13%, частково сплачували 4%, і не змогли дати відповідь 6% респондентів (рис. 14).

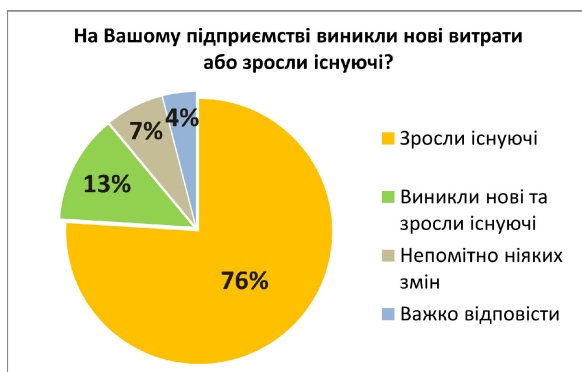


Рис. 12. Стан виробничих витрат в аквакультурі під час війни

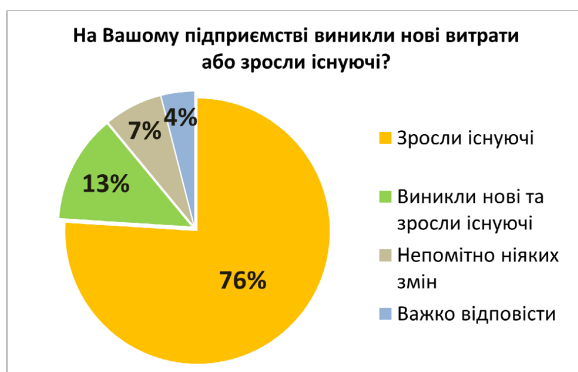


Рис. 13. Проблеми забезпечення рибопосадковим матеріалом під час війни



Рис. 14. Стан сплати податків та зборів під час війни

15. Чи плануєте скористатися фінансовою підтримкою підприємств від держави? У разі розробки державою механізмів фінансової підтримки рибництва, такою підтримкою хотіли би скористатися 65% опитаних, 28% не планували скористатися, і 7% було важко відповісти (рис. 15).

16. Чи була проведена інкубація? Інкубацію цього сезону вдалось провести 35% господарств, 18% інкубацію не проводили, ще у 17% господарств не має власних інкубаційних потужностей, в 4% використовується природний нерест, а 26% опитаних господарств рибопосадковий матеріал купує в інших (комплексних або спеціалізованих на риборозведенні) господарств (рис. 16).

Слід зазначити що вище перераховані проблеми в більшості випадків існували і до війни, то як проблеми з логістикою, працівниками, заку-



Рис. 15. Потреби (сподівання на) у фінансовій підтримці рибницьких господарств під час війни на момент проведення опитування

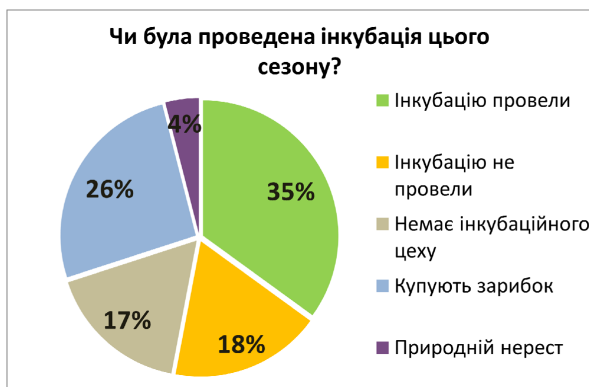


Рис. 16. Стан проведення інкубаційної кампанії у воєнний стан

півлею кормів, але після початку повномасштабної війни та значних руйнувань всі вони загострились в рази.

Висновки та пропозиції. За результатами дослідження можна зробити висновок, що найбільш постраждали господарства на півночі та півдні країни, центр та захід не зазнав збитків від бойових дій, а тому ситуація там краще в плані збереження матеріальної бази господарства. Для центральних та західних областей проблемою стала реалізація, адже доходи населення впали, логістика порушилась, що може призвести до банкрутства багатьох господарств.

Виправити, або хоча би покращити ситуацію можна за рахунок застосування комплексу дій:

- створення асоціацій (об'єднання виробників). Вони дадуть змогу домовлятися про спільні закупки кормів та інших матеріалів, а також можуть підтримувати один одного через передачу якихось ресурсів, яких у одних вдосталь але не вистачає іншим. Подібні асоціації успішно діють на території ЄС.

- надання фінансової допомоги виробникам продукції аквакультури, що напряду постраждали від бойових дій. Створити в державі систему страхування господарств та продукції, що воно виробляє, на випадок надзвичайних подій. Така практика існує і в нашій державі, але вона поширюється на виробників продукції рослинництва.

- ще одним важливим пунктом, на який слід звернути державі, це покращення збирання статистичної інформації з суб'єктів господарювання. Особливо це важливо після звільнення територій після окупації, адже потрібно буде встановити кількість вирощуваних об'єктів та матеріально-технічної бази, що залишилась, а також наступне зростання чи скорочення виробництва. Тому важливим кроком буде зробити обов'язкову здачу форми 1-А риба всім суб'єктам господарювання в галузі аквакультури. Адже на сьогодні вона обов'язкова тільки для тих в кого ставові господарства, або державних підприємств.

На наш погляд, впровадження цих заходів дозволить щонайменше стабілізувати виробництво в Україні власної риби, а після війни і збільшити обсяги виробництва.

IMPACT OF RUSSIAN MILITARY AGGRESSION ON UKRAINE AQUACULTURE

¹*Sharylo Yu. Ye. – Director,*

²*Vdovenko N.M. – Doctor of Economic Sciences, Associate Professor,*

¹*Matiiv I.L. – Leading Specialist,*

¹*Kovalenko B. Yu. – Leading Specialist,*

¹*Budgetary establishment «Methodological and technological center of aquaculture»,*

²*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,*

bumtcaqua@gmail.com, kovalenko@it.nubip.edu.ua, nata0409@gmail.com

Research on the topic: «Impact of the consequences of military aggression of the Russian Federation on aquaculture of Ukraine» is dictated by the need to determine the impact of military actions and their consequences on aquaculture, record the destruction of aquaculture facilities, compare the state of Ukrainian aquaculture before the start of full-scale military aggression and throughout the entire period of martial law and search mechanisms for minimizing negative impacts on aquaculture. Since no combat operations were conducted on the territory of Ukraine for almost a century, the experience of Ukraine's resistance to the aggression of a neighboring country, and adaptation of the production sphere of aquaculture to the war cannot be overestimated. Unfortunately, for a long time, we did not even consider the possibility of a war between Ukraine and the Russian Federation, therefore we did not introduce measures to minimize the impact of hostilities. Also, this study will be of interest to the countries of the European Union, in particular, Eastern Europe (especially the Baltic States), Central Asia, and other regions. The functioning and problems of aquaculture in the conditions of modern intensive hostilities are useful not only from the point of view of developing new mechanisms for the development of aquaculture but also the introduction of new measures to counteract the negative consequences of military operations. The introduction of martial law in Ukraine has not only negative impact on aquaculture but in some aspects opened new opportunities for business. The study of such aspects can be useful for building a model of future aquaculture. The state of war in Ukraine, the threat of territorial occupation, the destruction of infrastructure, and business interactions force Ukrainian aquaculture to look for new forms and directions for fish farming. Therefore, we should expect some change in the emphasis of aquaculture development in Ukraine. The research was conducted by survey (questionnaire) subjects of aquaculture. The result of the survey gave an answer to the question: which consequences of Russia's military aggression had the greatest impact on Ukrainian aquaculture? Among such aspects, it should be noted: the destruction of ponds, hydraulic structures, and industrial buildings, a decrease in the purchasing power of the population against the background of rising energy prices, severed logistical connections, interruptions with fodder, and personnel problems. However, we will conduct a more detailed analysis at the beginning of 2023, when we will have annual statistical data for 2022 on aquaculture. Among the measures proposed as stabilization for aquaculture during the war, the state financial support for business, development of the fish processing industry and diversification of the product sales system, development of producer associations, aquaculture insurance, and others.

Keywords: military aggression, martial law, destruction of infrastructure, impact of war, subjects of aquaculture, questionnaires.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про введення воєнного стану в Україні : Указ Президента України від 24.02.2022 № 64. *Голос України*. 2022. № 37. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/642022-41397> (дата звернення: 03.10.2022).
2. Chunding Li (2022). Russia-Ukraine conflict hits African agriculture, global aquaculture. URL: <https://news.cgtn.com/news/2022-04-28/Russia-Ukraine-conflict-hits-African-agriculture-global-aquaculture-19B2A8EqYXm/index.html> (дата звернення: 03.10.2022).
3. Behnassi, M., & El Haiba, M. Implications of the Russia–Ukraine war for global food security. *Nature Human Behaviour*, 6, 2022, 754–755.
4. Biomar stops all commercial activities with and within Russia. URL: <https://www.biomar.com/en/global/articles/press-releases/biomar-stops-all-commercial-activities-with-and-within-russia/> (дата звернення: 03.10.2022)
5. Діденко О. В., Бузевич І. Ю., Куцоконь Ю. К., Хмарна О. Як повномасштабна війна впливає на рибальство в Україні. URL: <https://zn.ua/ukr/ECOLOGY/jak-povnomasshtabna-vijna-vplyvaje-na-ribalstvo-v-ukrajini.html> (дата звернення: 03.10.2022).

REFERENCES

1. On the introduction of martial law in Ukraine: Decree of the President of Ukraine, 24.02.2022 № 64. *Holos Ukrainy*, no 37. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/642022-41397> (Last accessed: 03.10.2022). [in Ukrainian].
2. Chunding Li (2022). Russia-Ukraine conflict hits African agriculture, global aquaculture. URL: <https://news.cgtn.com/news/2022-04-28/Russia-Ukraine-conflict-hits-African-agriculture-global-aquaculture-19B2A8EqYXm/index.html> (Last accessed: 03.10.2022).
3. Behnassi, M., & El Haiba, M. (2022). Implications of the Russia–Ukraine war for global food security. *Nature Human Behaviour*. 6, 754–755.
4. Biomar stops all commercial activities with and within Russia. URL: <https://www.biomar.com/en/global/articles/press-releases/biomar-stops-all-commercial-activities-with-and-within-russia/> (Last accessed: 03.10.2022).
5. Didenko O. V., Buzevych I. Yu., Kutsokon Yu. K., Khmarna O. *Yak povnomasshtabna viina vplyvaie na rybalstvo v Ukraini* [How a full-scale war affects fishing in Ukraine]. URL: <https://zn.ua/ukr/ECOLOGY/jak-povnomasshtabna-vijna-vplyvaje-na-ribalstvo-v-ukrajini.html> (Last accessed: 03.10.2022). [in Ukrainian].

УДК 639.371.52:639.3.07:639.311

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.12>

ВИРОЩУВАННЯ ТОВАРНОГО КОРОПА У СТАВАХ

Щербатюк Н.В. – к.с.-г.н., доцент,

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»,

м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл.

nataliya.den.26@gmail.com

Наведено результати досліджень знарощування обсягів виробництва коропа за умов інтенсифікації, головними елементами якої є корми і годівля. Умови сьогodenня надають значення якісним показникам сировини, яку використовують для отримання харчової продукції. Саме тому загальне поліпшення екологічних умов виробництва у поєднанні з застосуванням екологічно чистих кормів забезпечить одержання товарної продукції на рівні сучасних світових вимог стосовно її якості, дасть вітчизняному і світовому ринку продукцію без обмежень. Одними з найбільш перспективних об'єктів вирощування на даному етапі розвитку рибиництва є коропові риби.

Як підтверджено дослідженнями, вирощування товарних дволіток коропа у ставах масою 450–500 г за високих щільностей посадки без інтенсивної годівлі майже неможливе, бо з підвищенням щільності посадки риби на одиницю водної площі досить швидко виїдається природна кормова база, нестачу якої слід поповнювати за рахунок згодовування повноцінних кормосумішей або комбікормів, причому об'єм поповнення кормів залежатиме від вмісту у ставах природної їжі і щільності посадки риби на одиницю площі. Харчова активність риб в основному залежить від температури води і вмісту розчиненого в ній кисню, а кількість спожитого корму – від маси риби. За температур води 8–10°C поступово активується травна діяльність, нормалізуються фізіолого-біохімічні процеси; за температур 10–14°C короп привчається до корму, але його травлення ще ослаблене; за температур 15–20°C і вище всі системи організму відновлені, він спроможний споживати і перетравлювати максимальну кількість корму, що потребує регулярної годівлі риби; температури води 22–27°C є оптимальними для живлення, травлення і засвоєння поживних речовин, що позитивно відбивається на інтенсивності нарощування маси тіла риби.

З метою підвищення рибопродуктивності ставів слід раціонально вносити органічні та мінеральні добрива з метою збільшення природного корму для риб, а для збільшення виходу рибної продукції вирощувати у полікультурі з коропом рослинодних риб. При тому раціонально використовувати штучні корми залежно від сезону, хімічного та біологічного режиму ставів і фізіологічних потреб риб.

Ключові слова: риба, корми, годівля, маса, лотки, стави, щільність посадки.

Постановка проблеми. Одним з недоліків ведення рибиництва є відсутність необхідної кількості повноцінного рибопосадкового матеріалу. З огляду на велику розмаїтість умов, не завжди можна розраховувати на успішне вирощування коропа та інших традиційних ставкових риб. У ряді

випадків зариблювати водойми доводиться менш освоєними у рибоводному відношенні, але найбільш придатними для даних умов видами риб [1, с. 335].

Виходячи із технологічних умов господарства для вирощування товарної риби будуть використовуватись нерестові, вирощувальні і нагульні стави. Вирощування і зимівля рибопосадкового матеріалу проводиться в вирощувальних ставах господарства. Навесні наступного року річняків пересаджують у нагульні стави, де і вирощують до товарної маси.

Аналіз останніх досліджень. Одержання високої природної продуктивності водойм можливе лише тоді, коли риби, які в них розводяться, будуть максимально використовувати запаси природного корму в ставах.

Сучасні технології годівлі риб забезпечують отримання максимальної рибопродуктивності водойм за рахунок використання штучних кормів з якнайменшими витратами їх відносно приросту маси риб [3, с. 47; 6, с. 17].

Результати досліджень. Вирощування риби проводиться в спрощеному повносистемному господарстві з напівінтенсивною формою ведення рибництва при двохрічному обороті. Наші дослідження проводились протягом вегетаційного періоду на базі ставків ПрАТ «ХМЕЛЬНИЦЬКРИБГОСП».

Об'єктами досліджень були коропа-сазанового гібрида, які утримувалися у полікультурі з товстолобом та білим амуром. Повні паразитологічні розтини риб, а також клінічні спостереження за ними проводилися за загальноприйнятою методикою. При цьому враховувався вплив гідрохімічного режиму ставків і рибоводні заходи, які проводилися протягом багатьох років.

Перехід від тимчасового утримування риби у штучних конструкціях до її культивування ґрунтувався на здатності конкретних видів риб харчуватися природними і штучними кормами у пропонованих умовах утримання. На жаль, така позиція і досі є визначальною. Саме вона регулює кількість видів, здатних харчуватися в штучних умовах і задовольняти потреби людини стосовно якісних показників їхтіомаси та швидкості її наростання. Перелік цих видів залишається досить обмеженим. Дана обставина значною мірою зумовлена існуючою актуальною і злободенною проблемою рибництва, що пов'язана з різними аспектами годівлі риби [1, с. 322; 8, с. 335].

Підвищення рибопродуктивності ставів, малих водосховищ, водойм-охолодників, саджалкових і басейнових рибних господарств, рибницьких систем із зворотним водопостачанням, може мати реальну основу лише в разі застосування кормів відповідної якості, за умови творчого і свідомого володіння теорією і практикою годівлі риби. У свою чергу, практично реалізувати оптимальні режими годівлі риб за умов штучного

виращування можна лише в разі володіння фахівцями відповідними знаннями і вмінням їх використовувати стосовно конкретних видів риб та умов культивування [5, с. 44; 6, с. 15].

Досягнення в галузі біологічних наук у поєднанні із зростаючими можливостями сучасної техніки в найближчій перспективі сприятимуть удосконаленню технологій рибиництва, в яких годівля риб зберігатиме провідні позиції. Тому зрозуміло, що процес розширення видового складу культивованих об'єктів рибиництва і надалі зростатиме [7, с. 165].

У зв'язку з цим, на думку авторів, доцільно звернути увагу читачів на пропонування підхід вирішення актуальних завдань сучасної годівлі риб, пов'язаний з певними їх анатомо-фізіологічними особливостями.

У світовому рибистві існує тривала і стійка тенденція – значення кормів і годівлі риб з підвищенням рівня інтенсифікації неухильно зростає. Вона, безсумнівно, і надалі зберігатиме свою актуальність. Цей чинник нині є одним з головних, що визначає собівартість продукції і загальний, тобто комерційний ефект виробництва, а іноді і його доцільність [2, с. 163].

Опанування принципами раціонального використання кормів та сучасними методами годівлі риби відкриває перед фахівцем можливість істотного зниження витрат кормів на одиницю рибопродукції [4, с. 38].

Метою дослідження було при вирощуванні товарної риби у нагульних ставках використовувати наступну схему технологічних процесів: пропуск весняної повені, наповнення ставів водою, ремонт гідроспоруд, транспортування риби із риборозплідників, зариблення ставів; догляд за ставом і рибою протягом вегетаційного сезону, контроль за умовами вирощування риби, вилов риби та її реалізація.

У квітні, після наповнення нагульних ставів водою до нормального горизонту та проведення ремонтних робіт на гідроспорудах, приступають до їх зариблення. Зариблюють нагульні стави личинками або мальком, який випускають рано-вранці або пізно ввечері. При зарибленні важливо правильно випустити зарибок, щоб не було температурного шоку. Для цього зрівнюють температуру води в тарі з рибою із температурою води у ставку, доливаючи в тару кілька відер води із ставка. Через 10-15 хвилин риба адаптується і її можна випускати у ставок.

Після зариблення ставків ведуть спостереження за рибою, водообміном, гідрохімічним та газовим режимом води. Особливу увагу приділяють кисневому режиму та рН води. Вміст кисню в період вирощування має бути не нижче п'ять-шість мг/л. Якщо він зменшується до двох мг/л вранці, необхідно збільшити водообмін або організувати механічну аерацію води.

У цей же період слід контролювати ріст риби через кожні 10–15 днів. Приріст двохліток коропа за літо має досягти не менше 450–500 грамів.

Якщо при контрольному вилові виявлено менший приріст, значить риби недостатньо кормів і її треба підгодувати.

Таблиця 1. План годівлі риби

Місяці	Кормовий коефіцієнт корму	Приріст	Витрати кормів			
		Маса, гр	Всього на сезон, ц	Всього на один став на сезон, ц	Потреба корму на один став на добу, кг	Потреба корму на 1шт. за добу, г
Квітень	4,4	22	9,4	1,3	4,3	0,30
Травень	4,4	50	25,0	3,6	11,6	0,81
Червень	4,4	90	62,8	8,9	30,0	2,1
Липень	4,4	90	125,6	17,9	577	4,03
Серпень	4,4	340	75,4	10,7	35,5	2,5
Вересень	4,4	430	15,7	2,2	7,1	0,50
Жовтень	4,4	450	–	–	–	–
Всього	4,4	–	314	44,6	146,2	–

Дані таблиці 1 свідчать, що при однаковому раціоні годівлі протягом всього вегетаційного періоду ($K_k = 4,4$) найбільша потреба у кормах для годівлі риби була в червні, липні та серпні і становила відповідно 2,1; 4,03; 2,5 г за добу, найменше використання рибою корму відмічається у квітні місяці 0,30 г на добу. Це свідчить про те, що для двохліток коропа оптимальною температурою, при якій найбільш ефективно використовується корм є температура води $+23 - +29^{\circ}\text{C}$, а ця температура характерна саме для вищевказаних місяців.

Температурний режим протягом вегетаційного періоду показаний в таблиці 2.

Таблиця 2. Температурний режим нагульних ставів

	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень
t °C	14,0	15,5	17,8	24,9	25,0	18,3	12,4

Розпочинають годівлю риби в разі підвищення температури води до $+14 - +15^{\circ}\text{C}$ і припиняють при зменшенні температури нижче $+14^{\circ}\text{C}$ восени, оскільки при більш низькій температурі води засвоєння корму різко знижується, що призводить до неефективного його використання.

Приріст риби за вегетаційний період визначаємо два – три рази в місяць методом контрольних виловів. Під час контрольного вилову риба оглядається, визначається її маса і розміри. Приріст риби за вегетаційний період помісячно приведений в таблиці 3.

Таблиця 3. Приріст риби за вегетаційний період

Показники	Одиниці виміру	Місяці						
		квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень
С\д приріст	г	0,93	1,3	3,3	4,8	3,0	0,6	–
Приріст по місяцях	г	28	40	100	150	90	20	–
Вага двохлітка	г	22	50	90	190	340	430	450

Аналізуючи дані таблиці 3 відмічаємо, що найвищий середньодобовий приріст риби був у червні – серпні місяці і становив відповідно 3,3–3,0 грамів, що свідчить про те, що короп найбільш інтенсивно росте при підвищенні температури води до 23–29 °С і зменшується при зниженні температури до –14°С і менше.

Приріст риби в різні місяці залежить також від погодних умов та розвитку природної кормової бази, що необхідно врахувати при контролі.

Крім природного корму риба має одержувати різноманітні корми та добавки вітамінів і мінеральних солей. Найбільш широко застосовуються корми рослинного походження. Вони є джерелом вуглеводів (до 70%) та вітамінів групи В. Злаки посідають важливе місце в годівлі коропа. Кількість протеїну в зерні коливається від 8 до 12%. Найбільш поживна і економічно вигідна для годівлі риби пшениця, протеїни і амінокислоти якої добре засвоюються організмом. Але в пшениці не вистачає амінокислоти лізину, а кукурудза навпаки – бідна на протеїни. Тому до кормів рослинного походження додають корми тваринного походження: рибне борошно, м'ясо-кісткове борошно та інші. У цих кормах протеїн має повний склад незамінних амінокислот, особливо лізину, метіоніну, трептофаму, валіну. Добавки дріжджів збагачують комбікорми білковими речовинами та вітамінами і ферментами. Критерієм оцінки корму вважають білкове співвідношення, тобто відношення перетравних азотистих речовин до перетравних безазотистих, яке у кормах цьогорічок становить 1:4 та 1:8 [8, с. 333].

Комбікормова промисловість виготовляє гранульовані корми з розміром гранул для цьогорічок і дворічок 4–7 мм в діаметрі, довжиною 6–7 мм і більше. Для годівлі цьогорічок гранули подрібнюють.

Протягом вегетаційного сезону виконують рибоводно меліоративні заходи і викошують надводну грубу рослинність, щоб не затіняла воду, зменшують зарослі м'якої підводної рослинності, вносять добрива. При необхідності вапнують ставки.

Вирощування товарної риби припиняється у вересні, коли температура води знизиться до +10 – +12°С. В цей час готуються до вилову риби.

Підготовка до вилову риби ведуть у другій половині вересня. Виловлювання проводиться за допомогою рибоуловлювачів, неводів, сіток, ятерів тощо. Найбільш ефективні вилови риби за допомогою рибоуловлювачів або в центральному водозабірному каналі.

Принципи такого вилову полягає у повільному випуску води через водоспуск. Риба за водою потрапляє в трубу водоспуску і далі в канал за греблею. Де її виловлюють рибалки спеціальними сачками, завантажуючи транспортну тару. Способи реалізації виловленої риби визначається керівництвом господарства.

Висновок. З метою підвищення рибопродуктивності ставів слід раціонально вносити органічні та мінеральні добрива з метою збільшення природного корму для риб а для збільшення виходу рибної продукції вирощувати у полікультурі з коропом рослиноїдних риб. При тому раціонально використовувати штучні корми залежно від сезону, хімічного та біологічного режиму ставів і фізіологічних потреб риб.

GROWING COMMERCIAL COROP IN PONDS

*Shcherbatiuk N.V. – Ph.D. in Agriculture, Associate Professor,
State University in Podilya
nataliya.den.26@gmail.com*

The results of studies on increasing the volume of carp production under conditions of intensification, the main elements of which are forage and feeding, are presented. Modern conditions attach importance to the quality indicators of raw materials used to obtain food products. That is why the general improvement of ecological conditions of production in combination with the application of ecologically pure forages will ensure reception of marketable production at the level of modern world requirements concerning its quality, which will provide the domestic and world market with products without restrictions. One of the most promising objects of cultivation at this stage of fish farming is carp fish.

As confirmed by studies, the cultivation of commercial two-year-old carp in ponds weighing 450-500 g in high stocking densities without intensive feeding is almost impossible, because, with an increase in the fish stocking density per unit of water area, the natural food base is quickly consumed, the lack of which should be replenished by feeding full-fledged feed mixtures or compound feeds, and the amount of feed replenishment will depend on the content of natural food in the ponds and the fish stocking density per unit area. The food activity of fish mainly depends on the temperature of the water and the content of dissolved oxygen in it, and the amount of food consumed depends on the weight of the fish. At water temperatures of 8–10°C, the digestive activity is gradually activated, physiological and biochemical processes are normalized; at temperatures of 10–14°C, carp get used to the forage, but its digestion is still weakened; at temperatures of 15–20°C and above, all body systems are restored, it can consume and digest the maximum amount of food, needs regular feeding of fish; water temperatures of 22–27°C are optimal for nutrition, digestion,

and assimilation of nutrients, which has a positive effect on the intensity of the fish's body weight gain.

To increase the fish productivity of ponds, it is necessary to rationally apply organic and mineral fertilizers to increase the natural feed for fish and to increase the yield of fish products to grow in poly culture with carp herbivorous fish. It is rational to use artificial feed depending on the season, chemical and biological regime of ponds, and physiological needs of fish.

Keywords: carp, forage, feeding, weight, trays, ponds, stocking density.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алимов С. І. Рибне господарство України: стан і перспективи. Київ.: Вища освіта. 2003. 336 с.
2. Гринжевський М. В. Пекарський А. В. Економічна ефективність вирощування товарної риби за трилітнього циклу. Київ: Світ. 2000. 166 с.
3. Грициняк І. І. Використання пшеничної барди в годівлі коропа. *Наук. вісник Львівської націон. акад. вет. медицини ім. С.З. Гжицького*. Львів. 2004. Т. 6 (№3), 4.4. С. 46–51.
4. Грициняк І. І., Добрянська Г. М., Цьонь Н. І. Формування екологічного стану ставів в залежності від особливостей годівлі та складу полікультури. *Наук. вісник Львівської націон. акад. вет. медицини ім. С.З. Гжицького*. Львів. 2004. Т. 6 (№ 4). Ч. 5. С. 33–40.
5. Желтов Ю. О., Гринжевський М. В., Демченко І. Т., Гудима Б. І., Василець С. В. Рекомендації з використанням місцевих та нетрадиційних кормів для годівлі коропа у ставах. Київ: ІРГ УААН. 1999. 44 с.
6. Желтов Ю. О., Гринжевський М. В., Василець С. В. Методичні рекомендації з розрахунку потреби та виготовлення кормосумішей для годівлі риби з використанням місцевих кормових ресурсів. Київ: ІРГ УААН. 2000. 17 с.
7. Томіленко В. Г., Гринжевський М. В., Грициняк І. І., Тучапський Я. В., Сярий Б. Г., Борис В. Ю., Ковальчук О. М. Виведення нових внутрішньопорідних типів коропа української рамчастої та української лускастої порід. *Науковий вісник Національного аграрного університету*, Київ. 2000. Вип. 21. С. 165–166.
8. Шерман І. М. Ставові рибництво. Київ: Урожай. 1994. с. 336.

REFERENCES

1. Alimov S. I. (2003). *Rybne hospodarstvo Ukrainy : stan i perspektivy* [Fisheries of Ukraine : state and prospects]. Kyiv: Vyshcha osvita. [in Ukrainian].
2. Hrynzhovskyi M. V. Pekarskyi A. V. (2000). *Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia tovarnoi ryby za trylitniogo tsyklu* [Economic efficiency of commercial fish cultivation in a three-year cycle]. Kyiv : Svit. [in Ukrainian].

3. Hrytsyniak I. I. (2004). *Vykorystannia pshenychnoi bardy v hodyvli koropa* [The use of wheat bard in feeding carp]. *Scientific bulletin of Stepan Gzhytskyi National Academy of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Lviv. Vol. 6, (no 3), 4.4, 46–51. [in Ukrainian].
4. Hrytsyniak I. I., Dobrianska H. M., Tsion N. I. (2004). *Formuvannia ekolohichnoho stanu staviv v zalezhnosti vid osoblyvostei hodyvli ta skladu polikultury* [The formation of the ecological state of ponds depending on the features of feeding and the composition of polyculture]. *Scientific bulletin of Stepan Gzhytskyi National Academy of Veterinary Medicine and Biotechnologies*. Lviv, Vol. 6 (no 4), Part 5, 33–40. [in Ukrainian].
5. Zheltov Yu. O., Hrynzhhevskyi M. V., Demchenko I. T., Hudyma B. I., Vasylets S. V. (1999). *Rekomendatsii z vykorystanniam mistsevykh ta netradytsiinykh kormiv dlia hodyvli koropa u stavakh* [Recommendations for the use of local and non-traditional feeds for feeding carp in ponds]. Kyiv : IFUAAN. [in Ukrainian].
6. Zheltov Yu. O., Hrynzhhevskyi M. V., Vasylets S. V. (2000). *Metodychni rekomendatsii z rozrakhunku potreby ta vyhotovlennia kormosumishei dlia hodyvli ryby z vykorystanniam mistsevykh kormovykh resursiv* [Methodical recommendations for calculating the need and making feed mixtures for feeding fish using local feed resources]. Kyiv : IFUAAN. [in Ukrainian].
7. Tomilenko V. H., Hrynzhhevskyi M. V., Hrytsyniak I. I., Tuchapskyi Ya. V., Siaryi B. H., Borys V. Yu., Kovalchuk O. M. (2000). *Vyvedennia novykh vnutrishnioporiidnykh typiv koropa ukrainskoi ramchstoi ta ukrainskoi luskatoi porid* [Breeding of new intrabreed types of carp of the Ukrainian frame and Ukrainian scaly breeds]. *Scientific bulletin of National Agrarian University*, Kyiv. Issue 21, 165–166. [in Ukrainian].
8. Sherman I. M. (1994). *Stavove rybnytstvo*. [Pond fish farming]. Kyiv : Urozhai. [in Ukrainian].

ГІДРОЕКОЛОГІЯ

УДК 504.064:502.084:628.113

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.13>

ПОРІВНЯЛЬНИЙ ГІДРОБІОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ВОД СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Кузнєцов П.М. – аспірант,

Бєдункова О.О. – д.б.н., доцент,

Національний університет водного господарства

та природокористування, м. Рівне, Україна

kuznetpavel@gmail.com

Поява біообростання систем технічного водопостачання атомних електростанцій є суттєвою проблемою техніко-економічного значення. Тому, серед завдань атомної енергетики існує необхідність гідробіологічного дослідження та контролю обростань охолоджуючого обладнання мікро- та макроорганізмами. В даній роботі приведені результати порівняння гідробіологічного моніторингу для вод систем технічного водопостачання трьох атомних електростанцій зі зворотною системою охолодження, що підживлюються з річок: АЕС Моховце (Словаччина) – р. Грон, АЕС Козлодуй (Болгарія) – р. Дунай та Рівненська АЕС (Україна) – р. Стир. Всі досліджувані об'єкти атомної енергетики експлуатуються без водойм охолоджувачів. Проведення систематизації та аналізу результатів гідробіологічного моніторингу конструкцій систем технічного водопостачання виявило присутність явища біообростання на їх конструкційних елементах. Видове різноманіття гідробіонтів свідчило про наявність трьох основних груп біологічних забруднювачів, які характеризуються своїм специфічним впливом на стан кон-струкцій систем технічного водопостачання: нижчі рослини (водорості), бактерії та безхребетні тварини (черви, молюски). За кількісними показниками бактеріологічного забруднення та забруднення водоростями систем технічного водопо-стачання досліджуваних АЕС помічено підвищені рівні загального мікробного числа для угруповань біообростання Рівненської АЕС, а також значна чисельність водоростей. Оскільки принциповою відмінністю в експлуатації досліджуваних АЕС є застосування методів хімічної (біоцидної) обробки охолоджуючої води, що зменшує її біологічне забруднення, запропоновано впровадження хімічних мето-дів обробки систем технічного водопостачання для Рівненської АЕС. Критерієм дозування біоцидів (альгєцидів) рекомендується встановити значення загального мікробного числа, що перевищує 10^5 КУО/см³. Результати даної роботи були апробовані і впроваджені в практику Рівненської АЕС.

Ключові слова: гідробіологічний моніторинг, атомна електростанція, систе-ми технічного водопостачання, біообростання.

Постановка проблеми. Значні обсяги використання води в технологічних схемах атомних електростанцій обумовлені необхідністю охолодження реакторів, які забезпечують постійно зростаючі потреби людини в електроенергії. Станом на 2020 р. у світі експлуатувалось 448 атомних енергоблоків та здійснювалось будівництво нових [1], адже атомна енергетика має відносно низьку вартість та є стабільною, може замінювати крупні традиційні генеруючі установки та забезпечувати якісну чисту енергію для промислового виробництва та житлового сектора [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Постійна необхідність у надходженні охолоджуючої води з джерел водопостачання (річки, озера, моря) спричинює ряд потенційних загроз для систем технічного водопостачання (СТВ) атомних електростанцій (АЕС), серед яких особливо активно проявляється корозія комплектуючих та конструкційних матеріалів [3]. Розрізняють кілька видів корозії, характерних для матеріалів комплектуючих СТВ: загальна корозія; розтріскування під дією навколишнього середовища; розтріскування під дією напруги, або опромінення; корозія під дією потоку; корозія аміаку; корозія під мікробіологічним впливом [4].

Зокрема, мікробна корозія тісно пов'язана зі зростанням біообростання на поверхні будь-якої конструкції, змоченої природними водами [5]. Особливо ця проблема торкається теплообмінного обладнання, труб та інших елементів відкритих контурів АЕС [6]. Вода, що надходить до СТВ, як правило містить такі організми як фітопланктон, зоопланктон, личинки безхребетних та личинки риб, які можуть осідати на поверхні комплектуючих та колонізувати металевий субстрат [7]. Нагромадження біообростання на їх поверхні є результатом одночасної дії кількох фізичних, хімічних та біологічних факторів: а) фізичні характеристики: характер субстрату, шорсткість, поверхневий заряд, гідрофобність/гідрофільність, гідродинамічні умови, температура, пора року, глибина, електропровідність та географічний регіон; б) хімічні: рН, розчинений кисень, органічний матеріал, поживні речовини та співвідношення C/N; в) біологічні: бактерії, що ростуть на субстраті, та біохімічний склад субстрату [5, 8, 9]. При цьому, найбільш важливими факторами, що сприяють посиленню росту організмів біообростання усередині системи охолодження, є постійне постачання осілих гідробіонтів поживними речовинами за рахунок безперервного потоку води [9].

Як наслідок, біообростання призводить до ерозійної корозії, яка може зруйнувати цілісність та герметичність комплектуючих СТВ. Наприклад, анаеробний розпад органічних речовин у забитих трубках конденсатора призводить до утворення біогенного сульфідів та аміаку, що сприяє мікробіологічній корозії трубок конденсатора [10]. Біообростання також збільшує падіння тиску в контурі охолодження, відбувається блокування потоку та зниження ефективності теплопередачі [11].

Оскільки біообростання СТВ АЕС є суттєвою проблемою техніко-економічного значення, серед завдань атомної енергетики існує необхідність гідробіологічного дослідження та контролю обростань охолоджуючого обладнання мікро- та макроорганізмами [12]. Іншими словами, така процедура гідробіологічного моніторингу (ГБМ) спрямовується на попередження збоїв у роботі СТВ та розробку заходів покращення їх експлуатаційних характеристик.

Формулювання цілей статті. Метою наших досліджень було проведення порівняльного аналізу результатів гідробіологічного моніторингу вод систем технічного водопостачання для атомних електростанцій зі зворотною системою охолодження на річковому підживленні.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктами для проведення порівняльного гідробіологічного моніторингу були обрані три АЕС різних європейських країн, що працюють на зворотній системі охолодження та підживлюються з річок: АЕС Моховце (Словаччина) – р. Грон, АЕС Козлодуй (Болгарія) – р. Дунай, Рівненська АЕС (Україна) – р. Стир. Усі річки за класифікацією Водної рамкової Директиви ЄС мають відмінні типоспецифічні гідро-морфологічні та фізико-хімічні умови [13, додаток XI, карта А]. Зокрема, р. Грон належить до 10 єврорегіону – Карпати; р. Дунай до 7 єврорегіону – Східні Балкани; р. Стир належить до південної частини 16 екорегіону, яка об'єднує типові рівнинні річки та співпадає із перехідною частиною між зонами Полісся та Лісостепу.

Порівняння гідробіологічних угруповань СТВ досліджуваних об'єктів атомної енергетики проводилось з використанням відкритих даних проведення ГБМ АЕС за результатами робочих зустрічей (семінарів) та бенчмаркінгу, проведених Всесвітньою асоціацією організацій, що експлуатують атомні електростанції (BAO АЕС) [14; 15]. ГБМ для АЕС Моховце та АЕС Козлодуй проводиться з 2003 року, та включає проведення моніторингу, розробку програми ведення водно-хімічного режиму СТВ. ГБМ для Рівненської АЕС проведений у 2018–2019 рр. за методикою [16], з 2019 р. для АЕС України введена в дію методика [17].

Результати досліджень. Дані, що становлять основу ГБМ були отримані для кожного майданчику АЕС за визначеними індивідуальними доцільними та діючими методами, відносно до параметрів вхідної води, типу СТВ та джерела водопостачання. Зовнішній вигляд конструкційних елементів СТВ свідчить про присутність явища біообростання на всіх досліджуваних об'єктах (рис. 1–6).

Визначене за результатами ГБМ видове різноманіття гідробіонтів свідчить про наявність трьох основних групбіологічних забруднювачів СТВ досліджуваних АЕС (табл. 1).



Рис. 1. Забруднення водяних сіток СТВ водоростями (АЕС Моховце)



Рис. 2. Рештки відмерлих організмів на гідротехнічних спорудах СТВ (АЕС Козлодуй)



Рис. 3. Плівка водоростей на опірах градирні (АЕС Моховце)

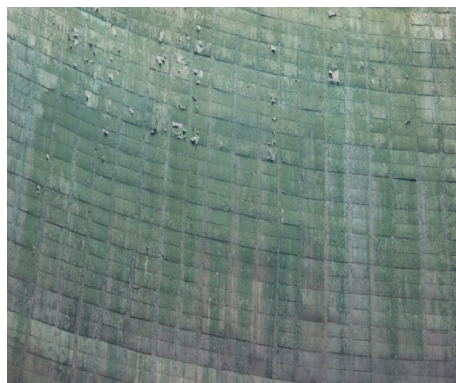


Рис. 4. Внутрішня поверхня баштової градирні з наявною плівкою водоростей (Рівненська АЕС)



Рис. 5. Біоплівка на внутрішньої поверхні теплообмінника – споживача СТВ (Рівненська АЕС)



Рис. 6. Біоплівка (слиз) на поверхні обладнання (АЕС Козлодуй)

Таблиця 1. Видове різноманіття гідробіонтів у біообростанні СТВ досліджуваних АЕС

Нижчі рослини	Бактерії та найпростіші	Безхребетні тварини
Зелені та жовто-зелені водорості роду <i>Cladophoraglomerata</i> , <i>Chlorophyta</i> , <i>Cyanophyta</i> , <i>Tribonema</i>	Бактерії загальні коліформи, ентерококи, залізні бактерії <i>Leptothrix</i> <i>echinata</i> . Найпростіші класу джгутикові (переважно соняшники <i>Heliozoa</i> <i>Actinophrys</i>), амеба <i>Amoeba</i> <i>protophylla</i> <i>vegetans</i>	Личинки черв'яків рода <i>Nematoda</i> , молюски (равлики родини <i>Viviparidae</i>)

Кожна з представлених груп характеризується своїм специфічним впливом на стан конструкцій СТВ:

– нижчі рослини (водорості) (рис. 7), що утворюють біообростання на обладнанні та гідротехнічних спорудах СТВ, здатні забивати прохідні ділянки, сітки, насоси та можуть спричинювати необхідність виводу обладнання в ремонт для очищення;

– бактеріологічне забруднення та забруднення найпростішими, що утворюють біоплівки на поверхні обладнання, зокрема теплообмінників споживачів СТВ, знижують теплообмін та ефективність охолодження;

– безхребетні тварини (черви та молюски) (рис. 8), що утворюють колонії здатні забивати прохідні ділянки, сітки та насоси СТВ.

Кількісні показники бактеріологічного забруднення та забруднення водоростями СТВ досліджуваних АЕС дозволяють відзначити підвищені рівні загального мікробного числа (ЗМЧ) для угруповань біообростання Рівненської АЕС (табл. 2).

Серед бактеріологічного забруднення у всіх трьох системах відмічались загальні коліморфи та *Escherichia coli*. Присутність ентерококів не

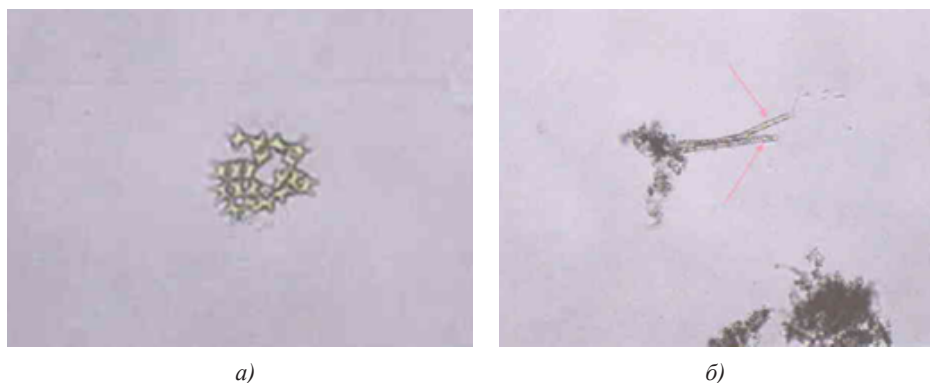


Рис. 7. Представники нижчих рослин (водорості) в біообростаннях конструкцій СТВ досліджуваних АЕС: а) зелені водорості роду *Chlorophyta*; б) жовто-зелені водорості роду *Tribonema*



Рис. 8. Представники безхребетних тварин у біообростаннях конструкцій СТВ досліджуваних АЕС: а) личинки черв'яків родини *Nematoda*; б) молюски родини *Viviparidae*

була виявлена в жодній з досліджуваних систем. Слід також відзначити достатньо високу загальну чисельність водоростей у біообростаннях СТВ Рівненської АЕС, що сягала 30–35 тис. кл/см³.

Взагалі, умови експлуатації СТВ сприяють росту біологічного забруднення, що потрапляє з довілля з підживленням, через річні додатні значення температур (15–40°C) та наявність біогенних елементів від застосування фосфоровмісних реагентів для водопідготовки СТВ. Високий вміст забруднень біологічного характеру у воді зворотних циклів призводить до інтенсивного росту швидкості корозії, знижує теплообмін та знижує продуктивність і ефективність роботи системи АЕС в цілому.

Таблиця 2. Кількісні показники бактеріологічного забруднення та забруднення водоростями СТВ досліджуваних АЕС

Параметр	Од. вимірювання	Результат вимірювання		
		Рівненська АЕС	АЕС Моховце	АЕС Козлодуй
Загальне мікробне число ¹⁾	КУО/см ³	10 ⁵ –10 ⁷	≤10 ⁵ ²⁾	
Загальні коліморфи	КУО/см ³	виявлені		
Escherichiacoli	КУО/см ³	виявлені		
Ентерококи	КУО/см ³	не виявлені		
Загальна кількість водоростей ³⁾	кл/см ³	300000 – 350000	– ⁴⁾	

Примітка: 1) – визначення тест системою Envirochek Contact TVC (носії агар-агар, витримка протягом 48 годин при температурі 36±1°C); 2) – нормована величина, при перевищенні проводиться біоцидна обробка; 3) – методом підрахунку кількості у камері Нажота; 4) – дані контролю відсутні.

Для АЕС з водоймами-охолоджувачами розроблені уніфіковані, ефективні біологічні методи зменшення біологічного забруднення та біологічних перешкод, такі як зариблення та рекреація штучної водойми [18]. Для АЕС зі зворотною системою охолодження, без водойм-охолоджувачів, де джерелом водопостачання для охолодження є річки, впровадження біологічних методів очищення не доцільно та не ефективно. Тому, залишається впровадження фізичних та хімічних методів зменшення біологічного забруднення та біологічних перешкод.

АЕС Європейського Союзу зі зворотною СТВ для зменшення біологічного забруднення та біологічних перешкод застосовують хімічні методи, а саме біоцидну обробку води СТВ. АЕС Моховце та АЕС Козлодуй розроблене керівництво про хімічну обробку води СТВ для зменшення біологічного забруднення, вода СТВ контролюється щотижнево на загальне мікробне число (ЗМЧ). За результатами моніторингу при значенні $\text{ЗМЧ} > 10^5 \text{ КУО/см}^3$ проводять біоцидну обробку з застосуванням окислюючих та/чи неокислюючих біоцидів. Цілком очевидно, що даний факт і є поясненням відносно менших значень загального мікробного числа в угрупованнях біообростання СТВ цих АЕС, порівняно з Рівненською АЕС.

Для Рівненської АЕС, враховуючи поточний рівень біологічного забруднення СТВ за результатами ГБМ та досвід експлуатації АЕС Європейського Союзу, можна рекомендувати впровадження хімічних методів обробки з застосуванням періодичного дозування біоцидів (альгецидів), критерієм дозування біоцидів (альгецидів) встановити значення ЗМЧ, що перевищує 10^5 КУО/см^3 .

Висновки. Біологічне забруднення СТВ атомних електростанцій в тому чи іншому вигляді спостерігається для кожної АЕС, це обумовлено тісним зв'язком СТВ з довкіллям, а саме джерелом водопостачання з штучної чи природної водойми, річки.

За результатами порівняльного гідробіологічного моніторингу систем технічного водопостачання трьох АЕС, розташованих у різних євро-регіонах, встановлено наявність біологічного забруднення СТВ нижчими рослинами, бактеріями, найпростішими та безхребетними тваринами. Дане біологічне забруднення здатне впливати на ефективність охолодження в СТВ та на надійність експлуатації обладнання АЕС.

Серед кількісних показників в угрупованнях біообростання Рівненської АЕС відмічається підвищене значення загального мікробного числа (ЗМЧ), порівняно з іншими досліджуваними об'єктами, а також присутність значної чисельності водоростей. Принциповою відмінністю в експлуатації СТВ між цими АЕС є застосування методів хімічної (біоцидної) обробки охолоджуючої води, що зменшує її біологічне забруднення.

Враховуючи досвід застосування препаратів біоцидної дії (альгецидів) АЕС Європейського Союзу, можна рекомендувати впровадження хімічних методів обробки СТВ для Рівненської АЕС. Критерієм дозування біоцидів (альгецидів) рекомендується встановити значення ЗМЧ, що перевищує 10^5 КУО/см³.

Результати даної роботи були апробовані і впроваджені в практику Рівненської АЕС у вигляді розробленого Концептуального технічного рішення «Про проведення біоцидної обробки води бризкальних басейнів відповідальних споживачів групи «А» та невідповідальних споживачів групи «В» енергоблоків № 3, 4 РАЕС» 171-240-ТР-ХЦ.

COMPARATIVE HYDROBIOLOGICAL MONITORING OF WATER IN TECHNICAL WATER SUPPLY SYSTEMS OF NUCLEAR POWER PLANTS

Kuznietsov P.M. – Postgraduate,

Biedunkova O.O. – Doctor of Biology, Professor,

National University of Water and Environmental Engineering

kuznetpavel@gmail.com

The appearance of biofouling in technical water supply systems of nuclear power plants is a significant problem of technical and economic importance. Therefore, among the tasks of nuclear energy, there is a need for hydrobiological research. For this purpose, microorganism and macroorganism fouling of the cooling equipment is controlled. This paper presents the results of a comparison of hydrobiological monitoring for waters of the technical water supply systems of three nuclear power plants. All of them have a reverse cooling system and are fed from rivers: Mohovce NPP (Slovakia) – Gron River, Kozloduy NPP (Bulgaria) – Danube River and Rivne NPP (Ukraine) – Stry River. These studied nuclear power plants are operated without cooling reservoirs. The systematization and analysis of the results of hydrobiological monitoring of technical water supply system structures revealed the presence of biofouling on their structural elements. The species diversity of hydrobionts indicated the presence of three main groups of biological pollutants, which are characterized by their specific impact on the condition of technical water supply system structures: lower plants (algae), bacteria and invertebrates (worms, molluscs). According to the quantitative indicators of bacteriological contamination and algae contamination of the technical water supply systems of the studied NPPs, increased levels of the total microbial number for the biofouling groups of the Rivne NPP were observed. A significant number of algae was also observed for this object. Since the fundamental difference in the operation of the studied NPPs is the use of chemical (biocidal) treatment of cooling water, which reduces its biological pollution, the introduction of chemical methods of treatment of technical water supply systems for the Rivne NPP is proposed. The criterion for dosing biocides (algaecides) is recommended to set the value of the total microbial number exceeding 10^5 CFU/cm³. The results of this work were tested and implemented in the practice of the Rivne NPP.

Keywords: hydrobiological monitoring, nuclear power plant, technical water supply systems, biofouling.

ЛІТЕРАТУРА

1. Z. Lvetal. Microalgae removal technology for the cold source of nuclear power plant: A review. *Marine Pollution Bulletin*. 2022. Vol. 183. P. 114087.
2. Kim B. K., Jeong Y. H. High cooling water temperature effects on design and operational safety of NPP sinthegul fregion. *Nuclear Engineering and Technology*. 2013. Vol. 45, no. 7. P. 961–968.
3. Chajduk E., Bojanowska-Czajka A. Corrosion mitigation in cool and systems in nuclear power plants. *Progress in Nuclear Energy*. 2016. Vol. 88. P. 1–9.
4. Cattant F., Crusset D., Féron D. Corrosion issues in nuclear industry today. *Materials Today*. 2008. Vol. 11, no. 10. P. 32–37.
5. Characklis W. G., Cooksey K. E. Biofilms and Microbial Fouling. *Advances in Applied Microbiology*. 1983. P. 93–138.
6. Taylor C. J. L. The effects of biological fouling control at coastal and estuarine power stations. *Marine Pollution Bulletin*. 2006. Vol. 53, no. 1–4. P. 30–48.
7. Cristiani P. Risk assessment of biocorrosion in condensers, pipework and other cooling system components. *Understanding Biocorrosion*. 2014. P. 357–384.
8. Lappin-Scott H. M., Costerton J. W. Bacterial biofilms and surface fouling. *Biofouling*. 1989. Vol. 1, no. 4. P. 323–342.
9. Rao T. S. Biofouling (macro-fouling) in sea water in take systems. Water-Formed Deposits. 2022. P. 565–587. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822896-8.00016-9> (dateofaccess: 09.10.2022).
10. Rao T. S. Biofouling in Industrial Water Systems. Mineral Scales and Deposits. 2015. P. 123–140. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63228-9.00006-1> (dateofaccess: 10.10.2022).
11. S. Rajagopaletal, N Sasikumar, Jayapaul Azariah, K V K Nair. Some observations on biofouling in the cooling water conduits of a coastal power plant. *Biofouling*. 1991. Vol. 3, no. 4. P. 311–324.
12. Протасов А. А., Немцов А. А., Масько А. Н. Применение европейских принципов природоохранной деятельности в стандарте гидробиологического мониторинга водних техноэкосистем АЭС ГП «НАЭК “Энергоатом”». *Ядерна енергетика та довкілля*. 2019. № 2(14). С. 71–75.
13. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23 жовтня 2000 року : станом на 11 березня 2008 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text (дата звернення: 29.10.2022).
14. State-of-the-art circulating water treatment and methods of combating biological hazards. World Association of Nuclear Operators (WANO): Nuclear Safety. URL: <https://www.wano.info/> (date of access: 25.09.2022).

15. Benchmarking «Water-chemical regime of the secondary circuit and service water supply system» Kozloduy NPP. World Association of Nuclear Operators (WANO): Nuclear Safety. URL: <https://www.wano.info/> (date of access: 25.09.2022).
16. Рабочая программа «Лабораторные (стендовые) испытания биоцидов. Блок № 3, 4. ЧАО «Техенерго». Львов, 2018. 22 с.
17. СОУ НАЕК 178:2019. Охорона довкілля. Порядок розробки регламенту гідробіологічного моніторингу водойми-охолоджувача, систем охолодження і системи технічного водопостачання АЕС з реакторами типу ВВЕР. Методичні вказівки. ДП НАЕК «Енергоатом». Київ, 2019. 75 с.
18. Protasov, A., Semenchenko, V., Silaieva, A., Tymchenko, V., Buzevych, I., Guleikova, L., Diachenko, T., Morozova, A., Yurishinets, V., Yarmoshenko, L., Prymak, A., Morozovskaia, I., Masko, A., Golod, A. NPP Techno-ecosystem. *Hydrobiology, abiotic factors, environmental assessment*. Institute of hydrobiology of the NAS of Ukraine, 2011. 234 p.

REFERENCES

1. Lv, Z., Zhang, H., Liang, J., Zhao, T., Xu, Y., & Lei, Y. (2022). Microalgae removal technology for the cold source of nuclear power plant: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 183, 114087.
2. Kim, B. K., & Jeong, Y. H. (2013). High cooling water temperature effects on design and operational safety of NPPS in the gulf region. *Nuclear Engineering and Technology*, 45(7), 961–968.
3. Chajduk, E., & Bojanowska-Czajka, A. (2016). Corrosion mitigation in coolant systems in nuclear power plants. *Progress in Nuclear Energy*, 88, 1–9.
4. Cattant, F., Crusset, D., & Féron, D. (2008). Corrosion issues in nuclear industry today. *Materials Today*, 11(10), 32–37.
5. Characklis, W. G., & Cooksey, K. E. (1983). Biofilms and Microbial Fouling. *Advances in Applied Microbiology*: 93–138.
6. Taylor, C. J. L. (2006). The effects of biological fouling control at coastal and estuarine power stations. *Marine Pollution Bulletin*, 53(1-4), 30–48.
7. Cristiani, P. (2014). Risk assessment of biocorrosion in condensers, pipe-work and other cooling system components. *Understanding Biocorrosion*: 357–384.
8. Lappin-Scott, H. M., & Costerton, J. W. (1989). Bacterial biofilms and surface fouling. *Biofouling*, 1(4), 323–342.
9. Rao, T. S. (2022). Biofouling (macro-fouling) in seawater intake systems. *Water-Formed Deposits*: 565–587. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822896-8.00016-9>

10. Rao, T. S. (2015). Biofouling in Industrial Water Systems. У Mineral Scales and Deposits: 123–140. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-63228-9.00006-1>
11. Rajagopal, S., Sasikumar, N., Azariah, J., & Nair, K. V. K. (1991). Some observations on biofouling in the cooling water conduits of a coastal power plant. *Biofouling*, 3(4), 311–324.
12. Protasov, A. A., Nemtsov, A. A., Masko, A. N. (2019). *Prymenenye evropeiskikh printsypov pryrodookhrannoi deiatelnosti v standarte hydrobyolohycheskoho monitorynha vodnykh tekhnоекosystem AES HP «NAEK “Energoatom”»* [The application of European principles of environmental protection in the standard of hydrobiological monitoring of water technoecosystems of the NPP of the SE «NAEK “Energoatom”»]. *Nuclear energy and the environment*, 2(14), 71–75. [in Russian].
13. Directive 2000/60/EC to the European Parliament and for the sake of «On the establishment of a framework for the activity of Spivtovaristva in the water policy zone» dated 23 June 2000 (2008). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text
14. State-of-the-art circulating water treatment and methods of combating biological hazards. World Association of Nuclear Operators (WANO): Nuclear Safety. URL: <https://www.wano.info/>
15. Benchmarking «Water-chemical regime of the secondary circuit and service water supply system» Kozloduy NPP. World Association of Nuclear Operators (WANO): Nuclear Safety. URL: <https://www.wano.info/>
16. *Rabochaya programma «Laboratornye (stendovye) ispytaniya biocidov. Blok № 3, 4. ChAO «Tehenergo»* [Working program “Laboratory (bench) testing of biocides. Block No. 3, 4. PJSC “Tekhenergo”]. (2018). Lvov. [in Russian].
17. *SOU NAEK 178:2019. Okhорona dovkillia. Poriadok rozrobky rehlahmentu hidrobiolohichnoho monitorynha vodoimy-okholodzhuvacha, system okholodzhenniai systemy tekhnichnoho vodopostachannia AES z reaktoramы typu VVER* [Environment protection. The procedure for developing the regulations for hydrobiological monitoring of the cooling reservoir, cooling systems and the technical water supply system of nuclear power plants with reactors of the VVER type.]. Methodical instructions. *SE NAEK Energoatom*. 2019. Kyiv. [in Ukrainian].
18. Protasov, A., Semenchenko, V., Silaieva, A., Tymchenko, V., Buzevych, I., Guleikova, L., Diachenko, T., Morozova, A., Yurishinets, V., Yarmoshenko, L., Prymak, A., Morozovskaia, I., Masko, A., Golod, A. (2011). NPP Technoecosystem. *Hydrobiology, abiotic factors, environmental assessment*. Institute of hydrobiology of the NAS of Ukraine.

УДК 556.5(282.247.32)

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.14>

АНТРОПОГЕННО-КЛІМАТИЧНА ОБУМОВЛЕНІСТЬ ЗМІНИ СТОКУ РІЧКИ ДНІПРО

¹Потравка Л.О. – д.е.н., професор,

¹Пічура В.І. – д.с.-г.н., професор,

²Iljasevicius K. – *vedėjas, projektu ir gamybos organizavimo skyrius,*

¹Херсонський державний аграрно-економічний університет, Україна

²Viešojo įstaiga «Grunto valymo technologijos», Lietuva

pichuravitalii@gmail.com, potravkalarisa@gmail.com

Процес формування річкового стоку необхідно вивчати з позиції сприйняття його результатом системної дії антропогенно-кліматичних факторів, які мають просторово-часову варіативність впливу на зміну водного режиму річок. Зміни водності впливають на технічні та економічні умови функціонування господарських об'єктів і комплексів, визначають потенційні витрати на захист від небезпечних гідрологічних процесів, рівень якості життя та добробуту і здоров'я населення. Антропогенна трансформація водного режиму та істотне скорочення стоку є причиною деградації водної екосистем р. Дніпро. Виявлення тенденції зміни стоку річки являє собою складну задачу на підставі недосконалості методів вимірювання та просторового варіювання параметрів, стохастичною природою зміни. У дослідженнях використані фактичні значення динаміки клімату по даним станції Херсон за період 1945–2021 рр. та дані щорічних змін параметрів стоку Дніпра за 1936–2008 рр. Визначено два періоди формування гідрологічного ряду: І період – антропогенна трансформація стоку та становлення нових гідрологічних умов (створення каскаду дніпровських водосховищ – 1936–1977 рр.); ІІ період – антропогенно-кліматично обумовлене формування стоку та стабілізація нових гідрологічних умов (з 1978 р. по теперішній час). Встановлено, що у І період був відсутній крос-кореляційний зв'язок впливу енергії клімату на формування водного режиму ($r=0,11$), що обумовлено значним антропогенним впливом на природний стан русла річки та різким зниженням водності. ІІ-й період характеризується вираженою крос-кореляційною залежністю впливу енергії клімату ($r=0,91$) на тренд-циклічну складову формування водного режиму річки Дніпро. За результатами прогнозування визначено, що при збереженні тенденції формування кліматичних умов, відбуватиметься стабільне тренд-циклічне зменшення енергії клімату на $10,3 \text{ МДж/м}^2$ в рік, що обумовить щорічне зниження стоку річки на $18,1 \text{ м}^3/\text{с}$ на рік. Встановлена залежність впливу енергії клімату на формування стоку річки Дніпро надає можливості підвищити рівень ефективності управління каскадом дніпровських водосховищ за допомогою обґрунтованого регулювання норм та кількості попусків гідротехнічних споруди для забезпечення належного стоку з метою покращення саморегуляції, самоочищення та самовідновлення Дніпра.

Ключові слова: клімат, антропогенне навантаження, стік річки, водний режим, моделювання, прогнозування, управління, річка Дніпро.

Постановка проблеми. Інтенсивне використання водних ресурсів і перетворення природних ландшафтів під впливом господарської діяльності людини призвели до змін природного водного балансу річкових водозборів, що суттєво порушили їх гідрологічний режим, який визначається змінами водності і динаміки річкового стоку. Природа багаторічних змін водного режиму річок обумовлена змінами клімату і посиленням впливів антропогенних чинників. Зокрема, водний режим багатьох річок значно порушений господарською діяльністю людини [1, 2]. Тому, процес формування річкового стоку необхідно вивчати з позиції сприйняття його результатом системної дії антропогенно-кліматичних факторів, які мають просторово-часову варіативність впливу на зміну водного режиму річок. Застосування методів багатомірної статистики та аналізу часових рядів дають можливість отримати детальне уявлення про ретроспективу формування стоку, визначення основних часових періодів його змін та антропогенної трансформації, впливу клімату та його енергії, інтерполяції, екстраполяції та прогнозування часових гідрологічних рядів.

Із збільшенням сили антропогенного навантаження та порушенням природного стану компонентів навколишнього середовища, підвищується вплив змін клімату на стан та напрямок функціонування природних екосистем [3]. Посилення негативних проявів, що приводять до антропогенно-кліматичних змін, фіксуються на водозбірних площах, акваторіях водойм та водотоків [4, 5], що, в першу чергу, характеризується зниженням рівня забезпеченості водними ресурсами та їх якістю [6, 7]. Зокрема, на 60% знищена природна гідромережа малих та середніх річок [8, 9], зросла частота аномалій клімату [10, 11] та проявів водно-ерозійних процесів [12, 13], дифузного забруднення річок [14].

Виявлення відмінностей в гідрологічному режимі у часі дозволяє виділити і детально вивчити періоди формування стоку, визначити початок його трансформації, що надає можливість встановлення впливу ретроспективних причин на формування сучасних тенденцій динаміки гідрологічних характеристик. Особливості водозбірних басейнів проявляються, в першу чергу, в розбіжностях тривалості і амплітуді короткострокових коливань стоку, пов'язаних з розмірами водотоку, особливостями коливань клімату та співвідношенні джерел живлення і антропогенного регулювання стоку.

Ретроспективний аналіз динаміки стоку є необхідним елементом моделювання та детального вивчення зміни стану природних і природно-технічних систем, пов'язаних з використанням водних ресурсів. Зміни водності впливають на технічні та економічні умови функціонування господарських об'єктів і комплексів, визначають потенційні витрати на захист від небезпечних гідрологічних процесів, рівень якості життя та добробуту і здоров'я населення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз і прогноз стоку розглядається в багатьох публікаціях як міждисциплінарне завдання, задовільне рішення якої передбачає врахування великої кількості чинників, складність і неоднозначність їх взаємодії. У зв'язку з цим, аналіз фактичних даних [15] різними вченими засвідчує неоднозначні та суперечливі результати: в одному випадку вважають, що стік збільшується [16, 17], в іншому – тенденцій не виявлено [18], також існують ствердження наявності хаотичної динаміки [19], або фіксують наявність від'ємного тренду [20]. Неоднозначність результатів в більшій мірі залежала від нерівномірності періодів спостережень і різноманітності застосовуваних методів статистичної обробки даних. Причини змін стоку багато вчених вбачають у циклах сонячної активності та зміні клімату. Більш очевидною причиною формування динаміки стоку є будівництво каскаду водосховищ, яке призвело до порушення природного живлення річки Дніпро.

Антропогенна трансформація водного режиму та істотне скорочення стоку є причиною деградації водної екосистем р. Дніпро. Виявлення тенденції зміни стоку річки являє собою складну задачу на підставі недосконалості методів вимірювання та просторового варіювання параметрів, стохастичною природою зміни.

Постановка завдання. Встановити антропогенно-кліматичну обумовленість зміни стоку річки Дніпро, визначити основні етапи його формування та здійснити прогноз до 2030 року.

Матеріали та методи досліджень. У дослідженні використані фактичні значення приземної температури повітря (T , °C) та суми атмосферних опадів (P , мм) по даним станції Херсон за 77 років (1945–2021 рр.), данні щорічних змін параметрів стоку Дніпра (W , м³/с) за 73 роки, фіксованих на різних створах: 1936–1975 рр. (с. Лоцманська Кам'янка в межах м. Дніпро) – першоджерело даних Г.І. Швеця [21], 1976–2008 рр. (м. Херсон) – фактичні спостереження Херсонської гідробіологічної станції НААН України.

З метою проведення ретроспективного аналізу, визначення часових закономірностей формування кліматичних умов (енергія клімату) та стоку річки, оцінки різномірності часових періодів використано наступні методи дослідження: метод описової статистики, регресійного аналізу та метод різницевих інтегральних кривих модульних коефіцієнтів. З процесі визначення циклічних складових та виявлення найбільших значень періодограми формування часових рядів використано метод одномірного аналізу Фур'є [22].

Середньорічне значення надходження енергії клімату (Q , МДж/м²) [23–25] на поверхню землі розраховано за формулою:

$$Q = 41,868R \cdot e^{(-18,8 \frac{R^{0,73}}{P})} \quad (1)$$

де R – баланс сонячної радіації, ккал/см²; P – растр річної суми атмосферних опадів, мм.

Надходження балансу сонячної радіації (R , ккал/см²) розраховано за формулою:

$$R = \frac{122,72T + 923,54}{41,868} \quad (2)$$

де T – середньорічне значення температури приземної температури повітря, °C

Ретроспективне дослідження та прогнозування змін енергії клімату здійснено із урахуванням основних складових часових процесів за формулою:

$$Q_t = Tr_t + S_t + C_t + \varepsilon_t, \quad (3)$$

де Q_t – значення енергії клімату; Tr_t – відгук трендової складової; S_t – відгук сезонної складової; C_t – відгук середньорічної циклічної складової; ε_{t-n} – відгук імовірнісної стохастичної або нерегульованої компоненти зміни кліматичних умов.

Для прогнозування змін енергії клімату використано адаптивний метод аналізу часових рядів Хольта-Уінтерса (трьохпараметричне експоненціальне згладжування) [26], який враховує закономірності ретроспективних кліматичних змін, в тому числі циклічну та трендову складову:

$$\begin{cases} L_t = \frac{\alpha Q_t}{C_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \\ T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \\ C_t = \gamma \frac{Q_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-c} \\ \hat{Q}_{t+p} = (L_t + pT_t)C_{t-c+p} \end{cases} \quad (4)$$

де Q_t – ретроспективні значення енергії клімату; L_t – вплив ретроспективних значень на прогноз $t+n$; T_t – трендова складова; C_t – циклічна складова $t+n$; $\hat{Q}_{t+p}$ – значення прогнозу енергії клімату.

Метод Хольта-Уінтерса є одним із найбільш надійних і широко використовуваних у практиці прогнозування, оскільки забезпечує високий ступінь достовірності отриманих результатів.

Крос-кореляційний аналіз використано для встановлення закономірностей впливу антропогенно-кліматичних факторів на динаміку формування стоку річки Дніпро та часової інтерполяції прогнозного періоду гідрологічного ряду.

Для ретроспективного аналізу та прогнозування використано робочі модулі Time series and forecasting (TSF) ліцензованого програмного продукту STATISTICA 10.0.

Результати досліджень. В результаті масштабного гідробудівництва (період 1934–1976 рр.), водний режим на великих долинно-річкових ділянках Дніпра штучно був трансформований з річкового в озерний, що призвело до різкого уповільнення циркуляції водних мас і появи великих зон застою [27]. Створення водосховищ дніпровського каскаду істотно збільшило водоресурсний потенціал України, але при цьому привело до порушення водного стоку, евтрофікації вод, значного підтоплення прибережних територій, абразії берегів, підняття рівня ґрунтових вод, збільшення обсягу підземного стоку, підвищення рівня забруднення підземних вод, порушення ґрунтового живлення річки та інших процесів. Накопичення мулу спричинило порушення водообміну між поверхневими і підземними водами.

Аналіз часових рядів зміни стоку р. Дніпро [28] за період функціонування каскаду водосховищ та зміни клімату показав зменшення середньорічних обсягів стоку (W , м³/с) р. Дніпро 4,3 м³/с в рік (рис. 1а), тобто за 73 роки спостережень середньорічне значення стоку знизилось на 314 м³/с (з 1572 м³/с до 1258 м³/с. У багатоводні роки максимальне значення W варіювало в межах 1970–2860 м³/с, у маловодні в межах 760–1050 м³/с. Багаторічна норма W склала 1450 м³/с з рівнем варіації гідрологічного ряду 26,5%.

За останні 77 років відбулося значне тренд-циклічне підвищення середньорічної температури повітря, асинхронне зменшення суми річних опадів та їх значний, нерівномірний сезонний розподіл. Циклічні складові багаторічного формування кліматичних показників склали: температури повітря – 8 років, сума опадів – 11 років. Останні 25 років (рис. 1б) визначено найбільш екстремальним періодом за частотою аномальних кліматичних проявів, які збільшилися у 3,1 рази (з 23% до 72%), що спричинило зростання температурного режиму за циклічно-поліноміальною закономірністю ($R=0,93$, $R^2=0,86$) і призвело до зростання середньорічної температури повітря в період 1945–2021 рр. на 3,7 °С із середньою швидкістю зростання 0,048 °С на рік.

В період 1998–2021 рр. фіксується систематичне перевищення багаторічної норми (9,8 °С) на 0,7–2,7 °С і більше. Циклічність змін атмосферних опадів знаходиться у асинхронній закономірності змін відносно температурного режиму. В період спостережень сума річних атмосферних опадів змінювалася в межах 186–778 мм (рис. 1:2-а) із рівнем варіації 27,2%, багаторічна норма склала 415 мм (рис. 1в).

Циклічність змін атмосферних опадів і асинхронний хід надходження сонячної радіації обумовлює зниження енергії клімату (Q , МДж/м²), визначає процес формування гідрологічних процесів. Так, річна енергія клімату за 1945–2021 рр. варіювали від 430 до 1350 МДж/м² (рис. 1з), мінімальне його значення зафіксовано у 1945 р., а максимальне – у 1997 р. Встановлено,

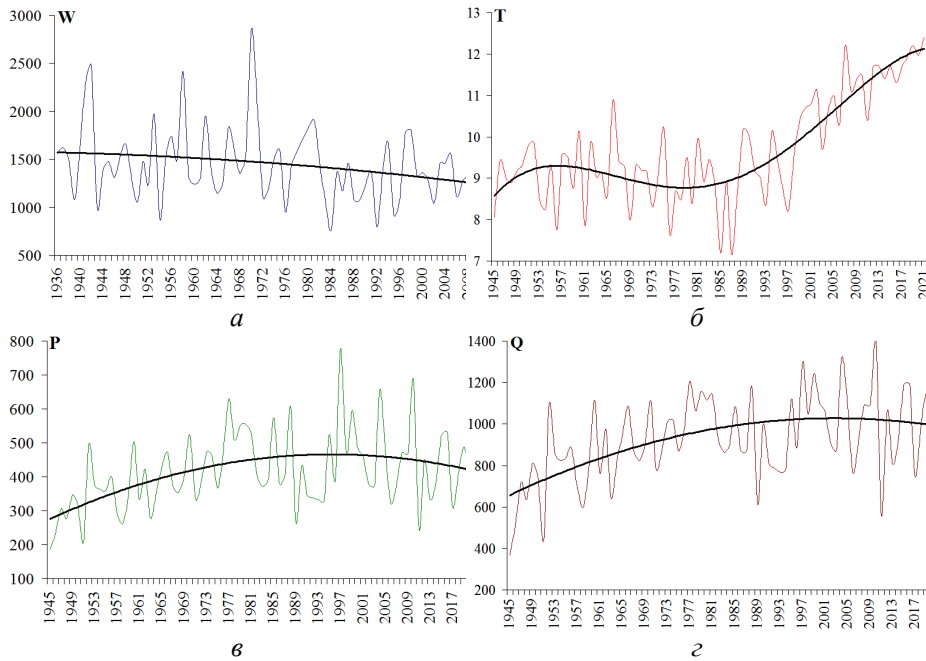


Рис. 1. Динаміка змін клімату та стоку річки Дніпро: а – стоку річки (W , $\text{м}^3/\text{с}$); б – сума атмосферних опадів за рік (P , мм); в – середньорічна температура повітря (T , $^{\circ}\text{C}$); г – надходження енергії клімату за рік (Q , $\text{МДж}/\text{м}^2$)

що з 1997 до 2021 рр. енергія клімату зменшилися на 21,0% (від 1350 до 1070 $\text{МДж}/\text{м}^2$) із середньорічною швидкістю зниження 9,0 $\text{МДж}/\text{м}^2$ на рік.

Антропогенне порушення природного стану водозбору та перетворення руслової системи річки Дніпро обумовило поділ гідрологічного ряду на два періоди (рис. 2а), що добре виокремлюється у результаті перетворення даних із застосуванням методу різницевого інтегральних кривих модульних коефіцієнтів W_i (рис 2б): І період – антропогенна трансформація стоку та становлення нових гідрологічних умов (створення каскаду дніпровських водосховищ – 1936–1977 рр.); ІІ період – антропогенно-кліматично обумовлене формування стоку та стабілізація нових гідрологічних умов (з 1978 р. по теперішній час).

У період трансформації та становлення нового водного режиму річки, середнє багаторічне значення стоку у порівнянні із природними умовами формування стоку зменшилася на 157 $\text{м}^3/\text{с}$ (з 1704,2 $\text{м}^3/\text{с}$ до 1547,2 $\text{м}^3/\text{с}$). В свою чергу середньорічне значення стоку у ІІ-му періоді зменшилося до 1274,7 $\text{м}^3/\text{с}$. В результаті досліджень встановлено, що у період трансформації стоку річки Дніпро (1936–1977 рр.) був відсутній крос-кореляційний зв'язок впливу енергії клімату (рис. 2 в, д) на формування водного режиму ($r=0,11$),

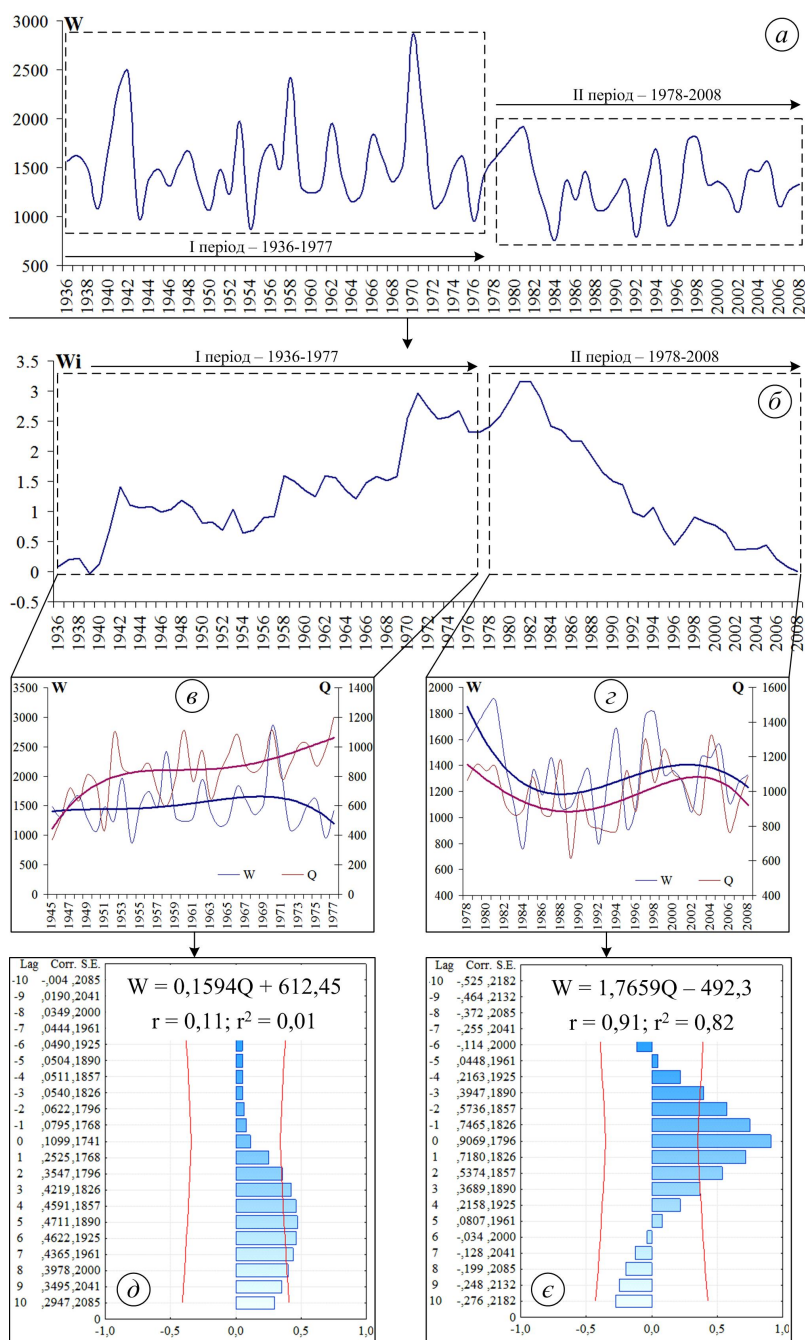


Рис. 2. Періоди формування стоку (W, м³/с) річки Дніпра: а – динаміка W; б – інтегральна крива Wi; в – динаміка W і Q в період 1945–1977 рр.; г – динаміка W і Q в період 1978–2008 рр.; д і е – крос-кореляція значень динаміки W і Q

що обумовлено значним антропогенним впливом на природний стан русла річки та різким зниженням водності, яке спричинено витратами великих об'ємів води на заповнення головних водосховищ каскаду і посиленням водоспоживання.

Другий період антропогенно-кліматично обумовленого формування стоку та стабілізації нових гідрологічних умов характеризується вираженою крос-кореляційною залежністю впливу енергії клімату ($r=0,91$) на тренд-циклічну складову формування водного режиму (рис. 2 з, є) річки Дніпро. Будівництво і функціонування каскаду дніпровських водосховищ докорінно змінило водний режим річки, незначна тенденція зниження стоку р. Дніпра зберігається і в нинішній час. Середньорічне скорочення стоку на теперішній час склало $429,5 \text{ м}^3/\text{с}$. Максимальне значення стоку за даний період не перевищувало $1780 \text{ м}^3/\text{с}$. Внутрішньорічний розподіл стоку характеризується слабкою весняною повинню (в середньому $1680 \text{ м}^3/\text{с}$) і літно-осінньої меженню (в середньому $1090 \text{ м}^3/\text{с}$). Середнє значення стоку за весняний період у порівнянні з періодом до зарегулювання Дніпра зменшилося в 1,93 рази.

Визначена залежність впливу енергії клімату на формування стоку річки Дніпро надає можливості підвищення рівня управління водонакопиченням у каскаді дніпровських водосховищ, що обґрунтовано регулюванням норми та кількості необхідних попусків гідротехнічних споруд для забезпечення належного стоку з метою покращення саморегуляції, самоочищення та самовідновлення Дніпра.

В результаті моделювання динаміки енергії клімату (рис. 3) створено прогнозну модель такого виду:

$$\hat{Q}_{t+n} = \left(\left(\frac{0,3Q_t}{S_{t-11}} + 0,7(L_{(t-1)} + Tr_{t-1}) \right) + n(0,1(L_t - L_{t-1}) + 0,9Tr_{t-1}) \right) \cdot \left(0,1 \frac{Q_t}{L_t} + 0,9S_{t-11} \right)_{t-11+n}$$

де L_t – вплив ретроспективних даних формування енергії клімату на прогнозний період $t+n$; Tr_t – відгук трендової складової; S_t – відгук сезонної складової на прогнозний період $t+n$; $n=10$ років.

Похибка моделей для прогнозування енергії клімату склала 18%.

Висновки. Із застосуванням багатомірної статистики та методів аналізу часових рядів визначено основні етапи ретроспективних змін водного режиму та встановлено високий рівень впливу енергії клімату на формування стоку річки Дніпро. Визначено, що при збереженні тенденції формування кліматичних умов, із ймовірністю в 82%, відбуватиметься стабільне тренд-циклічне зменшення енергії клімату на $10,3 \text{ МДж}/\text{м}^2$ в рік, до 2030 року може становити $1047 \pm 83 \text{ МДж}/\text{м}^2$, що обумовить щорічне зниження стоку річки на $18,1 \text{ м}^3/\text{с}$ в рік і до 2030 року може становити $1357 \pm 147 \text{ м}^3/\text{с}$. Результати детального ретроспективного аналізу і про-

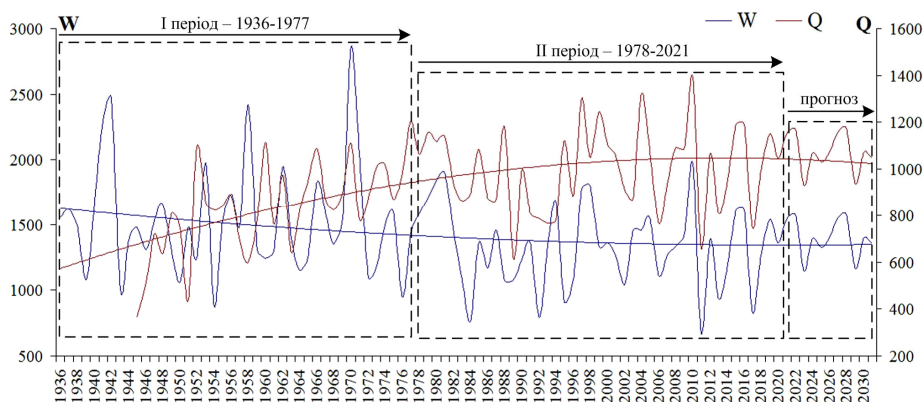


Рис. 3. Динаміка та проноз зміни енергії клімату (Q , МДж/м²) та стоку (W , м³/с) річки Дніпро

гнозування ймовірності змін енергії клімату та його вплив на сток Дніпра, підтверджують перебіг трансформації екосистеми річки, визначають умови і результати антропогенно-кліматичного формування водного режиму та можливих його змін. Встановлена залежність впливу енергії клімату на формування стоку річки Дніпро надає можливості підвищити рівень ефективності управління каскадом дніпровських водосховищ за допомогою обґрунтованого регулювання норм та кількості попусків гідротехнічних споруди для забезпечення належного стоку з метою покращення саморегуляції, самоочищення та самовідновлення Дніпра.

ANTHROPOGENIC AND CLIMATIC CONDITIONALITY OF CHANGES IN THE FLOW OF THE DNIEPER RIVER

¹Potravka L.O. – Doctor of Economic Sciences, Professor;

¹Pichura V.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;

²Iljasevicius Konstantinas – vedėjas, projektų ir gamybos organizavimo skyrius,

¹Kherson State Agrarian and Economic University, Ukraine

²Viešoji įstaiga «Grunto valymo technologijos», Lietuva

pichuravitalii@gmail.com, potravkalarisa@gmail.com

The process of formation of river runoff should be studied from the point of view of its perception as a result of the systemic action of anthropogenic-climatic factors, which have a space-time variability of influence on the change in the water regime of rivers. Changes in water content affect the technical and economic conditions of functioning of economic facilities and complexes, determine the potential costs of protection against dangerous hydrological processes, the quality of life and well-being and health of the population. Anthropogenic transformation of the water regime and significant reduction of runoff has been the cause of degradation of the water ecosystems of the Dnieper

River. Detection of the trend of changes in the flow of the river was a complex task has based on the imperfection of measurement methods and spatial variation of parameters, the stochastic nature of the change. The studies have used the actual values of climate dynamics in this station Kherson for the period of 1945-2021 years and data on annual changes in the flow parameters of the Dnieper for 1936-2008 years. Two periods of formation of hydrological series are defined: I period – anthropogenic transformation of runoff and formation of new hydrological conditions (creation of cascade of Dnieper reservoirs – 1936-1977 years); II period – anthropogenically and climatically determined formation of runoff and stabilization of new hydrological conditions (since 1978 to the present). It was found that in the first period there was no cross-correlation relationship of the influence of climate energy on the formation of the water regime ($r = 0.11$), which was due to a significant anthropogenic effect on the natural state of the river bed and a sharp decrease in water content. The second period is characterized by a pronounced cross-correlation dependence of the influence of climate energy ($r = 0.91$) on the trend-cyclic component of the formation of the water regime of the Dnieper River. According to the results of forecasting, it has been determined that with continued trends in the formation of climatic conditions, there would be a stable trend-cyclic decrease in climate energy by 10.3 MJ/m^2 per year, which would lead to an annual decrease in river flow by $18.1 \text{ m}^3/\text{s}$ per year. The established dependence of climate energy on the formation of the Dnieper River drain has provided opportunities to increase the level of efficiency of managing the cascade of Dnieper reservoirs by means of reasonable regulation of norms and the number of releases of hydraulic structures to ensure proper runoff in order to improve self-regulation, self-cleaning and self-renewal of the Dnieper.

Keywords: climate, anthropogenic load, river flow, water regime, modeling, forecasting, management, Dnieper River.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jayawardena A. W., Li W. K., Xu P. Neighbourhood selection for local modelling and prediction of hydrological time series. *Journal of Hydrology*. 2002. Vol. 258(1–4). P. 40–57.
2. Прытков М. Я., Виноградова О. М. Районирование бассейна Ладожского озера по условиям формирования годового стока рек. *География и природные ресурсы*. 2007. № 1. С. 76–83.
3. Lisetskii F., Polshina M., Pichura V., Marinina O. Climatic factor in long-term development of forest ecosystems. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*. 2017. Vol. 17 (32). P. 765–774.
4. Пічура В. І. Басейнова організація природокористування на водозбірній території транскордонної річки Дніпро. Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 380 с.
5. Пічура В. І. Атлас екологічного стану басейну ріки Дніпро. Херсон : «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 36 с.
6. Pichura V. I., Malchykova D. S., Ukrainskij P. A., Shakhman I. A., Bystriantseva A. N. Anthropogenic transformation of hydrological regime of the Dnieper river. *Indian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 45(3). P. 445–453.

7. Pichura V. I., Potravka L. A., Skrypchuk P. M., Stratchuk N. V. Anthropogenic and climatic causality of changes in the hydrological regime of the Dnieper river. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21 (4). P. 1–10.
8. Oti J. O., Kabo-Bah A. T., Ofori E. Hydrologic response to climate change in the Densu River Basin in Ghana. *Heliyon*. 2020. Vol. 6(8). URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04722>
9. Lisetskii F. Rivers in the focus of natural-anthropogenic situations at catchments. *Geosciences (Switzerland)*. 2021. Vol. 11(2). P. 1–6.
10. Assan E., Suvedi M., Olabisi L. S., Bansah K. J. Climate change perceptions and challenges to adaptation among smallholder farmers in semi-arid Ghana: A gender analysis. *Journal of Arid Environments*. 2020. Vol. 182. 104247. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104247>
11. Ukrainskiy P., Terekhin E., Gusarov A., Lisetskii F., Zelenskaya E. The influence of relief on the density of light-forest trees within the small-dry-valley network of uplands in the forest-steppe zone of eastern Europe. *Geosciences (Switzerland)*. 2020. Vol. 10(11). P. 1–18.
12. Пічура В. І. Геомодельовання водно-ерозійних процесів у басейні річки Дніпро. *Agroecological journal*. 2016. № 4. С. 66–75.
13. Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A., Stratchuk N. V. Geomodelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. Vol. 20(8). P. 192–198.
14. Пічура В. І. Геомодельовання зональної небезпеки забруднення біогенними речовинами поверхневих вод у транскордонному басейні Дніпра. *Біоресурси і природокористування*. 2017. Том 9, № 1–2. С. 24–36.
15. Осадчий В. І., Набиванець Б. Й., Осадча Н. М., Набиванець Ю. Б. Гідрохімічний довідник. Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу. Київ: Ніка-Центр, 2008. 656 с.
16. Вишневський В. І., Сташук В. А., Сакевич А. М. Водогосподарський комплекс у басейні Дніпра. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2011. 188 с.
17. Хільчевський В. К., Ромась І. М., Ромась М. І. та ін. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра. Київ: Ніка-Центр, 2007. 184 с.
18. Гребінь В. В. Географо-гідрологічний аналіз як метод досліджень сучасних змін водного режиму річок. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2006. № 9. С. 17–30.
19. Юшкина О. А. Анализ и прогноз временной изменчивости речного стока методами нелинейной динамики: автореферат диссертации кандидата географических наук. Иркутск, 2009. 20 с.
20. Андрианова О. Р., Белевич Р. Р., Скипа М. И. О некоторых особенностях климатической изменчивости расходов рек Дуная, Днепра и уровня моря в Одессе в XX столетии. URL: <http://www.ecologylife.ru/ekologiya->

chernogomorya-2003/o-nekotoryih-osobennostyah-klimaticheskoy-izmenchivosti-rashodovrek-dunaya-dnepra-i-urovnya-morya-v-odesse-v-xx-stoletii.html#more-1392

21. Швец Г. И. Многовековая изменчивость стока Днепра. Москва: Гидрометеиздат, 1979. 84 с.
22. Lisetskii F. N., Matsibora A. V., Pichura V. I. Geodatabase of Buried Soils for Reconstruction of Palaeoecologic Conditions in The Steppe Zone of East European Plain. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. Vol. 7(5). P. 1637–1643.
23. Lisetskii F., Chepelev O. Quantitative substantiation of pedogenesis model key components. *Advances in Environmental Biology*. 2014. No 8(4). P. 996–1000.
24. Пічура В. І. Кліматична обумовленість ґрунтоутворення на території транскордонного басейну Дніпра. *Біоресурси і природокористування*. 2016. Том 8, № 5-6. С. 26–38.
25. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Vdovenko N. Space-Time Modeling of Climate Change and Bioclimatic Potential of Steppe Soil. *Indian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 48(3). P. 671–680.
26. Anderson T. Statistical analysis of time series. Moscow: Nauka. 1976. 343.
27. Pichura V. I., Potravka L. A., Skrypchuk P. M., Stratchuk N. V. Anthropogenic and climatic causality of changes in the hydrological regime of the Dnieper river. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21(4). P. 1–10.
28. Pichura V. I., Potravka L. A., Dudiak N. V., Skrypchuk P. M., Stratchuk N. V. Retrospective and Forecast of Heterochronal Climatic Fluctuations Within Territory of Dnieper Basin. *Indian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 46(2). P. 402–407.

REFERENCES

1. Jayawardena A. W., Li W. K., Xu P. (2002). Neighbourhood selection for local modelling and prediction of hydrological time series. *Journal of Hydrology*, vol. 258(1–4), 40–57.
2. Prytkov M. Ya., Vinogradova O. M. (2007). *Raynonirovanie basseyna Ladozhskogo ozera po usloviyam formirovaniya godovogo stoka rek* [Regionalization of the use of Lake Ladoga according to the conditions for the formation of the annual river flow]. *Geography and natural resources*, no. 1, 76–83. [in Russian].
3. Lisetskii F., Polshina M., Pichura V., Marinina O. (2017) Climatic factor in long-term development of forest ecosystems. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, vol. 17 (32), 765–774.

4. Pichura V. I. (2020). *Basejnova organizacija pryrodokorystuvannja na vodozbirnij terytorii 'transkordonnoi' richky Dnipro* [Basin organization of nature conservation on the water-collecting territory of the transborder river Dnipro]. Kherson: "OLDI-PLUS". [in Ukrainian].
5. Pichura V. I. (2020). *Atlas ekologichnogo stanu basejnu riky Dnipro* [Atlas of the ecological state of the Dnipro river basin]. Kherson: "OLDI-PLUS". [in Ukrainian].
6. Pichura V. I., Malchykova D. S., Ukrainskij P. A., Shakhman I. A., Bystriantseva A. N. (2018). Anthropogenic transformation of hydrological regime of the Dnieper river. *Indian Journal of Ecology*, vol. 45(3), 445–453.
7. Pichura V. I., Potravka L. A., Skrypchuk P. M., Strachuk N. V. (2020). Anthropogenic and climatic causality of changes in the hydrological regime of the Dnieper river. *Journal of Ecological Engineering*, vol. 21(4), 1–10.
8. Oti J. O., Kabo-Bah A. T., Ofosu E. (2020). Hydrologic response to climate change in the Densu River Basin in Ghana. *Heliyon*, vol. 6(8). URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04722>
9. Lisetskii F. (2021). Rivers in the focus of natural-anthropogenic situations at catchments. *Geosciences (Switzerland)*, vol. 11(2), 1–6.
10. Assan E., Suvedi M., Olabisi L.S., Bansah K.J. (2020) Climate change perceptions and challenges to adaptation among smallholder farmers in semi-arid Ghana: A gender analysis. *Journal of Arid Environments*, vol. 182, 104247. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104247>
11. Ukrainskiy P., Terekhin E., Gusarov A., Lisetskii F. Zelenskaya E. (2020). The influence of relief on the density of light-forest trees within the small-dry-valley network of uplands in the forest-steppe zone of eastern Europe. *Geosciences (Switzerland)*, vol. 10(11), 1–18.
12. Pichura V. I. (2016). *Geomodeljuvannja vodno-erozijnyh procesiv u basejni richky Dnipro* [Geomodeling of water erosion processes in the Dnipro River Basin]. *Agroecological journal*, no 4, 66–75. [in Ukrainian].
13. Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A., Strachuk N. V. (2019). Geomodeling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion. *Journal of Ecological Engineering*, vol. 20(8), 192–198.
14. Pichura V. I. (2017). *Geomodeljuvannja zonal'noi' nebezpeky zabrudnennja biogennymi rehovynamy poverhnevnyh vod u transkordonnomu basejni Dnipro* [Geomodeling of the zonal danger of surface water contamination by biogenic substances in the transboundary Dnipro basin]. *Bioresources and nature management*, vol. 9, no. 1-2, 24–36. [in Ukrainian].
15. Osadchij V. I., Nabyvanets B. Y., Osadcha N. M., Nabyvanets Y. B. (2008). *Gidrohimichnyj dovidnyk. Poverhnevi vody Ukrai'ny. Hidrohimichni rozrahunky. Metody analizu*. [Hydrochemical handbook. Surface waters of

- Ukraine. Hydrochemical calculations. Methods of analysis]. Kyiv : Nika-Center. [in Ukrainian].
16. Vishnevskiy V. I., Stashuk V. A., Sakevich A. M. (2011). *Vodogospodars'kyj kompleks u basejni Dnipra* [Water management complex in the Dnipro basin]. Kyiv: Interpress LTD. [in Ukrainian].
 17. Khilchevskiy V. K., Romas I. M., Romas M. I. etc. (2007). *Gidrolo-go-gidrohimična harakterystyka minimal'nogo stoku richok basejnu Dnipra* [Hydrological and hydrochemical characteristics of the minimum flow of the rivers of the Dnipro basin]. Kyiv: Nika-Center. [in Ukrainian].
 18. Hrebin V. V. (2006). *Geografo-gidrologichnyj analiz jak metod doslidzhen' suchasnyh zmin vodnogo rezhymu richok* [Geographical and hydrological analysis as a method of researching modern changes in the water regime of rivers]. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, no. 9, 17–30. [in Ukrainian].
 19. Yushkina O. A. (2009). *Analiz i prognoz vremennoy izmenchivosti rechnogo stoka metodami nelineynoy dinamiki: avtoreferat dissertatsii kandidata geograficheskikh nauk* [Analysis and forecast of temporal variability of river flow by methods of nonlinear dynamics: abstract of the thesis of the Candidate of Geographical Sciences]. Irkutsk. [in Russian].
 20. Andrianova O. R., Belevich R. R., Skipa M. I. *O nekotorykh osobennostyakh klimaticheskoy izmenchivosti rashodov rek Dunaya, Dnepra i urovnya morya v Odesse v XX stoletii* [About some features of the climatic variability of the flows of the Danube, Dnieper and sea levels in Odessa in the 20th century]. URL: <http://www.ecologylife.ru/ekologiya-chernogomorya-2003/o-nekotoryih-osobennostyah-klimaticheskoy-izmenchivosti-rashodovrek-dunaya-dnepra-i-urovnya-morya-v-odesse-v-xx-stoletii.html#more-1392>. [in Russian].
 21. Shvets G. I. (1979). *Mnogovekovaya izmenchivost' stoka Dnepra* [Centuries-old variability of the Dnieper runoff]. Moscow: Gidrometeoizdat. [in Russian].
 22. Lisetskii F. N., Matsibora A. V., Pichura V. I. (2016). Geodatabase of Buried Soils for Reconstruction of Palaeoecologic Conditions in The Steppe Zone of East European Plain. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, vol. 7(5), 1637–1643.
 23. Lisetskii F., Chepelev O. (2014). Quantitative substantiation of pedogenesis model key components. *Advances in Environmental Biology*, no. 8(4), 996–1000.
 24. Pichura V. I. (2016). *Klimatychna obumovlenist' g'runtoutvorennja na terytorii' transkordonnogo basejnu Dnipra* [Climatic conditioning of soil formation in the territory of the transboundary basin of the Dnipro]. *Bioresources and nature management*, vol. 8(5–6), 26–38. [in Ukrainian].

25. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Vdovenko N. (2021). Space-Time Modeling of Climate Change and Bioclimatic Potential of Steppe Soil. *Indian Journal of Ecology*, vol. 48(3), 671–680.
26. Anderson T. (1976). Statistical analysis of time series. Moscow: Nauka.
27. Pichura V. I., Potravka L. A., Skrypchuk P. M., Strachuk N. V. (2020). Anthropogenic and climatic causality of changes in the hydrological regime of the Dnieper river. *Journal of Ecological Engineering*, vol. 21(4), 1–10.
28. Pichura V. I., Potravka L. A., Dudiak N. V., Skrypchuk P. M., Strachuk N. V. (2019). Retrospective and Forecast of Heterochronal Climatic Fluctuations Within Territory of Dnieper Basin. *Indian Journal of Ecology*, vol. 46(2), 402–407.

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ ТА АКВАКУЛЬТУРА

Водные биоресурсы и аквакультура

Water bioresources and aquaculture

Науковий

журнал

2(12)/2022

Коректура • М. Бабич
Комп'ютерна верстка • В. Гайдабрус

Формат 70x100/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсетний. Цифровий друк. Обл.-вид. арк. 12,17. Ум. друк. арк. 16,74.
Підписано до друку 09.12.2022. Наклад 100 прим. Замовлення № 1222/508

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.