

Анотація

ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ ПОНИЗЗЯ ДУНАЮ НА ПАРАЗИТИЧНУ ІНВАЗІЮ ІХТІОФАУНИ

Коваленко Д.О., магістр кафедри Водних біоресурсів та аквакультури

Екологічні умови пониззя Дунаю мають значний вплив на формування та інтенсивність паразитичної інвазії іхтіофауни. Зміни гідрологічного режиму, рівня солоності, температури води, а також антропогенний вплив, зокрема забруднення та зарегулювання стоку, створюють сприятливі умови для розвитку паразитів. Особливості біотопів пониззя, багатство кормової бази та висока щільність риб сприяють передачі паразитів між хазяями. Найбільше паразитичне навантаження зазвичай реєструється у видів риб, які мешкають у ділянках з уповільненою течією та значною кількістю органічного матеріалу, що є середовищем для розвитку проміжних хазяїв паразитів. Таким чином, стан довкілля в пониззі Дунаю прямо впливає на епізоотологічну ситуацію та здоров'я іхтіофауни регіону.

Мета роботи полягала у дослідженні впливу екологічних умов пониззя Дунаю на паразитарну інвазію іхтіофауни та визначення можливих шляхів зменшення ризиків поширення паразитів.

Завданнями роботи передбачалось оцінити основні екологічні фактори, що впливають на розвиток паразитів у водних екосистемах пониззя Дунаю, провести аналіз поширення паразитів серед ключових видів риб регіону, визначити зв'язок між забрудненням води та інтенсивністю паразитарних інвазій, та запропонувати заходи для зниження паразитарного навантаження у водних екосистемах.

У результаті проведених досліджень впливу екологічних умов пониззя Дунаю на паразитичну інвазію іхтіофауни було виявлено, що рівень паразитарного навантаження залежить від гідрологічного режиму, якості води, наявності природних біотопів та антропогенного впливу.

Кваліфікаційна магістерська робота виконана на 71 сторінці, містить 7 рисунків, 19 таблиць та 43 літературних джерела.

Ключові слова: Пониззя Дунаю, іхтіофауна, паразитарна інвазія, екологічні умови, антропогенний вплив, біорізноманіття, рибництво, рибний промисел.

SUMMARY

THE INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN THE LOWER DANUBE ON THE PARASITIC INVASION OF FISH FAUNA,

Kovalenko D. master of the Water bioresources and aquaculture department

The ecological conditions of the lower Danube have a significant impact on the formation and intensity of parasitic invasion of ichthyofauna. Changes in the hydrological regime, salinity level, water temperature, as well as anthropogenic impact, in particular pollution and regulation of runoff, create favorable conditions for the development of parasites. The features of the lower Danube biotopes, the richness of the food base and the high density of fish contribute to the transmission of parasites between hosts. The highest parasitic load is usually recorded in fish species that live in areas with slow flow and a significant amount of organic material, which is an environment for the development of intermediate hosts of parasites. Thus, the state of the environment in the lower Danube directly affects the epizootological situation and the health of the ichthyofauna of the region.

The aim of the work was to study the impact of environmental conditions in the lower Danube on parasitic invasion of ichthyofauna and to identify possible ways to reduce the risks of parasite spread

The objectives of the work were to assess the main environmental factors affecting the development of parasites in aquatic ecosystems in the lower Danube, to analyze the distribution of parasites among key fish species in the region, to determine the relationship between water pollution and the intensity of parasitic invasions, and to propose measures to reduce the parasitic load in aquatic ecosystems

As a result of the research on the impact of environmental conditions in the lower Danube on parasitic invasion of ichthyofauna, it was found that the level of parasitic load depends on the hydrological regime, water quality, the presence of natural biotopes and anthropogenic impact.

The qualification master's thesis is completed on 71 pages, contains 7 figures, 19 tables and 43 literary sources.

Keywords: Lower Danube, ichthyofauna, parasitic invasion, ecological conditions, anthropogenic impact, biodiversity, fish farming, fishing.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1 АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІХТІОПАРАЗИТОЛОГІЇ ТА ЇХ ВПЛИВ НА АКВАКУЛЬТУРУ	5
1.1 Сучасний стан іхтіопаразитології в Україні та різних країнах світу	5
1.2 Паразитарні епідемії в аквакультурі	10
1.3 Взаємозв'язок екологічних умов та паразитарних інвазій іхтіофауни	16
2 ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОНИЗЗЯ ДУНАЮ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА ПАРАЗИТИЧНІ ІНВАЗІЇ ІХТІОФАУНИ	19
2.1 Екологічні умови пониззя Дунаю: фізико-хімічні, біологічні та антропогенні фактори	19
2.2 Вплив екологічних умов пониззя Дунаю на паразитичну інвазію іхтіофауни	24
2.3 Поширення паразитів у дунайському оселедці	30
3 ІХТІОФАУНА ТА ПАРАЗИТАРНІ ІНВАЗІЇ ПОНИЗЗЯ ДУНАЮ: ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА БІОІНДИКАТОРНА РОЛЬ	33
3.1 Видовий склад іхтіофауни пониззя Дунаю.	33
3.2 Паразитичний склад риб: видова і кількісна характеристика.	35
3.3 Механізми адаптації паразитів до змін екологічних умов.	43
3.4 Роль риб як біоіндикаторів екологічного стану водойм.	51
ВИСНОВКИ	65
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	67

ВСТУП

Пониззя Дунаю — одна з найважливіших екосистем Європи, яка характеризується унікальним біорізноманіттям, зокрема, багатою іхтіофауною. Ця територія є важливим рибпромисловим і рекреаційним ресурсом для багатьох країн. Однак екологічні умови пониззя Дунаю значно впливають на стан здоров'я риб, зокрема, сприяють поширенню паразитів. Паразитарні інвазії можуть знижувати продуктивність рибних популяцій, спричиняти захворювання, а також мати економічні та екологічні наслідки. Вивчення цих процесів є ключовим для забезпечення сталого використання рибних ресурсів регіону. [1]

Екологічні умови пониззя Дунаю зазнають значного антропогенного впливу, включаючи забруднення води, зміни гідрологічного режиму та кліматичні зміни. Ці фактори створюють сприятливі умови для поширення паразитів серед іхтіофауни. Аналіз паразитарних інвазій є важливим для збереження рибних ресурсів, оскільки вони впливають як на природні популяції риб, так і на аквакультуру. [1]

Паразити є невід'ємною частиною водних екосистем і відіграють важливу роль у функціонуванні популяцій та екосистем. Водночас паразитарні інвазії можуть мати серйозні наслідки для іхтіофауни, впливаючи на її фізіологічний стан, продуктивність і виживання. Умови навколишнього середовища значною мірою визначають інтенсивність, поширення та динаміку паразитарних інвазій. Наприклад, підвищення температури води може стимулювати розмноження паразитів, тоді як забруднення води сприяє послабленню імунітету риб. Вивчення впливу екологічних умов пониззя Дунаю на паразитарну інвазію іхтіофауни є важливим для розуміння взаємодій між паразитами, господарями та середовищем. Це дослідження допоможе ідентифікувати ключові екологічні

фактори, які впливають на паразитарний тиск, і запропонувати шляхи мінімізації негативного впливу на іхтіофауну.

Метою кваліфікаційної роботи магістра стало дослідження впливу екологічних умов пониззя Дунаю на паразитарну інвазію іхтіофауни та визначення можливих шляхів зменшення ризиків поширення паразитів.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

1. Оцінити основні екологічні фактори, що впливають на розвиток паразитів у водних екосистемах пониззя Дунаю.
2. Провести аналіз поширення паразитів серед ключових видів риб регіону.
3. Визначити зв'язок між забрудненням води та інтенсивністю паразитарних інвазій.
4. Запропонувати заходи для зниження паразитарного навантаження у водних екосистемах.

Об'єкт дослідження - іхтіофауна пониззя Дунаю, зокрема різноманітні види риб, які мешкають у цій екосистемі.

Предмет дослідження - паразитичні інвазії, що впливають на риб пониззя Дунаю, та їх залежність від екологічних умов (фізико-хімічні параметри води, рівень забруднення, сезонні зміни, наявність біотичних і абіотичних факторів).

1 АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІХТІОПАРАЗИТОЛОГІЇ ТА ЇХ ВПЛИВ НА АКВАКУЛЬТУРУ

1.1 Сучасний стан іхтіопаразитології в Україні та різних країнах світу

Іхтіопаразитологія - наука, що вивчає паразитів риб, їхній вплив на організм хазяїна, взаємодію між паразитом і навколишнім середовищем, а також методи боротьби з паразитарними хворобами риб. Ця галузь науки є важливою складовою аквакультури, іхтіології та біології водних екосистем.

Риби є важливим джерелом білка для людини, тому здоров'я риб напряду впливає на економіку рибного господарства та безпеку харчових продуктів. Вивчення паразитів риб також допомагає розуміти еволюційні процеси, екосистемні взаємозв'язки та біорізноманіття. [1-2]

У світі іхтіопаразитологія розвивається швидкими темпами завдяки новітнім методам досліджень, таким як:

1. Молекулярна біологія: генетичний аналіз паразитів дає змогу ідентифікувати види, вивчати їхню еволюцію та шляхи передачі.
2. Екологічні дослідження: досліджуються зв'язки між паразитами, господарями та середовищем.
3. Цифрові технології: аналіз великих даних (Big Data) допомагає прогнозувати поширення паразитів і оцінювати їхній вплив на аквакультуру.

Основна увага міжнародної спільноти приділяється:

- розробці вакцин проти паразитарних хвороб;
- вивченню глобального потепління, яке сприяє зміні ареалу паразитів;
- розробці екологічно безпечних методів контролю паразитів.

Сучасний стан іхтіопаразитології в різних країнах світу

Іхтіопаразитологія — наука, що вивчає паразитів, які інфікують риб, а також механізми їхнього розвитку, поширення та впливу на здоров'я водних

організмів. Сучасний стан іхтіопаразитології значною мірою залежить від економічних, екологічних і соціальних умов конкретної країни, розвитку аквакультури, наукових досліджень та застосування новітніх технологій в боротьбі з паразитами. [2]

Європа. Італія, Норвегія, Франція, Великобританія — країни, в яких активно розвиваються аквакультурні господарства, зокрема з вирощування лососевих і інших риб. Тут вивчення іхтіопаразитів зосереджено на:

- Лососевих паразитах: Важливе значення має вивчення паразитів, таких як *Lereophtheirus salmonis* (паразит лососів, або морський вош) і *Caligus spp.*, які є основними загрозами для інтенсивно вирощуваних популяцій лосося в аквакультурі.

- Молекулярна діагностика: В Європі широко застосовуються молекулярні методи для визначення видів паразитів, таких як ПЛР та секвенування, що дозволяє точніше виявляти інфекції на ранніх стадіях.

- Профілактика і контроль: В Норвегії активно розвиваються методи біологічного контролю паразитів, включаючи використання чистильників і використання природних хижаків для боротьби з ектопаразитами. [2]

США та Канада. У США та Канаді значну увагу приділяють дослідженню паразитів, що вражають прісноводні й морські види риб, особливо в аквакультурі та риболовлі. Особливістю цих країн є активне використання новітніх технологій в іхтіопаразитології:

- Нова методика лікування і контролю: В Канаді, яка є великим виробником лососевої продукції, активно використовуються генетичні методи для моніторингу стійкості паразитів до лікувальних препаратів.

- Захворювання в дикій природі: Окрім аквакультури, в США велика увага надається паразитарним інфекціям серед диких риб, таких як інвазії *Ichthyophthirius multifiliis* і *Trichodina*, що мають екологічне значення для здоров'я природних популяцій риб. [2]

Азербайджан, Туреччина та країни Центральної Азії. В країнах, де розвинена рибна аквакультура на базі прісних водойм, таких як

Азербайджан, Туреччина та Казахстан, вивчення іхтіопаразитів має значення для розвитку інтенсивного рибоводства, зокрема для карпів і форелей.

- Проблеми з гельмінтами: Зараз активно вивчаються плоскі черв'яки (гельмінти), які можуть заражати рибу і викликати серйозні хвороби. У Туреччині й Азербайджані дослідження зосереджено на боротьбі з паразитами в озерах та ставках.

- Застосування фітотерапії: В деяких країнах застосовуються природні методи боротьби з паразитами, такі як використання лікувальних трав і біопрепаратів, що дозволяє знижувати кількість хімічних речовин в рибництві. [2]

Японія та Китай. У Японії та Китаї, де аквакультура займає важливу частину економіки, вивчення паразитарних захворювань є важливим аспектом забезпечення здоров'я риби. Китай є одним з найбільших виробників риби в світі, тому паразитарні інфекції можуть мати значні економічні наслідки.

- Особливості кліматичних умов: Тропічний та субтропічний клімат цих країн сприяє швидкому розмноженню паразитів, тому вивчення екологічних факторів, які впливають на паразитизм, є важливим.

- Інтенсивне застосування антибіотиків та хіміотерапії: У Китаї та Японії застосовують антибіотики і хімічні препарати для боротьби з паразитами. Проте існує проблема розвитку стійкості паразитів до деяких ліків. [2-3]

Латинська Америка (Бразилія, Чилі, Перу). У країнах Латинської Америки, зокрема в Чилі та Бразилії, інтенсивне виробництво риби, особливо лосося, створює значні проблеми з паразитами. В цих країнах активний розвиток іхтіопаразитології спрямований на:

- Морські паразити: У Чилі вивчають паразитів морських риби, зокрема морських вошей (*Lepeophtheirus salmonis*), які є серйозною загрозою для лососевих аквакультур.

- Контроль за здоров'ям риб: Проблема високої щільності риб у водоймах, що сприяє розвитку паразитів, змушує ці країни розвивати методи інтенсифікації аквакультури з урахуванням контролю паразитарних хвороб.

Австралія та Новозеландія. В Австралії та Новій Зеландії, де також розвинена аквакультура, особливу увагу приділяють паразитам, що можуть впливати на продуктивність рибних господарств:

- Ектопаразити в аквакультурі: Вивчаються паразити, які вражають шкіру та зябра риб, а також відзначають проблему ускладнень через паразитичні інвазії, що виникають через антропогенні фактори, такі як забруднення води.

- Моніторинг стану води та риб: Застосовуються сучасні технології моніторингу води і аналізу здоров'я риб, включаючи автоматизовані системи для виявлення паразитів. [3]

Сучасна іхтіопаразитологія активно розвивається завдяки прогресу в молекулярній діагностиці та біологічних методах боротьби з паразитами, що дозволяє ефективно контролювати епідемії паразитарних захворювань. Обмін досвідом між країнами та вивчення екологічних факторів, що впливають на паразитизм, сприяють вирішенню проблем, що виникають в умовах глобалізації та зміни клімату. Глобалізація міжнародної торгівлі рибою сприяє поширенню інвазивних паразитів, що можуть викликати серйозні екологічні та економічні проблеми. Транспортування живих риб, баластні води суден та незаконна торгівля рибою сприяють перенесенню паразитів, таких як *Gyrodactylus salaris*, *Anisakis* spp., і *Lernaea cyprinacea*, що завдають шкоди місцевим екосистемам і рибним господарствам, а також можуть становити загрозу для здоров'я людини. [3]

Інвазивні паразити мають серйозні екологічні та економічні наслідки. Зокрема, вони спричиняють зменшення біорізноманіття, витісняючи місцеві види або значно знижуючи їхню чисельність. У рибному господарстві такі паразити призводять до втрат врожаїв, підвищують витрати на профілактику та лікування, що завдає значних економічних збитків. Крім того, поширення

інвазивних паразитів порушує екологічний баланс у водоймах, змінюючи харчові ланцюги та погіршуючи стан екосистем. Для людини вони також становлять ризик, оскільки певні види, як-от *Opisthorchiidae* чи *Clonorchis sinensis*, можуть інфікувати організм при вживанні недостатньо обробленої риби. [4]

Методи боротьби з поширенням інвазивних паразитів

1. Посилення контролю на кордонах. Введення суворих санітарних норм для імпорту рибної продукції.

2. Міжнародна співпраця. Спільні зусилля різних країн у відстеженні й запобіганні поширенню паразитів через торгівлю.

3. Освітні кампанії. Інформування громадськості та рибогосподарств про ризики інвазивних паразитів і методи профілактики.

4. Інноваційні підходи. Використання біотехнологій для виявлення та знищення паразитів, а також генетично стійких до інфекцій порід риб.

Поширення інвазивних видів паразитів через глобальну торгівлю рибою є серйозною проблемою для екології, економіки та здоров'я людини. Ефективна боротьба з цим явищем потребує комплексного підходу, включаючи посилення міжнародного співробітництва, контроль за імпортом та використання новітніх технологій. Зменшення ризиків поширення паразитів сприятиме сталому розвитку аквакультури та збереженню екосистем планети. [4]

В Україні іхтіопаразитологія має давні традиції, зокрема завдяки працям українських учених, таких як М.М. Павловський та І.О. Нікіфоров.

Актуальні напрями досліджень включають:

- Моніторинг паразитів у природних і штучних водоймах: зростання інтенсивності рибогосподарської діяльності вимагає постійного контролю.
- Дослідження екологічного впливу: вивчення зв'язку між забрудненням водойм і поширенням паразитів.
- Розробка методів лікування та профілактики: використання сучасних антигельмінтиків, фітопрепаратів та пробіотиків. [4]

Серед актуальних проблем в Україні виділяється погіршення екологічного стану водойм, що створює сприятливі умови для зростання чисельності паразитів. Це ускладнюється недостатнім фінансуванням іхтіологічних досліджень, які є ключовими для моніторингу та боротьби з інвазивними видами. Додатково, існує гостра потреба в оновленні науково-технічної бази, що обмежує можливості проведення ефективних досліджень та впровадження сучасних методів контролю за паразитарними інвазіями. [5]

Для подальшого розвитку іхтіопаразитології необхідні:

- створення сучасних лабораторій для діагностики паразитарних захворювань;
- міжнародна співпраця у сфері контролю за інвазивними видами;
- впровадження інтегрованих систем боротьби з паразитами, що поєднують біологічні, хімічні та екологічні методи.

Іхтіопаразитологія є однією з ключових галузей науки, яка сприяє збереженню біорізноманіття, підвищенню ефективності рибного господарства та забезпеченню продовольчої безпеки. В Україні та світі наука розвивається завдяки впровадженню інноваційних підходів, однак потребує подальшого фінансування й уваги з боку держав та міжнародних організацій.[5]

1.2 Паразитарні епідемії в аквакультурі

Паразитарні епідемії в аквакультурі є однією з основних загроз, які можуть негативно впливати на здоров'я водних організмів та економіку аквакультурних господарств. Паразитичні інфекції в рибах і молюсках можуть викликати масову загибель, знижувати продуктивність, порушувати імунну систему організмів, а також передаватися на інші популяції. Крім того, паразитарні захворювання можуть бути перенесені через воду, корми та

устаткування, що ускладнює їх контроль і зменшує ефективність аквакультурного виробництва. [6]

Паразитарні захворювання в аквакультурі охоплюють протозойні інфекції, гельмінтози та ектопаразитів. Протозої, такі як Іхтіофтиріус і Триходіна, уражають шкіру та зябра, викликаючи дихальні порушення та виснаження риб. Гельмінти (цестоди, трематоди, нематоди) впливають на внутрішні органи риб через зараження водою або кормами, що призводить до хронічних інфекцій і зниження продуктивності. Ектопаразити, наприклад, Гіподермітоз і Псевдотрихоз, паразитують на шкірі та зябрах, викликаючи запалення, ослаблення імунітету і порушення обміну газів. Умови високої густини риб і низької якості води сприяють поширенню цих хвороб. [6]

Паразитарні епідемії в аквакультурі виникають через комплекс факторів, серед яких погані умови утримання риб, перевантаження водойм та забруднення води. Висока щільність риб створює сприятливі умови для швидкого поширення паразитів, а зміни якості води, зокрема підвищення температури, сприяють їхньому розвитку. Також важливою причиною є інтродукція нових видів риб, які можуть переносити паразитів. Транспортування інфікованих організмів між регіонами значно збільшує ризик занесення нових захворювань у різні екосистеми.

Паразитарні епідемії негативно впливають на продуктивність аквакультур, знижуючи якість риби, уповільнюючи її ріст і навіть призводячи до масової загибелі. Ослаблення імунітету риб через паразитів робить їх більш вразливими до інших хвороб, що погіршує стан популяцій. Поширення паразитів також може порушувати екологічний баланс у місцевих водах, що становить загрозу для місцевої іхтіофауни. [7]

Для боротьби з паразитами в аквакультурі використовуються різноманітні методи, серед яких регулярний моніторинг води, застосування антибіотиків і паразитицидів, а також ізоляція інфікованих риб. Застосування біологічного контролю та поліпшення умов утримання, включаючи аерацію

води і якісне годування, допомагають зменшити стрес і підвищити імунітет риб.

Паразитарні епідемії є серйозною загрозою для аквакультури, впливаючи як на здоров'я риб, так і на економіку галузі. Для боротьби з ними важливим є комплексний підхід, що включає моніторинг, профілактику, застосування хімічних та біологічних методів контролю, а також поліпшення умов утримання риб. В таблиці 1.1 вказано основні типи паразитів, їхніх збудників, симптоми, наслідки та методи боротьби. [7]

Таблиця 1.1 - Основні паразитарні захворювання в аквакультурі

Тип паразита	Збудник	Основні симптоми	Наслідки для риб	Методи боротьби
Протозої	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	Білі плями на тілі, порушення дихання, погіршення апетиту	Смерть риб, зниження росту та продуктивності	Лікування з використанням формаліну, малахітового зеленого
Протозої	<i>Trichodina spp.</i>	Порушення на шкірі, зябрах, слизовій оболонці	Погіршення фізичного стану, інфекційні ускладнення	Лікування спеціальними препаратами, зміна умов утримання
Трематоди (сосальщики)	<i>Fasciola spp.</i>	Втрата апетиту, млявість, блідість шкіри, анемія	Пошкодження органів, ослаблення імунітету	Виведення паразитів хіміотерапевтичними засобами
Цестоди (лентець)	<i>Diphyllobothrium spp.</i>	Слабкість, зниження апетиту, зменшення	Пошкодження кишечника, втрата кондиції, зниження	Протипаразитарні препарати, ізоляція інфікованих риб

Тип паразита	Збудник	Основні симптоми	Наслідки для риб	Методи боротьби
		я ваги	росту	
Нематоди	<i>Anisakis spp.</i>	Порушення травлення, втручання в тканини риб	Пошкодження органів, зниження імунітету	Лікування медикаментами, підвищення якості води
Ектопаразити	<i>Gyrodactylus spp.</i>	Порушення на шкірі, зябрах, свербіж, погіршення здоров'я	Запалення, ослаблення, зменшення стійкості до інфекцій	Підвищення якості води, використання антибіотиків

Причини виникнення паразитарних епідемій в аквакультурі зазвичай пов'язані зі специфікою умов утримання риб, які створюють сприятливе середовище для поширення паразитів. Однією з основних причин є висока щільність посадки риб, що сприяє швидкій передачі збудників від одного організму до іншого. Іншою важливою причиною є стресові фактори, такі як погіршення якості води (низький вміст кисню, підвищення концентрації аміаку чи нітратів), коливання температури або нестача поживних речовин, які знижують імунітет риб. Також значну роль відіграє занесення інфекційних агентів через неякісний корм, інвентар або заражених особин. Відсутність регулярного моніторингу та профілактичних заходів лише посилює ризик масових уражень. (табл.1.2) [8]

Таблиця 1.2 - Причини виникнення паразитарних епідемій в аквакультурі

Фактор	Опис
Перевантаження	Висока щільність риб в аквакультурних господарствах сприяє поширенню паразитів між особинами.

Фактор	Опис
Погіршення якості води	Забруднення води, зміни температури та рівня кисню сприяють розвитку паразитарних інфекцій.
Зміни в кліматичних умовах	Підвищення температури води через глобальні зміни клімату може створювати сприятливі умови для паразитів.
Недостатній контроль	Відсутність регулярного моніторингу стану риб і води може привести до прихованих інфекцій.
Інтродукція нових видів	Завезення нових видів риб або інших організмів може призвести до занесення паразитів.
Транспортування інфікованих особин	Паразити можуть передаватися через інфікованих риб або інші водні організми під час транспортування.

Боротьба з паразитами в аквакультури базується на комплексному підході, що включає профілактичні, хімічні, біологічні та технологічні методи. Профілактика передбачає підтримання чистоти у водоймах, контроль якості води, карантин нових риб і регулярний моніторинг стану здоров'я популяцій. Хімічні методи використовують препарати, такі як антигельмінтики, фунгіциди чи антипаразитарні засоби, але вони потребують обережності через можливу токсичність для риб і навколишнього середовища. Біологічний контроль передбачає використання природних ворогів паразитів, наприклад, риб-чистильників. Технологічні підходи включають оптимізацію умов утримання (температурний і кисневий режими), дезінфекцію обладнання та інколи ультрафіолетову обробку води. Ефективне управління паразитами вимагає комбінації цих методів з урахуванням специфіки аквакультури та екологічної безпеки. (табл.1.3) [8]

Таблиця 1.3 – Методи боротьби з паразитами в аквакультури

Метод боротьби	Опис
Медикаментозне лікування	Використання спеціальних протипаразитарних препаратів (антибіотики, антипаразитарні засоби).
Зміна умов утримання	Поліпшення якості води, збільшення площі для розведення риб, контроль за температурними параметрами.
Біологічний контроль	Використання природних ворогів паразитів

Метод боротьби	Опис
	(наприклад, певних видів риб чи молюсків для знищення паразитів).
Підвищення якості кормів	Використання якісних кормів для зміцнення імунітету риб і їх здатності протистояти інфекціям.
Ізоляція інфікованих особин	Виявлення і відокремлення інфікованих риб від здорових для запобігання поширенню хвороб.
Карантинні заходи	Встановлення карантину для новоприбулих риб для уникнення занесення паразитів у нові водойми.

Паразитарні захворювання є однією з найпоширеніших проблем в аквакультурі, завдаючи значної шкоди здоров'ю риб, їх продуктивності та економічній ефективності господарств. Найбільш поширені захворювання включають іхтіофтіріоз (викликається інфузорією *Ichthyophthirius multifiliis*), який характеризується появою білих цяток на тілі риби, і триматодози, спричинені личинками плоских червів. Також широко поширені костіоз і хилодонельоз, що викликаються протистами, які вражають шкіру та зябра. Крім того, моногенетичні трематоди, такі як *Dactylogyrus* і *Gyrodactylus*, є частою причиною зябрових уражень у прісноводних і морських риби. Умови густої посадки риби, низька якість води та стрес сприяють швидкому поширенню цих паразитів, що потребує ефективних заходів профілактики та контролю. (табл.1.4) [9]

Таблиця 1.4 – Паразитарні захворювання, що найбільше поширені в аквакультурі

Паразит	Тип інфекції	Збудник	Види риби, що вражаються	Наслідки для риби
Іхтіофтіріоз	Протозойне	<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	Карп, тріска, форель	Білі плями на шкірі, погіршення здоров'я, загибель
Триходіноз	Протозойне	<i>Trichodina spp.</i>	Карп, лящ, судак	Зміни в шкірі, зябрах, зниження

Паразит	Тип інфекції	Збудник	Види риб, що вражаються	Наслідки для риб
				імунітету
Гельмінтоз	Гельмінтоз (черв'яки)	<i>Diphyllobothrium spp.</i> , <i>Fasciola spp.</i>	Карп, лосось, щука	Втрата апетиту, ослаблення, погіршення росту
Гіподермітоз	Гельмінтоз	<i>Gyrodactylus spp.</i>	Лящ, короп	Порушення шкіри, зниження активності

Паразитарні захворювання є серйозною загрозою для аквакультури, оскільки вони викликають значні економічні втрати та впливають на здоров'я і продуктивність риб. Серед найбільш поширених проблем виділяються іхтіофтіріоз, триматодози, костіоз, хилодонельоз та ураження моногенетичними трематодами. Основними причинами їх поширення є високі щільності посадки, погана якість води та стрес у риб. Ефективний контроль цих захворювань вимагає комплексного підходу, що включає профілактику, покращення умов утримання та своєчасне лікування. [7-8]

1.3 Взаємозв'язок екологічних умов та паразитарних інвазій іхтіофауни

Екологічні умови водойм тісно пов'язані з паразитарними інвазіями іхтіофауни, визначаючи інтенсивність і масштаби зараження. Зміни у фізико-хімічних параметрах води, таких як температура, рівень кисню, кислотність та забруднення, можуть створювати сприятливе середовище для розвитку паразитів. Біологічні фактори, зокрема наявність проміжних хазяїв або зміна складу іхтіофауни, також впливають на поширення інвазій. Антропогенний вплив, зокрема забруднення води, перевантаження водойм чи інтродукція нових видів, порушує екологічну рівновагу, підвищуючи ризик паразитарних

епідемії. Ці взаємозв'язки наголошують на важливості екологічного моніторингу для збереження здоров'я іхтіофауни. [9]

Основні екологічні фактори мають суттєвий вплив на розвиток паразитарних інвазій в аквакультурі. Температура води є критично важливим фактором: висока температура прискорює життєвий цикл паразитів, збільшуючи їхню чисельність, тоді як низька температура, навпаки, уповільнює цей процес. Гіпоксія (низький рівень кисню) ослаблює імунітет риб, роблячи їх більш вразливими до інфекцій. Солоність води також впливає на паразитів, оскільки різні види мають специфічну толерантність до неї, що визначає їх поширення.

Біологічні фактори, такі як наявність проміжних хазяїв (моллюсків, ракоподібних), є важливими для розвитку паразитів, і їхнє збільшення через евтрофікацію може призвести до посилення інвазій. Крім того, антропогенні фактори, зокрема забруднення води токсичними речовинами, також ослаблюють імунітет риб, сприяючи розвитку паразитарних інфекцій. Вплив гідрологічних факторів, таких як повені, може переносити паразитів на нові території, сприяючи їх поширенню, а змінені гідрологічні умови можуть створювати ідеальні умови для зараження через концентрацію риб в обмежених водоймах. [9-10]

Кліматичні зміни також мають значний вплив на поширення паразитів: підвищення температури води стимулює розповсюдження теплолюбних видів паразитів. Відсутність проміжних хазяїв або змінений хазяїн–паразит баланс може припинити розвиток паразитів. В умовах екологічного стресу, спричиненого змінами середовища, імунітет риб знижується, що полегшує їх зараження паразитами.

Паразитарні інвазії можуть бути важливими індикаторами змін екологічних умов, таких як забруднення чи евтрофікація, що дозволяє вчасно виявити негативні зміни в екосистемах. Оцінка інтенсивності та поширення паразитів дає можливість визначити загальний стан популяції риб, адже високий рівень зараження може свідчити про проблеми зі здоров'ям риб.

Знання про вплив екологічних умов на паразитів також допомагає зменшити ризик деградації іхтіофауни, сприяючи збереженню біорізноманіття та ефективному управлінню водними ресурсами. [9-10]

Взаємозв'язок між екологічними умовами та паразитарними інвазіями іхтіофауни є складним і багатофакторним. Зміни середовища, спричинені як природними, так і антропогенними чинниками, можуть суттєво впливати на життєві цикли паразитів і здоров'я риб. Розуміння цих взаємозв'язків є ключовим для ефективного управління водними екосистемами та забезпечення стабільності їх функціонування.

Взаємозв'язок екологічних умов та паразитарних інвазій іхтіофауни є важливим аспектом для розуміння динаміки екосистем водойм. Зміни у фізико-хімічних, біологічних і антропогенних факторах, таких як температура води, забруднення, евтрофікація та кліматичні зміни, мають значний вплив на розвиток паразитів і їх взаємодію з рибами. Погіршення умов середовища послаблює імунітет риб, що сприяє поширенню паразитів і загрожуює здоров'ю популяцій риб. Одночасно, паразитарні інвазії можуть служити індикаторами екологічних змін, дозволяючи виявити проблеми у водних екосистемах на ранніх стадіях. Розуміння цих процесів є важливим для підтримання біорізноманіття, збереження здоров'я рибних популяцій та забезпечення сталого розвитку аквакультури. [9-10]

2 ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОНИЗЗЯ ДУНАЮ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА ПАРАЗИТИЧНІ ІНВАЗІЇ ІХТІОФАУНИ

2.1 Екологічні умови пониззя Дунаю: фізико-хімічні, біологічні та антропогенні фактори

Пониззя Дунаю є одним із найбільш біологічно різноманітних регіонів Європи, що забезпечує важливі екосистемні послуги та є ключовим середовищем для багатьох видів флори і фауни. Ця область має складну екологічну систему, на яку впливають як природні, так і антропогенні фактори. Екологічні умови пониззя Дунаю можна розглядати за трьома основними аспектами: фізико-хімічними параметрами, біологічними характеристиками та антропогенним впливом. Розглянемо ці аспекти детальніше, що дозволить оцінити поточний стан регіону та необхідні заходи для його збереження. [11]

Фізико-хімічні параметри пониззя Дунаю включають температуру, солоність, кисневий режим, рівень поживних речовин і хімічних домішок.(табл.2.5)

Таблиця 2.5 - Фізико-хімічні умови пониззя Дунаю

Фізико-хімічний фактор	Характеристика	Вплив на екосистему
Температура води	Від 4°C до 25°C, залежно від сезону. Влітку температура може підвищуватись до 27°C	Впливає на метаболічні процеси в рибах, розмноження водоростей та інших організмів.
Кислотність води (pH)	7-8, нейтральна або слабо лужна води.	Визначає здатність води утримувати органічні та неорганічні розчинені сполуки.
Окисно-відновний потенціал (Eh)	Від -100 до +100 мВ.	Впливає на здатність води до самоочищення,

Фізико-хімічний фактор	Характеристика	Вплив на екосистему
		окислення органічних забруднювачів.
Розчинений кисень	Від 5 до 10 мг/л залежно від пори року та активності рослин	Знижена концентрація кисню призводить до стресу риб та впливає на біорізноманіття водоростей.
Солоність води	В основному прісноводні умови з незначною солоністю (менше 1%)	Визначає видову різноманітність риб і мікроорганізмів, впливає на їх оселення.
Вміст органічних речовин (COD/BOD)	Від 1 до 8 мг/л (залежно від місця та рівня забруднення)	Високі рівні забруднення можуть призвести до розвитку еутрофікації та зниження кисню.

Температура води в цьому регіоні змінюється сезонно, залежно від кліматичних умов, а солоність варіюється від 0,5 до 17‰ через контакти з Чорним морем, що створює умови для існування різних видів, здатних адаптуватися до різного рівня солоності. Кисневий режим залежить від температури, сезонних факторів і забруднення, що впливає на аерацію води. Наявність поживних речовин, таких як фосфати і нітрати, визначає рівень продуктивності екосистеми, а надлишок цих речовин через сільське господарство та промислові скиди може призвести до евтрофікації, що загрожує екологічному балансу. Забруднення металами, пестицидами та іншими хімічними речовинами є серйозною проблемою, оскільки ці домішки потрапляють у воду через скиди з промислових об'єктів і сільськогосподарські стоки. [11]

Біологічні характеристики пониззя Дунаю включають склад екосистеми, біорізноманіття, продуктивність екосистеми та стан окремих видів флори і фауни. Пониззя Дунаю є багатим на біорізноманіття, з великою кількістю видів рослин і тварин, включаючи ендемічні та рідкісні. Серед них численні види риб, амфібій, птахів, а також водні і прибережні рослини. (табл.2.6)

Таблиця 2.6 - Біологічні умови пониззя Дунаю

Біологічний фактор	Характеристика	Вплив на екосистему
Рослинність	Прісноводні водорості, макрофіти, водяні рослини (червоні, зелені водорості)	Растителність забезпечує кисень та укриття для молодих риб, сприяє стабільності екосистеми.
Фауна	Іхтіофауна: щука, сазан, судак, дунайський оселедець, форель та інші види риб	Визначає біорізноманіття та харчові ланцюги в екосистемі. Взаємодія між видами є важливою для збереження балансу.
Мікрофлора та мікрофауна	Бактерії, фітопланктон, зоопланктон, фітобентос, бактерії-детритофаги	Важливі для переробки органічних речовин, циклів азоту та вуглецю, відновлення екосистеми.
Природні місця проживання	Естуарії, заболочені ділянки, природні лимани, прибережні зони	Визначають біорізноманіття, забезпечують нерестилища та середовища для існування риб.
Взаємодія з іншими екосистемами	Взаємодія з річками, озерами, морем	Підтримує стабільність екологічних процесів, дозволяє організмам мігрувати і забезпечувати генофонд популяцій.

Продуктивність регіону висока завдяки природним факторам, таким як поживні речовини з водозбірної площі, а також завдяки адаптаційним механізмам видів до змін умов. Види-індикатори, зокрема осетрові риби, допомагають оцінити стан екосистеми, оскільки зменшення їхньої чисельності зазвичай свідчить про погіршення екологічної ситуації. Інвазивні види, що потрапляють через міжнародне судноплавство, можуть загрожувати місцевим популяціям, оскільки конкурують за ресурси. [11]

Вплив людської діяльності на екологічні умови пониззя Дунаю є значним і багатогранним. Промислове забруднення через скиди відходів, що містять шкідливі хімічні сполуки, металів та інших токсичних речовин, погіршує якість води і загрожує біорізноманіттю. Сільське господарство, зокрема використання добрив і пестицидів, призводить до забруднення води нітратами та фосфатами, що сприяє евтрофікації та зниженню концентрації кисню в воді, що може призвести до загибелі водних видів. Гідротехнічні споруди, такі як дамби і водосховища, змінюють природні потоки води, обмежуючи міграцію риби і змінюючи рівень біорізноманіття. Судноплавство та туризм також створюють навантаження на регіон, забруднюючи воду нафтовими продуктами, важкими металами та іншими шкідливими речовинами, а також забруднюючи прибережні зони. Кліматичні зміни, підвищення температури води і зміни рівня опадів, також мають суттєвий вплив на рівень води та біорізноманіття, спричиняючи зміни в екосистемах і вимирання чутливих видів. (табл.2.7) [12]

Таблиця 2.7 - Антропогенні фактори впливу на пониззя Дунаю

Антропогенний фактор	Характеристика	Вплив на екосистему
Забруднення води	Промислові скиди, сільськогосподарські стоки, побутові відходи	Підвищує рівень органічних та неорганічних забруднювачів, що веде до евтрофікації та зниження якості води.
Гідротехнічні споруди	Дамби, греблі, канали, водосховища	Зміна течії річки, руйнування природних біотопів, обмеження міграцій риби, зменшення біорізноманіття.
Туризм та рекреація	Лагунні зони, пляжі, водні види відпочинку	Відпочинок на воді може порушувати природні середовища для риби, руйнувати береги та зменшувати якість води.

Антропогенний фактор	Характеристика	Вплив на екосистему
Сільське господарство	Внесення пестицидів, добрив, вирощування в прикордонних зонах	Викиди в річку можуть призводити до хімічних забруднень, що впливають на життєдіяльність риб.
Виробництво та промисловість	Викиди в повітря та воду, скиди хімічних речовин	Негативно впливають на хімічний склад води, змінюючи її фізико-хімічні характеристики.
Відлов риби та біорізноманіття	Нерегульований вилов, браконьєрство	Зменшення чисельності деяких видів риб, зниження біорізноманіття і порушення екосистемних процесів.

Екологічні умови пониззя Дунаю є результатом складного поєднання фізико-хімічних, біологічних і антропогенних факторів. Хоча цей регіон є унікальним біорізноманітним середовищем, він піддається значному антропогенному тиску, що загрожує його стійкості. Серед головних екологічних проблем — забруднення хімічними домішками, евтрофікація та інвазивні види. Збереження природного стану пониззя Дунаю потребує впровадження заходів з мінімізації антропогенного впливу, таких як скорочення промислових і сільськогосподарських скидів, контроль за судноплавством та захист природних екосистем від інвазій. [12]

Інтегрований підхід до управління екосистемою пониззя Дунаю дозволить зберегти біорізноманіття регіону та забезпечити його екологічну стійкість для майбутніх поколінь. Висновки щодо екологічних умов пониззя Дунаю свідчать про складність та взаємозв'язок численних факторів, які визначають стабільність і розвиток цього регіону. Фізико-хімічні умови води, такі як температура, солоність, кисневий режим і рівень поживних речовин, значно впливають на біологічну активність та здатність екосистеми підтримувати різноманіття видів. Сезонні коливання температури та солоності, а також концентрація поживних речовин визначають рівень розвитку водних організмів і можуть сприяти чи обмежувати розвиток певних видів, включаючи риби та водні рослини. [12]

Біологічні умови, що включають високий рівень біорізноманіття, також є важливими для стабільності екосистеми пониззя Дунаю. Наявність великої кількості видів фауни та флори підтримує складні взаємозв'язки у харчових ланцюгах, що дозволяє екосистемі функціонувати стабільно і підтримувати баланс природних процесів. Такі види як осетрові риби є індикаторами екологічного стану, а загроза від інвазивних видів може порушити цей баланс, викликаючи конкуренцію за ресурси. [11]

Водночас антропогенні фактори мають серйозний вплив на екологічний стан пониззя Дунаю. Промислове забруднення, сільське господарство, використання пестицидів та добрив, а також гідротехнічні споруди змінюють природні потоки води, знижують якість води та руйнують природні середовища існування. Судноплавство і туризм також додають навантаження на регіон, сприяючи забрудненню води і порушенню екологічних процесів. Кліматичні зміни додають додаткові виклики, оскільки підвищення температури води та зміни гідрологічного режиму можуть призвести до значних змін у біорізноманітті, впливаючи на види, які є чутливими до змін клімату.

Загалом, екологічний стан пониззя Дунаю є результатом складної взаємодії фізико-хімічних, біологічних та антропогенних факторів. Для збереження біорізноманіття та забезпечення сталого розвитку екосистеми необхідно вжити заходів для зменшення негативного впливу людської діяльності, покращити управління водними ресурсами та захистити природні місця проживання. [13]

2.2 Вплив екологічних умов пониззя Дунаю на паразитичну інвазію іхтіофауни

Пониззя Дунаю є унікальною екосистемою з багатою біорізноманітністю, включаючи широкий спектр видів іхтіофауни.

Екологічні умови цього регіону, такі як якість води, рівень забруднення, сезонні зміни та антропогенний вплив, мають значний вплив на здоров'я риб. Паразитичні інвазії є одним із ключових факторів, що впливають на популяції риб, їх ріст, розвиток та виживання. [14-15]

Пониззя Дунаю характеризується складною гідрологічною структурою, яка включає дельту річки, численні гирла, озера та заплави. У пониззі Дунаю спостерігається значна кількість видів паразитів, що вражають різні види риб. Серед найбільш поширених груп паразитів, слід відмітити: гельмінти (глисти) – включають трематод, цестод і нематод, які можуть паразитувати на різних внутрішніх органах риб; протозойні інфекції - такі паразити, як *Ichthyophthirius multifiliis* (відомий як збудник "риб'ячої ікри"), можуть викликати масові зараження, що впливають на смертність риб; кокцидії та мікроспоридії - ці паразити можуть бути причиною інфекцій, що впливають на життєздатність і зростання риб; моногенетичні сосальщики - паразити, які кріпляться до зябер або шкіри риб і викликають пошкодження, що можуть призводити до вторинних бактеріальних інфекцій.

Вплив екологічних умов на поширення паразитарних інвазій є дуже значним. Так, екологічні фактори пониззя Дунаю відіграють ключову роль у визначенні рівня паразитарних інвазій. [14-15]

Підвищення температури води сприяє швидшому розмноженню деяких видів паразитів, особливо протозойних та гельмінтів. Це також може знижувати імунітет риб, роблячи їх більш вразливими до заражень.

Забруднення важкими металами і пестицидами може негативно впливати на імунну систему риб, збільшуючи їх сприйнятливність до інвазій. Органічні речовини можуть стимулювати розмноження деяких паразитів, створюючи сприятливе середовище для їх розвитку.

Діяльність людини, включаючи рибальство та забруднення від промислових та сільськогосподарських об'єктів, може порушувати баланс екосистеми, сприяючи розвитку та поширенню паразитів.

Наслідки паразитарних інвазій для іхтіофауни можуть бути серйозними та багатогранними. Паразити, як зовнішні (екто-) так і внутрішні (ендо-), можуть значно впливати на здоров'я риб, що знижує їх життєздатність, ріст і репродуктивні здатності. Вони призводять до фізичних ушкоджень, погіршення загального стану організмів та ослаблення їх імунної системи, що робить риб вразливими до інших хвороб. [14-15]

Одним із основних наслідків є зниження продуктивності аквакультури, оскільки паразитарні інфекції можуть впливати на ріст риб, знижувати їхню вагу і якість м'яса. У важких випадках, коли інфекція не лікується, паразитарні захворювання можуть призвести до масової загибелі риб, що створює економічні збитки для господарств.

Також паразитарні інвазії можуть мати екологічний вплив, оскільки вони можуть порушувати баланс в місцевих екосистемах, впливаючи на популяції риб, що важливо для підтримки біорізноманіття водойм. Наприклад, хвороби, викликані паразитами, можуть скорочувати чисельність певних видів, що в свою чергу може змінити структуру харчових ланцюгів та екосистеми в цілому. [16]

Крім того, паразити можуть змінювати динаміку популяцій риб, що в результаті впливає на загальний стан іхтіофауни. Підвищена інтенсивність інвазій може призвести до зменшення чисельності певних видів риб, що може мати довготривалі наслідки для екосистеми та регіональної економіки, якщо ці види є важливими для рибальства.

В цілому, паразитарні інвазії є однією з основних загроз для стабільності екосистем та економічного розвитку в рибному господарстві. Вони вимагають регулярного моніторингу та ефективних заходів боротьби для мінімізації їхнього впливу на рибні популяції та екосистеми. Паразитарні інвазії серед риб спричиняються різноманітними паразитами, включаючи гельмінтів (плоскі, круглі черви), протисти (найпростіші організми), ракоподібних та інші види. Інфекції можуть передаватися через контакт з

водою, харчування інфікованими організмами або через проміжних господарів. [16]

До наслідків для іхтіофауни слід віднести зниження життєздатності; фізіологічні та поведінкові зміни; зміни у популяційній структурі; екологічні наслідки, тощо.

Паразити виснажують рибу, поглинаючи поживні речовини та ослаблюючи імунітет. Це може призвести до затримки росту, зниження відтворювальної здатності та високої смертності серед молодих особин.

Паразити можуть спричиняти деформації тіла, що впливає на плавання та можливість уникати хижаків. Такі зміни можуть зменшувати шанси на виживання та знижувати ефективність харчування.

Систематичні інвазії можуть призводити до значних змін у структурі популяцій. Зокрема, можуть спостерігатися зміни у співвідношенні статей, розподілі вікових груп та генетичному різноманітті.

Інвазії паразитів мають серйозні економічні та соціальні наслідки для рибальства та аквакультури. Значні економічні втрати виникають через зниження продуктивності та якості риби, що впливає на прибутковість галузі. Розробка та впровадження ефективних заходів для запобігання та лікування інфекцій є критично важливими для забезпечення сталого розвитку рибної промисловості. [16]

Для боротьби з паразитарними інвазіями використовуються різноманітні методи, зокрема фармакологічні препарати (антигельмінтні та протипаразитарні засоби), біотехнологічні підходи, які включають селекцію стійких видів, а також санітарні заходи, спрямовані на поліпшення умов утримання риб у ставках та інших штучних водоймах.

Паразитарні інвазії є суттєвою загрозою для іхтіофауни, спричиняючи серйозні екологічні, біологічні та економічні наслідки. Запобігання поширенню інвазій вимагає комплексного підходу, що включає наукові дослідження, розробку ефективних методів контролю та міжнародну співпрацю. [16-17]

Це допоможе не лише зберегти біорізноманіття водойм, але й забезпечити стабільність рибного промислу та аквакультури.

Паразитарні інвазії можуть значно впливати на популяції риб, знижуючи їх репродуктивний потенціал, уповільнюючи ріст та підвищуючи рівень смертності. Сильні інвазії можуть призводити до:

- Зниження продуктивності рибних ресурсів. Це важливо як для природних популяцій, так і для аквакультури.

- Економічні втрати. Зараження риби паразитами може призвести до зниження комерційної якості продукції та додаткових витрат на заходи боротьби з паразитами.

- Екологічні наслідки. Масові інвазії можуть порушувати екологічний баланс у водоймах, змінюючи структуру популяцій риб та інші взаємозв'язки у харчових ланцюгах.

Для зменшення впливу паразитарних інвазій у пониззі Дунаю необхідно впроваджувати ряд важливих заходів. Одним із головних є покращення якості води, що передбачає зниження рівня забруднення шляхом контролю за промисловими та сільськогосподарськими викидами. Крім того, важливим є моніторинг і дослідження води та стану риб, що дозволяє своєчасно виявляти та контролювати спалахи паразитарних інфекцій. Біологічні методи контролю, такі як використання природних ворогів паразитів та інші екологічні підходи, можуть бути ефективними у зниженні рівня заражень без потреби застосування хімічних засобів. [16-17]

Зменшення впливу паразитарних інвазій у пониззі Дунаю є важливим завданням для збереження як екологічної стабільності, так і економічного потенціалу регіону. Пониззя Дунаю є унікальною екосистемою, що підтримує різноманіття видів риб та інших водних організмів, які відіграють ключову роль у місцевих екосистемах і риболовецькій галузі. Однак паразитарні інвазії, які включають різні види протистів, гельмінтів та інших патогенів, завдають значної шкоди цим екосистемам, уражаючи органи зору

риб і знижуючи їхні шанси на виживання та розмноження. Це призводить до ослаблення популяцій риб і порушення екологічної рівноваги.

Наслідки таких інвазій включають зменшення чисельності риб, що в свою чергу впливає на хижаків і інших організмів, які залежать від риб як джерела їжі. З економічної точки зору, зниження рибальських уловів має негативний вплив на місцеві громади, що залежать від риболовлі, що знижує їхній добробут і створює додаткові соціальні проблеми. [17]

Стратегії зменшення впливу паразитарних інвазій включають кілька важливих заходів. По-перше, необхідно покращити моніторинг та діагностику, що дозволяє виявляти ранні стадії інвазій через регулярні перевірки рибних популяцій та застосування сучасних діагностичних методів, таких як молекулярні аналізи. По-друге, важливо покращити екологічні умови, зокрема забезпечити належну якість води та знизити забруднення, що сприяє зміцненню імунітету риб. Біологічні методи боротьби, такі як використання природних ворогів паразитів, також можуть допомогти контролювати чисельність паразитів у природному середовищі. Окрім того, інтегровані підходи, які комбінують екологічні, фармакологічні та управлінські заходи, можуть значно знизити ризик поширення паразитарних інвазій. У деяких європейських країнах вже були проведені дослідження біологічного контролю паразитарних інвазій, що показали позитивні результати, зокрема в басейнах, де покращили екологічні стандарти, спостерігалось зниження рівня інфікування риб.

Зменшення впливу паразитарних інвазій у пониззі Дунаю вимагає системного підходу, що включає моніторинг, екологічні заходи та використання сучасних методів боротьби з паразитами. Важливим також є міжнародне співробітництво, адже річка Дунай є транскордонною водною артерією, і колективні зусилля можуть мати значно більший ефект. [17]

2.3 Поширення паразитів у дунайському оселедці

Дунайський оселедець (*Alosa immaculata*) є важливим представником іхтіофауни басейну Дунаю та суміжних регіонів. Ця риба має велике економічне та екологічне значення, виступаючи як цінний промисловий вид і важливий компонент харчового ланцюга. Однак, дунайський оселедець є об'єктом зараження різноманітними паразитами, які можуть негативно впливати на його популяцію, стан екосистем і рибне господарство. [18]

Дунайський оселедець — анадромна риба, що здійснює міграцію з моря до річок для нересту.(рис.2.1) Цей унікальний життєвий цикл робить його вразливим до паразитарних інвазій як у солоних, так і в прісних водах. Завдяки широкому ареалу, цей вид риби взаємодіє з різноманітними екологічними умовами та може піддаватися впливу різних паразитів, що існують у цих середовищах. Міграція оселедця між морем і річкою створює численні можливості для зараження паразитами, що можуть впливати на його здоров'я та життєздатність. [18]

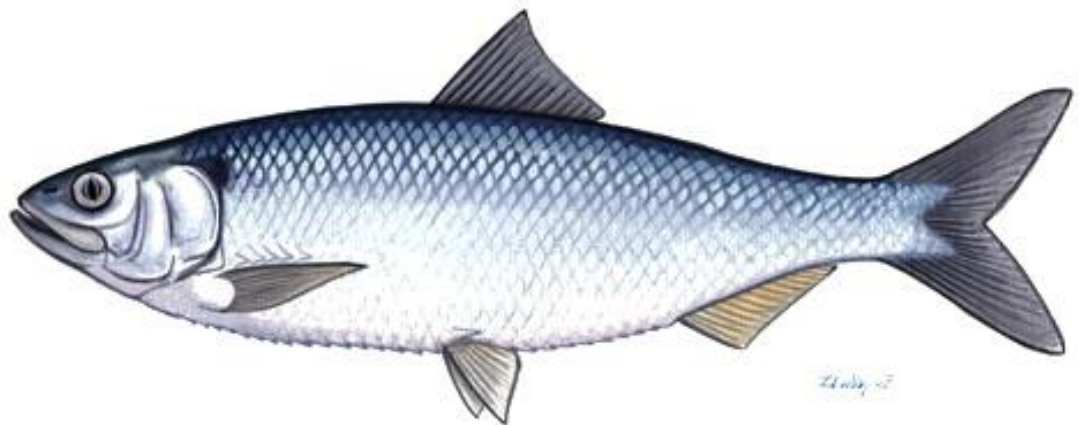


Рис. 2.1 - Дунайський оселедець (*Alosa immaculata*)

Основні види паразитів дунайського оселедця

1.) Нематоди (круглі черви).

- *Anisakis* spp.: личинки цих паразитів часто зустрічаються у м'язах та внутрішніх органах. Зараження риби відбувається через харчові ланцюги.

- *Hysterothylacium* spp.: нематода, яка паразитує у травному тракті, викликаючи травматизацію тканин.

2.) Цестоуди (стрічкові черви)

- *Ligula intestinalis*: личинки паразитують у черевній порожнині, що може призводити до виснаження та зниження репродуктивної здатності риби.

3.) Трематоди (сосальщики)

- *Diplostomum* spp.: викликають ураження кришталика ока, що знижує здатність риби до орієнтації й виживання.

4.) Мікроспоридії та інші протозої

- Виявляються у тканинах і органах риби, викликаючи структурні пошкодження та послаблення імунітету.

Шляхи зараження дунайського оселедця можуть бути різноманітними. По-перше, через природні харчові ланцюги оселедець може заражатися паразитами, поїдаючи заражених безхребетних, таких як ракоподібні, молюски або дрібні риби. По-друге, під час міграції між різними середовищами оселедець контактує з іншими видами риб, що може сприяти розповсюдженню паразитів. Крім того, забруднення водойм, зокрема скиди промислових відходів та інших забруднюючих речовин у Дунай, створюють сприятливі умови для розвитку проміжних хазяїв паразитів. [18]

Екологічні та економічні наслідки паразитарних інвазій для дунайського оселедця також значні. Вони можуть призвести до зниження чисельності популяцій, оскільки паразити негативно впливають на фізіологічний стан риби, що викликає підвищену смертність. Для рибного господарства це означає значні збитки, оскільки заражений оселедець втрачає товарний вигляд і може стати непридатним для продажу або вживання в їжу. Крім того, паразитарні інфекції можуть становити ризик для здоров'я людини, зокрема через споживання недостатньо обробленої риби,

зараженої нематодами (*Anisakis spp.*), що може спричинити алергічні реакції або паразитарні хвороби. [18-19]

Методи діагностики паразитів у дунайському оселедці включають кілька підходів. Першим є морфологічне дослідження, яке передбачає мікроскопічний аналіз тканин і органів риби для виявлення паразитів. Другим методом є молекулярна діагностика, зокрема полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР), яка дозволяє точно визначити види паразитів за допомогою генетичних маркерів. Третім є візуальний огляд риби, під час якого можна виявити паразитів, таких як личинки трематод або нематод, при обробці риби.

Для боротьби з паразитарними інвазіями та профілактики застосовуються різні заходи. Екологічні заходи включають зниження забруднення води в Дунаї для обмеження чисельності проміжних хазяїв паразитів та збереження природних екосистем, що сприяють природному контролю за популяцією паразитів. Санітарний контроль передбачає регулярний моніторинг стану риби та водного середовища, а також обробку уловів для знищення паразитів, наприклад, шляхом заморожування чи термічної обробки. Крім того, важливими є дослідження нових паразитів і їхнього впливу на екосистеми, а також освітні програми для рибалок і населення щодо ризиків і методів обробки риби. [18-19]

Паразити є важливим фактором, що впливає на здоров'я дунайського оселедця та рибну промисловість у регіоні. Для збереження популяцій цього виду й сталого розвитку рибного господарства необхідні ефективні заходи з моніторингу, профілактики та боротьби з паразитами. Комплексний підхід, що включає екологічні, біологічні та санітарні заходи, дозволить мінімізувати негативні наслідки паразитарних інвазій і зберегти екосистеми Дунаю.

3 ІХТІОФАУНА ТА ПАРАЗИТАРНІ ІНВАЗІЇ ПОНИЗЗЯ ДУНАЮ: ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА БІОІНДИКАТОРНА РОЛЬ

3.1 Видовий склад іхтіофауни пониззя Дунаю.

Пониззя Дунаю є важливою частиною його екосистеми, що характеризується великою біорізноманітністю, зокрема різноманіттям рибних видів. Це територія з впливом як прісноводних, так і морських вод, що забезпечує специфічні умови для розвитку риб, які пристосовуються до змінних екологічних параметрів. Іхтіофауна пониззя Дунаю включає як місцеві види, так і прохідні, які здійснюють сезонні міграції. [20]

Нижче наведено огляд основних видів риб, які зустрічаються в пониззі Дунаю.(табл.3.8)

Таблиця 3.8 - Видовий склад іхтіофауни пониззя Дунаю

Група риб	Види риб	Примітки
Прохідні види риб	Севрюга (Acipenser stellatus), Тунець (Thunnus thynnus)	Міграційні види, нерест у річці.
Катадромні види	Європейський вугор (Anguilla anguilla)	Міграція з річок до моря.
Хижі види	Щука (Esox lucius), Судак (Sander lucioperca)	Риби, що живуть у річках та озерах.
Мирні види	Короп (Cyprinus carpio), Лящ (Abramis brama), Плотва (Rutilus rutilus)	Поширені в річках та озерах.
Риби, що мешкають на	Тималь (Tinca tinca),	Днообітні види.

Група риб	Види риб	Примітки
дні	Угрець (<i>Lota lota</i>)	
Карпові види	Річковий бичок (<i>Cottus gobio</i>), Річковий карась (<i>Carassius carassius</i>)	Зустрічаються в річках з помірною течією.
Осетрові види	Дунайський осетер (<i>Huso huso</i>), Стерлядь (<i>Acipenser ruthenus</i>)	Важливі для рибного промислу.

Прохідні види риб, зокрема анадромні та катадромні, здійснюють сезонні міграції з річок в море і назад, або з моря в річку для розмноження, маючи велике економічне значення для рибальства та екосистеми. До анадромних видів відносяться севрюга (*Acipenser stellatus*), яка нереститься в річці, та тунець (*Thunnus thynnus*), великий морський хижак, що з'являється в пониззі під час міграції. До катадромних видів належить європейський вугор (*Anguilla anguilla*), який мігрує з річок до морських вод для нересту. [20]

Прісноводні види риб проводять весь життєвий цикл в прісних водах пониззя Дунаю, хоча деякі з них можуть здійснювати обмежені міграції в межах річки. До хижих видів відносяться щука (*Esox lucius*), типовий хижак, що живе в озерах та річках, та судак (*Sander lucioperca*), один з найбільших хижих видів риб. До мирних видів належать короп (*Cyprinus carpio*), лящ (*Abramis brama*), плотва (*Rutilus rutilus*) і жерех (*Aspius aspius*). Риби, що мешкають на дні, включають тималя (*Tinca tinca*) та угря (*Lota lota*). [20]

Іхтіофауна пониззя Дунаю включає широкий спектр риб, що варіюються від прохідних видів до тих, що мешкають у прісних водах річки. Багато з них є важливими як для екосистеми річки, так і для економічної діяльності людей, зокрема рибного господарства. Усі ці види мають важливе значення для підтримки біорізноманіття та екологічної рівноваги басейну Дунаю. [20-21]

3.2 Паразитичний склад риб: видова і кількісна характеристика.

Паразитичний склад риб Дунаю є різноманітним і включає як типових паразитів прісноводних водойм, так і види, характерні для складніших екологічних умов річок. Паразити можуть бути внутрішніми та зовнішніми, і вони негативно впливають на здоров'я риб, ослаблюючи імунну систему, знижуючи продуктивність і навіть спричиняючи загибель. Основні групи паразитів риб Дунаю включають трематод (плоских черв'яків), цестод (плоских черв'яків), нематод (круглих черв'яків), аргулідних ракоподібних (паразитичних раків), кокцидій (одноклітинних паразитів) і міксоспоридій. (табл.3.9) [21-22]

Таблиця 3.9 - Видова характеристика паразитів риб Дунаю

Вид риби	Збудник (паразит)	Тип паразита	Локалізація	Наслідки для риби
Короп (Cyprinus carpio)	<i>Dactylogyrus</i> spp.	Трематоди (моногенетичні)	Зябра	Гіпоксія, зниження росту, ослаблення імунітету.
Щука (Esox lucius)	<i>Eustrongylides excisus</i>	Нематоди	М'язи	Пошкодження м'язів, зниження плавучості, ослаблення.
Судак (Sander lucioperca)	<i>Ligula intestinalis</i>	Цестоди	Кишківник	Порушення травлення, ослаблення риби.
Оселедець (Alosa fallax)	<i>Argulus</i> spp.	Паразитичні раки	Шкіра, плавці	Механічні пошкодження шкіри, вторинні інфекції.

Вид риби	Збудник (паразит)	Тип паразита	Локалізація	Наслідки для риби
Плітка (<i>Rutilus rutilus</i>)	<i>Myxobolus</i> spp.	Міксоспоридії	М'язи, зябра	Порушення фізіологічних процесів, ослаблення риби.
Лящ (<i>Abramis brama</i>)	<i>Fasciola hepatica</i>	Трематоди (дигенетичні)	Печінка	Порушення функцій печінки, зниження життєздатності.

Трематоди, такі як *Dactylogyrus* spp. і *Fasciola hepatica*, паразитують на зябрах, печінці і кишківнику риби, порушуючи дихання, викликаючи гіпоксію та інфекції, що ослаблюють рибу (рис.3.2). Цестоди, такі як *Ligula intestinalis*, вражають кишечник риби і можуть призводити до порушень травлення, зниження маси тіла та навіть загибелі.(рис.3.3) Нематоди, зокрема *Eustrongylides excisus*, паразитують на м'язах і в кишечнику, викликаючи пошкодження тканин, зниження плавучості та фізичної активності риби.(рис.3.4) [21-22]



Рис. 3.2 – Трематоди



Рис.3.3. – Цестоди



Рис.3.4 - Нематоди

Аргулідні ракоподібні, такі як *Argulus* spp., паразитують на шкірі і плавцях риb, спричиняючи механічні пошкодження, що веде до вторинних інфекцій і порушення поведінки риb. Кокцидії, як *Goussia* spp. та *Eimeria* spp., вражають шлунково-кишковий тракт, печінку і м'язи риb, спричиняючи діарею, ослаблення та зниження росту і репродуктивної здатності. Мікроспоридії, такі як *Myxobolus* spp., паразитують в тканинах риb, порушуючи їх фізіологічні процеси, утворюючи цисти в органах і погіршуючи загальний стан риb. [21-22]

Забруднення води, зокрема скиди промислових і сільськогосподарських відходів, сприяють розвитку певних паразитів, створюючи сприятливі умови для їхнього розмноження.

Температурні коливання можуть впливати на метаболізм паразитів та риб, знижуючи або підвищуючи їх активність, що теж відображається на рівні інфекцій. Наявність проміжних хазяїв, таких як безхребетні, риби чи інші організми, також грає важливу роль у поширенні паразитів, адже це створює можливості для їхнього розвитку та передачі від одного виду до іншого. [22]

Вивчення паразитичних інвазій в рибах є надзвичайно важливим для збереження здоров'я іхтіофауни і для підтримки екологічної рівноваги річки. Паразитарні інфекції можуть серйозно ослаблювати популяції риб, що впливає на весь харчовий ланцюг річкової екосистеми. Ослаблення рибних популяцій може призвести до змін у складі інших видів, які залежать від риб як джерела їжі.

Таким чином, паразитичні інвазії не лише погіршують стан риб, але й можуть сприяти змінам у структурі екосистеми. Окрім того, паразити можуть становити загрозу для людини, особливо в контексті рибальства та аквакультури, оскільки зараження риб, які потрапляють на стіл, може призвести до харчових захворювань або алергічних реакцій. Тому дослідження паразитарних інвазій та розробка заходів для їх контролю є важливими не лише для здоров'я риб, але й для сталого розвитку рибної промисловості та збереження біорізноманіття річки.

Фактори, що впливають на паразитарну інвазію дунайського оселедця, включають міграційний спосіб життя, зміни екологічних умов і харчові особливості риби. Дунайський оселедець здійснює міграції між прісноводними і солонуватими водами, що сприяє його контакту з різноманітними паразитами на різних стадіях їх життєвого циклу. Зміни екологічних умов, зокрема забруднення Дунаю важкими металами і пестицидами, знижують імунітет риб, роблячи їх більш вразливими до

паразитів. Евтрофікація води сприяє розвитку проміжних хазяїв паразитів, таких як моллюски для трематод. Харчові особливості оселедця також відіграють роль у паразитарній інвазії, оскільки риба споживає зоопланктон, ракоподібних та ікру інших риб, які можуть бути проміжними хазяями паразитів. [23]

Екологічне та економічне значення паразитів дунайського оселедця також значне. Висока паразитарна інвазія може знижувати виживаність, зростання і репродуктивний потенціал оселедця. Для аквакультури паразити цього виду можуть становити загрозу для інших видів риб, хоча дунайський оселедець рідко вирощується в штучних умовах. Крім того, деякі паразити, зокрема нематоди (*Anisakis* spp.), можуть бути небезпечними для людини, викликаючи алергічні реакції або інвазії при споживанні недостатньо обробленої риби.

Моніторинг і профілактика паразитарних інвазій у дунайського оселедця включають регулярні дослідження стану популяцій риб для виявлення паразитарних спалахів, а також зниження забруднення водою і контроль за проміжними хазяями паразитів, такими як моллюски та ракоподібні. Це важливо для запобігання розповсюдженню паразитів і збереження здоров'я риб.(табл.3.10) [23]

Таблиця 3.10 - Паразити в Дунайському оселедці (*Alosa pontica*)(видовий склад)

Паразит	Тип паразита	Локалізація в організмі риби	Вид риби-господаря
<i>Contracaecum</i> spp.	Нематоди	Кишківник, черевна порожнина	Дунайський оселедець
<i>Anisakis simplex</i>	Нематоди	Кишківник, м'язи	Дунайський оселедець
<i>Digenea</i> (там, де вказано)	Печінкові сисуни	Печінка, черевна порожнина	Дунайський оселедець, інші види риб

Паразит	Тип паразита	Локалізація в організмі риби	Вид риби-господаря
<i>Caryophyllaeus laticeps</i>	Плоскі черви (цистоди)	Кишківник	Дунайський оселедець
<i>Gyrodactylus</i> spp.	Моногенетичні трематоди	Шкіра, зябра, хрящі	Дунайський оселедець
<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	Протисти (Іхтіофітіріоз)	Шкіра, зябра, луска	Дунайський оселедець, інші види риб
<i>Trichodina</i> spp.	Протисти (триходини)	Шкіра, зябра	Дунайський оселедець
<i>Echinorhynchus gadi</i>	Акантоцефали (колючі черви)	Кишківник, черевна порожнина	Дунайський оселедець

Крім того, важливим заходом є інформування населення про необхідність правильної кулінарної обробки риби, зокрема заморожування або термічної обробки, щоб уникнути ризиків для здоров'я. Дослідження паразитів дунайського оселедця дозволяє не тільки краще розуміти стан екосистеми Дунаю, але й оцінити вплив паразитів на біорізноманіття річки та безпеку харчових продуктів для людей. (табл.3.11) [24]

Таблиця 3.11 - Паразити Дунайського оселедця (Рівень інвазії і вплив на здоров'я)

Паразит	Тип паразита	Рівень інвазії	Вплив на рибу
<i>Contracaecum</i> spp.	Нематоди	Середній — високий	Порушення нормальної функції кишечника, зниження фізичної активності.
<i>Anisakis simplex</i>	Нематоди	Низький — середній	Пошкодження стінок кишечника, запальні процеси.
<i>Digenea</i>	Печінкові сисуни	Середній — високий	Призводять до хронічних захворювань печінки, порушення функції травлення.
<i>Caryophyllaeus laticeps</i>	Плоскі черви (цистоди)	Середній — високий	Викликають атрофію кишкових стінок,

Паразит	Тип паразита	Рівень інвазії	Вплив на рибу
			порушення травлення.
<i>Gyrodactylus</i> spp.	Моногенетичні трематоди	Низький — середній	Пошкодження шкіри, зябрової тканини, зниження дихальних функцій.
<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	Протисти (Іхтіофітіріоз)	Низький — середній	Зниження стійкості до інфекцій, зміна зовнішнього вигляду (висипання на шкірі).
<i>Trichodina</i> spp.	Протисти (триходини)	Низький — середній	Пошкодження слизової оболонки шкіри, зменшення фізичної активності.
<i>Echinorhynchus gadi</i>	Акантоцефали (колючі черви)	Низький — середній	Пошкодження кишечника, зниження фізіологічних функцій риби.

Паразити значно впливають на екологічний стан популяцій Дунайського оселедця, зокрема через ослаблення здоров'я риб та зниження їхньої життєздатності. Зараження паразитами, такими як моногенетичні трематоди, нематоди та інші організми, призводить до порушення нормального розвитку оселедців, зниження їхньої репродуктивної здатності та підвищення вразливості до інших хвороб. Це, в свою чергу, може призвести до скорочення чисельності популяції, що негативно позначається на екологічному балансі в річкових екосистемах, де цей вид є важливим компонентом харчових ланцюгів. (табл.3.12) [24]

Таблиця 3.12 - Вплив паразитів на екологічний стан Дунайського оселедця

Паразит	Тип паразита	Вплив на екосистему	Природні умови
<i>Contracaecum</i> spp.	Нематоди	Може бути джерелом паразитарних інфекцій для інших водних видів, зменшує популяцію риб.	Десятки річок, озер і водойм в басейні Дунаю.
<i>Anisakis simplex</i>	Нематоди	Призводить до зменшення здоров'я	Води з різними температурними і

Паразит	Тип паразита	Вплив на екосистему	Природні умови
		риб, може передаватися до інших видів через харчові ланцюги.	біологічними умовами.
Digenea	Печінкові сисуни	Високий рівень інвазії може призвести до гнучкості екологічних структур рибної популяції.	Особливо чутливі до забруднення водойм в низьких або високих температурних умовах.
Caryophyllaeus laticeps	Плоскі черви (цистоцисти)	Може стати важливим чинником регулювання популяцій риб в екосистемах річок і озер.	Водойми з помірною солоністю і середнім рівнем забруднення.
Gyrodactylus spp.	Моногенетичні трематоди	Призводять до зменшення популяцій риб через зниження стійкості риб до захворювань.	Поширені в екосистемах з великою щільністю риб.
Ichthyophthirius multifiliis	Протисти (Іхтіофітіріоз)	Вражає риб в умовах погіршення якості води, може привести до загибелі великих кількостей риб.	Часто виявляється при високій температурі води та поганій циркуляції.
Trichodina spp.	Протисти (триходини)	Порушує здоров'я риб, може зменшити популяцію, особливо у прісноводних екосистемах.	Поширені в річках з великим забрудненням води.
Echinorhynchus gadi	Акантоцефали (колючі черви)	Може впливати на кількість інфікованих риб у екосистемах з великою кількістю прісноводних видів.	Річки, де водяться риби з високим рівнем забруднення води.

Паразити в Дунайському оселедці, такі як нематоди, протисти та плоскі черви, мають суттєвий вплив на здоров'я риби, значно погіршуючи її фізичний стан і здатність до відтворення. Інфекція паразитами може призводити до ослаблення імунної системи риби, порушення її травлення,

обміну речовин, а також до змін у поведінці. Це, в свою чергу, впливає на популяцію риб, оскільки зменшується виживаність молодняку і скорочується загальна кількість дорослих особин. Паразитоз також може сприяти розвитку інших хвороб, що додатково ускладнює екологічну ситуацію в місцях їхнього поширення. [25]

Забруднення водойм різними хімічними речовинами, важкими металами, а також зміни температури води, пов'язані зі зміною клімату або антропогенними факторами, створюють сприятливі умови для зростання чисельності паразитів. Нестабільність водного середовища сприяє стресовим реакціям у риб, що робить їх більш уразливими до інвазій. Зміни температури можуть прискорити життєвий цикл паразитів, збільшуючи ймовірність їх зараження риб. Це веде до зниження здоров'я риб, а також негативно позначається на продуктивності риболовлі, оскільки популяція риб може зменшуватися або вони стають менш здатними до відтворення.

Вивчення паразитарних інвазій у Дунайському оселедці дозволяє науковцям глибше зрозуміти екологічні процеси, що відбуваються в річкових і водних екосистемах. Знання про взаємодії паразитів, риб та навколишнього середовища допомагає виявити критичні аспекти екологічного стану водойм, що потребують втручання. Це дозволяє розробляти ефективні стратегії моніторингу та управління водними ресурсами, а також запобігати виникненню епідемій серед риб, що може мати економічні наслідки для риболовних господарств і забезпечення продовольчої безпеки. [25-26]

3.2 Паразитичний склад риб: видова і кількісна характеристика.

Іхтіофауна, або сукупність видів риб, які населяють певний водний об'єкт, відіграє важливу роль у водних екосистемах. Риби є важливими елементами харчових ланцюгів, виконуючи роль як хижаків, так і жертв для інших організмів. Однак риби також можуть бути носіями численних паразитів, що часто викликають інвазійні захворювання. Екологічні умови

середовища, зокрема фізико-хімічні характеристики води, біологічні та антропогенні фактори, істотно впливають на рівень паразитарної інвазії іхтіофауни. (табл.3.13) [26]

Таблиця 3.13 - Екологічні чинники, що впливають на паразитарну інвазію іхтіофауни

Екологічний чинник	Вплив на паразитарну інвазію	Приклади
Забруднення води	Підвищує вразливість риб через стрес та ослаблення імунітету.	Розвиток паразитів <i>Dactylogyrus</i> на зябрах коропа.
Температура води	Впливає на швидкість життєвих циклів паразитів та їхню здатність до розмноження.	Інтенсивне розмноження <i>Diplostomum</i> за високих температур.
Зниження кисневого режиму	Ослаблення здоров'я риб, що сприяє паразитарним інвазіям.	Інвазія <i>Anguillicola crassus</i> у вугра.
Наявність проміжних хазяїв	Забезпечує успішний життєвий цикл паразитів.	<i>Ligula intestinalis</i> , який потребує риб та птахів.
Антропогенний вплив (забудова, рибальство)	Зміна умов існування, що підвищує щільність контактів між рибами та їх паразитами.	Поширення <i>Eustrongylides</i> у водоймах із надмірним виловом.

Екологічні умови середовища визначають життєві можливості паразитів, їхню інтенсивність розмноження та можливості інвазії в організми риб. Зміни в температурі води, рівень забруднення, наявність поживних речовин та біологічна взаємодія між видами є ключовими факторами, які впливають на паразитарні інвазії іхтіофауни. [26]

Температура води є одним з ключових факторів, що впливає на життєвий цикл багатьох паразитів, зокрема гельмінтів, одноклітинних організмів, бактерій і вірусів. З підвищенням температури води прискорюється розвиток паразитичних личинок, що сприяє їх швидкому поширенню серед риб. Тепла вода створює сприятливі умови для активності

паразитів, збільшуючи частоту заражень і, відповідно, ризик інвазій. Це особливо важливо для тропічних і субтропічних вод, де температура води може значно впливати на популяцію паразитів і на здоров'я риб.

Кисневий режим у воді також має важливе значення для здоров'я риб та їх здатності протистояти паразитам. Низький рівень розчиненого кисню, який може бути викликаний такими явищами, як евтрофікація або забруднення води, значно ослаблює імунну систему риб. У таких умовах риби стають більш уразливими до інфекційних захворювань і паразитарних інвазій. Паразити, у свою чергу, швидше поширюються серед ослаблених особин, що підвищує ризик захворювань. [26-27]

Хімічне забруднення води, зокрема пестицидами, важкими металами та органічними відходами, ослаблює імунітет риб, знижуючи їхню стійкість до паразитів. Такі забруднення часто створюють сприятливі умови для розвитку паразитів, що сприяє їхньому поширенню серед водної фауни. Наявність поживних речовин, як-от нітратів і фосфатів, стимулює розмноження проміжних хазяїв паразитів, посилюючи рівень інвазій. При цьому біологічна різноманітність екосистеми може впливати на ці процеси, адже в складних екосистемах ефект розбавлення зменшує ймовірність зараження риб, стримуючи паразитарні інвазії.

Інвазивні види є вагомим чинником у поширенні паразитарних інвазій, адже вони часто слугують новими хазяями для місцевих паразитів або приносять із собою нові види паразитів, які не мають природних ворогів у новій екосистемі. Це може призводити до масових спалахів паразитарних інвазій і порушення екологічної рівноваги. Крім того, міграція риб між водоймами сприяє перенесенню паразитів, об'єднуючи різні екосистеми та збільшуючи ризик зараження. Людська діяльність, як-от транспортування риб чи забруднення водойм, також створює сприятливі умови для паразитів. Вивчення цих взаємозв'язків має ключове значення для управління водними ресурсами та захисту іхтіофауни. [26-27]

Забруднення від сільського господарства та промисловості є одним з основних антропогенних факторів, що впливає на водні екосистеми. Скиди забруднюючих речовин, таких як нітрати та фосфати з добрив, стимулюють процес евтрофікації водойм. Евтрофікація – це надмірне збагачення води поживними речовинами, що призводить до інтенсивного росту водоростей та інших організмів. Це, у свою чергу, створює сприятливе середовище для розвитку паразитів, оскільки багатий фітопланктон і фауна, що живиться ним, часто є проміжними хазяями для багатьох паразитичних організмів. Крім того, хімічні забруднювачі, що потрапляють у воду, можуть прямо впливати на здоров'я риб, ослаблюючи їх імунітет і збільшуючи їхню вразливість до паразитарних інфекцій. [26-27]

Будівництво гідротехнічних споруд, таких як дамби, водосховища та канали, також має значний вплив на паразитарні інвазії. Ці споруди змінюють природний водний режим, створюючи штучні екосистеми, які можуть бути сприятливими для певних видів паразитів. Наприклад, застійні води, які часто утворюються в водосховищах, є ідеальними для розмноження деяких паразитів, особливо тих, які потребують такого середовища для розвитку своїх личинок. Водночас зміни в гідрологічних умовах можуть спричинити переміщення паразитів між різними водоймами, збільшуючи їхній розповсюдження на нові території та до нових популяцій риб.

Аквакультура та інтенсивне розведення риб також є фактором, який значно впливає на паразитарні інвазії. В умовах аквакультури риби часто утримуються в обмежених просторах з високою щільністю популяцій, що створює ідеальні умови для швидкого поширення паразитів. Інтенсивне розведення риб на фермах часто призводить до того, що паразити, які заражають одну популяцію риб, можуть передаватися на інші види або навіть на дикі популяції риб у навколишніх водах. Це збільшує рівень заражень не тільки в аквакультурних господарствах, але й в природних екосистемах, що може негативно позначитися на здоров'ї дикої риби та інших водних організмів. [27]

З метою зменшення негативного впливу антропогенних факторів на паразитарні інвазії важливо впроваджувати ефективні стратегії управління водними ресурсами та контролю за станом екосистем.

Існує кілька видів паразитів, що значно впливають на здоров'я риб і служать показовими прикладами того, як зміни в екологічних умовах можуть сприяти розвитку паразитарних інвазій. Деякі з них викликають серйозні захворювання, які можуть знижувати життєздатність рибних популяцій та порушувати баланс екосистем. [27]

Диплостомоз — це хвороба, спричинена трематодами, які вражають очі риб, часто призводячи до сліпоти. (рис.3.5) Риби, інфіковані диплостомозом, втрачають здатність орієнтуватися у воді, що значно знижує їх шанси на виживання та здатність до нормального відтворення. Ці паразити мають складний життєвий цикл, в якому проміжними хазяями є молюски.



Рис. 3.5 – Диплостомоз

Сапролегніоз — це грибкове захворювання, яке зазвичай виникає в умовах поганої якості води. (рис.3.6) Грибки роду *Saprolegnia* вражають шкіру, зябра та інші тканини риб, що може призводити до загибелі організмів. Сапролегніоз часто розвивається в умовах з низьким рівнем кисню та високим вмістом органічних речовин у воді, що створює ідеальне середовище для розмноження грибкових спор. Забруднення водойм,

евтрофікація і надлишок органічних відходів значно підвищують ризик виникнення цього захворювання, що може мати серйозні наслідки як для риб, так і для загальної екосистеми. [28]

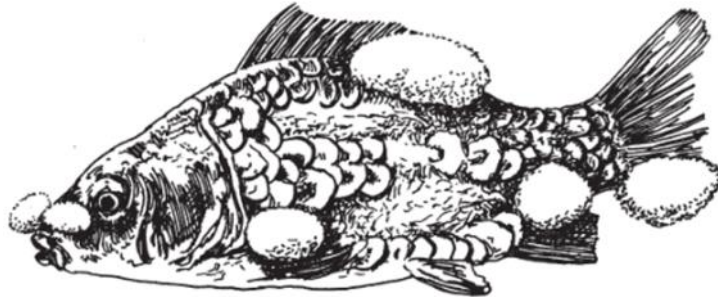


Рис.3.6 - Сапролегніоз

Іхтіофтіріоз, або "риб'ячий кір", викликається протозойним паразитом *Ichthyophthirius multifiliis*. (рис.3.7) Цей паразит проникає в шкіру риби та спричиняє утворення білих пухирців, що значно ускладнює нормальне дихання і погіршує стан риби.



Рис.3.7 –Іхтіофтіріоз, або "риб'ячий кір"

Іхтіофтіріоз особливо поширений у умовах аквакультури, де риби утримуються на обмеженій території з високою щільністю популяції. У таких умовах передачу паразитів значно полегшує тісний контакт між рибами. Температурний режим води також має вирішальне значення для розвитку паразита: у теплій воді інфекція прогресує швидше, а сам цикл розвитку

паразита прискорюється. Це робить іхтіофтіріоз дуже проблемним для інтенсивних рибних господарств, а також для диких популяцій, що можуть бути заражені з-за переміщення інфікованих риб.(табл.3.14)

Таблиця 3.14 - Приклади паразитарних інвазій іхтіофауни у прісноводних екосистемах.

Вид риби	Збудник (паразит)	Тип паразита	Локалізація в організмі	Основні наслідки
Короп (Cyprinus carpio)	<i>Dactylogyrus spp.</i>	Моногенетичні трематоди	Зябра	Ураження зябер, гіпоксія, зниження росту, загибель за інтенсивних інвазій.
Судак (Sander lucioperca)	<i>Ligula intestinalis</i>	Цестоди	Порожнина тіла	Атрофія внутрішніх органів, порушення репродукції, зниження життєздатності.
Щука (Esox lucius)	<i>Eustrongylides excisus</i>	Нематоди	М'язи	Патології м'язів, втрата якості м'яса, ризик передачі людині (зооноз).
Окунь (Perca fluviatilis)	<i>Diplostomum spp.</i>	Дигенетичні трематоди	Очі	Катаракта, сліпота, втрата здатності до полювання, зменшення популяції.
Вугор (Anguilla anguilla)	<i>Anguillicola crassus</i>	Нематоди	Плавальний міхур	Зниження плавальної здатності, ускладнення міграції, загибель.

Ці приклади підкреслюють важливість підтримання здорового екологічного балансу в водних екосистемах. Вплив екологічних факторів, таких як температура води, рівень кисню, забруднення та щільність популяцій риб, безпосередньо пов'язаний з інтенсивністю паразитарних інвазій. Тому важливо контролювати і зберігати якість води, щоб запобігти розвитку паразитарних захворювань, які можуть серйозно вплинути на здоров'я риб і стабільність водних екосистем. [29]

Паразитарні інвазії можуть мати серйозні наслідки для іхтіофауни, призводячи до значного зниження здоров'я риб, порушення їхнього розвитку та зменшення чисельності популяцій. Порушення фізіологічних процесів у риб через паразитарні інфекції також збільшує їхню вразливість до хижаків, що додатково погіршує популяційну стабільність. В результаті, паразитарні інвазії можуть спричинити дисбаланс у екосистемах, зменшуючи біорізноманіття та порушуючи харчові ланцюги. (табл.3.15)

Таблиця 3.15 - Наслідки паразитарних інвазій для іхтіофауни

Категорія наслідків	Характеристика	Приклади
Фізіологічні порушення	Ураження тканин, органів, порушення дихання, травлення, репродукції.	Гіпоксія через <i>Dactylogyrus spp.</i>
Зниження продуктивності	Зменшення швидкості росту, втрати ваги, погіршення репродуктивної здатності.	Атрофія у заражених <i>Ligula intestinalis</i> .
Зменшення популяцій	Масова загибель риб унаслідок інтенсивних інвазій.	Зниження чисельності окуня через <i>Diplostomum</i> .
Погіршення якості продукту	Зараження м'яса, втрата товарної цінності риби.	Ураження м'язів щуки <i>Eustrongylides</i> .
Зоонозний ризик для людини	Передача паразитів людині при споживанні зараженої риби.	Зараження <i>Anisakis</i> через морську рибу.

Взаємозв'язок екологічних умов та паразитарних інвазій іхтіофауни є складним і багатофакторним. Фізико-хімічні умови води, біорізноманіття, а

також антропогенні чинники відіграють ключову роль у поширенні паразитів серед рибних популяцій. Людська діяльність, що призводить до змін екосистеми, сприяє підвищенню інтенсивності інвазійних захворювань. Щоб знизити рівень паразитарних інвазій іхтіофауни, необхідно здійснювати комплексний моніторинг екологічного стану водойм, мінімізувати антропогенне навантаження на екосистему та впроваджувати заходи для підтримки природного біологічного балансу. [29]

3.3 Механізми адаптації паразитів до змін екологічних умов.

Паразити, як і інші організми, мають здатність адаптуватися до змінюваних екологічних умов. Адаптація паразитів до нових або змінених умов може бути результатом еволюційних процесів, які дозволяють їм виживати в умовах, що змінюються, і продовжувати своє існування в екосистемах. Зміни можуть бути як природними (коливання температури, зміни рівня води, хімічний склад середовища), так і антропогенного походження (забруднення навколишнього середовища, зміни в біотопах через людську діяльність). [30]

Основні механізми адаптації паразитів до змін екологічних умов включають фізіологічні, екологічні, репродуктивні, морфологічні, біохімічні та імунологічні адаптації. Фізіологічно паразити реагують на температурні коливання та зміни в хімічному складі середовища, змінюючи свої життєві цикли або ферментативні системи. Екологічні адаптації передбачають зміну місць перебування чи перехід на нових господарів. Репродуктивні стратегії включають збільшення чисельності на ранніх стадіях розвитку та нестандартні механізми розмноження, такі як партеногенез. Морфологічні зміни, наприклад, адаптація органів прикріплення, допомагають виживати в нових умовах. Біохімічні механізми, такі як мутації геному та розвиток антибіотичної стійкості, дозволяють паразитам протистояти хімічним

препаратам. Імунологічні адаптації включають маскування від імунної системи господаря та антигенну варіабельність, що ускладнює вироблення ефективної імунної відповіді. Ці механізми забезпечують виживання паразитів у мінливих умовах. [30]

Приклади адаптацій паразитів до екологічних змін демонструють їхню здатність до виживання в умовах динамічного середовища. (табл.3.16) Так, паразити риб під впливом змін клімату пристосовуються до підвищення температури води, що впливає на швидкість розвитку їхніх личинок і сприяє домінуванню видів, здатних ефективно розмножуватися в тепліших умовах. Паразити з широким спектром господарів здатні адаптуватися до змін екосистем, використовуючи нові види тварин для підтримки свого життєвого циклу в разі зникнення звичних господарів. Малярійні плазмодії демонструють високий рівень генетичної пластичності, виробляючи стійкість до нових антибіотиків і методів лікування, що дозволяє їм ефективно уникати впливу лікарських препаратів. [31]

Таблиця 3.16 - Приклади адаптацій паразитів риб до змін екологічних умов.

Паразит	Тип адаптації	Екологічні зміни	Опис адаптації
<i>Lereophtheirus salmonis</i> (морський вош)	Адаптація до зміни температури води	Підвищення температури води	Морський вош здатен змінювати свою репродуктивну активність залежно від температури води. При підвищенні температури розмноження відбувається швидше, що дозволяє паразиту швидко заповнювати нові місця.
<i>Ichthyophthirius multifiliis</i>	Розвиток стійкості до	Забруднення води	Паразит вивчений на здатність

Паразит	Тип адаптації	Екологічні зміни	Опис адаптації
(іхтіофітіріоз)	хімічних речовин та лікувальних препаратів	хімікатами, антибіотиками	адаптуватися до хімічних змін у воді, зокрема до лікувальних препаратів, що застосовуються для боротьби з інфекцією. Після численних обробок він може стати резистентним.
<i>Trichodina</i> spp.	Зміна життєвих циклів та здатність до трансформації	Зміни рН, солоності, забруднення води	Паразити здатні змінювати свій життєвий цикл в залежності від солоності води та рівня забруднення, що дозволяє їм адаптуватися до змін середовища та забезпечити своє виживання в різних умовах.
<i>Gyrodactylus salaris</i>	Адаптація до зміни умов навколишнього середовища	Зміна хімічного складу води (підвищення кислотності або забруднення)	Паразит здатний адаптуватися до зміни рН води, що дозволяє йому зберігати свою життєздатність у забруднених чи закислених водоймах, де інші види паразитів не можуть існувати.
<i>Cichlidogyrus</i> spp.	Модифікація структур для прикріплення	Забруднення водойм та зміна температури	Цей паразит риб, що мешкає в тропічних і субтропічних водах, розвиває зміни в структурах прикріплення (кріпильних органах), що дозволяє йому

Паразит	Тип адаптації	Екологічні зміни	Опис адаптації
			залишатися на рибах при змінних умовах.
<i>Anisakis simplex</i>	Виживання при зміні температури води і солоності	Зміни температури води і солоності	Цей паразит здатний адаптуватися до різних температурних умов і змінювати свою стратегію зараження, враховуючи зміни у водному середовищі, що дозволяє йому адаптуватися до різноманітних умов.
<i>Dactylogyrus spp.</i>	Збільшення швидкості розмноження	Зниження рівня кисню в воді	Ці паразити здатні швидше розмножуватися за умов зниження рівня кисню у воді, що дозволяє їм збільшити свою популяцію в періоди екологічних криз, таких як забруднення або тепловий стрес.

Паразити риб демонструють різноманітні механізми адаптації до змін кліматичних умов, що дозволяє їм виживати і розмножуватися в нових умовах. Зокрема, вони можуть змінювати свої життєві цикли, адаптуючи їх до нових температурних режимів або змін у водних ресурсах, таких як температура води та рівень кисню. Також паразити можуть розвивати стійкість до нових стресових факторів, таких як зміни хімічного складу води або забруднення, шляхом еволюції або здатності переносити більші діапазони температур і солоності. Підвищення температури води може сприяти збільшенню швидкості розвитку паразитів, що підвищує їхню здатність швидко адаптуватися до нових умов. Крім того, деякі паразити можуть змінювати свої популяційні стратегії, наприклад, шляхом збільшення

плодючості або зміни видів хазяїв, що дозволяє їм зберігати чисельність популяції у змінених екологічних умовах.(табл.3.17) [32-33]

Таблиця 3.17 - Способи адаптації паразитів риб до змін кліматичних умов

Паразит	Тип адаптації	Зміни клімату	Опис адаптації
Мухоболус cerebralis (міксоболус)	Адаптація до температурних коливань	Зміна температури води, глобальне потепління	Цей паразит, який спричиняє захворювання "тремор голови" у риб, адаптується до нових температурних умов, зміщуючи свою активність у бік більш теплих вод, що дає йому можливість ширше поширюватися.
Lernaea cyprinacea (кіпрінова лерна)	Зміна місць паразитування і життєвих циклів	Зміна солоності та температури води	Паразит здатний змінювати свою стратегію паразитування, обираючи інші види риб та змінюючи своє середовище в залежності від змін у температурі та солоності води.
Acanthocephalans (колючі черви)	Адаптація до низьких температур та сезонних змін	Зміна зимових умов, похолодання	Акантоцефали здатні зберігати життєздатність у зимових умовах, адаптуючись до змін у температурі води та здатні переживати

Паразит	Тип адаптації	Зміни клімату	Опис адаптації
			короткочасне зниження температури, що дозволяє їм збільшувати популяцію в холодні сезони.
Rhipicephalus (Boophilus) microplus (кліщ)	Розвиток стійкості до пестицидів і змін в умовах водної екосистеми	Тривалі періоди посухи або змін в рівні води	Цей кліщ здатний розвивати стійкість до хімічних речовин і в умовах зміни клімату адаптується до нових середовищ, що виникають через зміну рівня води або тривалі посухи.
Hirudinea (пиявки)	Сезонні зміни в способах живлення та розмноження	Зміна кількості опадів і температури води	Пиявки здатні змінювати свої звички в залежності від сезону: влітку вони можуть впливати на популяції риб за допомогою більш інтенсивного розмноження, а взимку знижують свою активність.

Паразити риб здатні адаптуватися до забруднення водойм через різноманітні механізми, що дозволяють їм виживати в умовах, коли вода забруднена токсичними речовинами, важкими металами або органічними відходами. Одним з таких механізмів є зміна біохімічних процесів в організмі паразита, що дозволяє йому нейтралізувати або компенсувати шкідливі впливи забруднювачів. Паразити можуть мати стійкість до високих рівнів токсичних сполук, таких як пестициди або важкі метали, накопичуючи ці

речовини у своїх тканинах без значної шкоди для свого життєвого циклу. Крім того, деякі паразити здатні адаптувати свої механізми прикріплення до хазяїв або змінювати місця перебування, щоб уникати найбільш забруднених ділянок водойм. Зміна життєвих циклів і здатність до швидкої еволюції також є важливими адаптаціями, які дозволяють паразитам зберігати життєздатність і стабільність своїх популяцій навіть в умовах забруднених середовищ. (табл.3.18) [33-34]

Таблиця 3.18 - Механізми адаптації паразитів риб до забруднення водойм.

Паразит	Тип адаптації	Забруднення води	Опис адаптації
Tetracapsuloides bryosalmonae (таксона нематод)	Адаптація до високого рівня забруднення води (пестициди, метали)	Забруднення води важкими металами, пестицидами	Паразит здатний переносити високі концентрації токсичних речовин, таких як важкі метали та пестициди, адаптуючи свою життєдіяльність до високого рівня забруднення води.
Caryophyllaeus laticeps	Адаптація до кислотних змін середовища	Зниження рН води (кислотність)	Цей паразит здатний пристосовуватись до підвищеної кислотності води та знижувати свою чутливість до таких змін середовища, що дозволяє йому продовжувати своє існування в умовах забруднених вод.

Паразит	Тип адаптації	Забруднення води	Опис адаптації
Contracaecum spp. (стрічкові черви)	Модифікація циклів розмноження та метаболізму	Забруднення води органічними відходами, зміна температури води	Паразити змінюють свої життєві цикли в умовах забруднених водойм, адаптуючись до зміщення екологічних умов, що сприяють більш швидкому розмноженню.

Адаптація паразитів є важливою частиною екологічного балансу та відображає здатність організмів пристосовуватись до змінюваного середовища.

Паразити мають надзвичайно розвинені механізми адаптації до змінних екологічних умов. Ці механізми дозволяють їм ефективно пристосовуватись до нових господарів, змін у середовищі та до природних і антропогенних змін, таких як коливання температури, забруднення середовища та впровадження нових терапевтичних засобів. Адаптація паразитів є результатом складної взаємодії між еволюційними процесами, екологічними факторами та біологічними властивостями організмів, що дозволяє їм підтримувати своє існування навіть у найскладніших умовах. [35]

Паразити володіють різноманітними механізмами адаптації до змін екологічних умов, що забезпечує їхню здатність виживати та успішно розмножуватися навіть у мінливих середовищах. Вони демонструють морфологічні адаптації, такі як спрощення будови тіла, захисні структури,

наприклад, кутикула, яка запобігає пошкодженню. Фізіологічні адаптації дозволяють виживати у стресових умовах, наприклад, за нестачі кисню, або використовувати різноманітні джерела живлення. [36-37]

Висока плодючість і складні життєві цикли, що включають зміну хазяїв, є ключовими репродуктивними адаптаціями. Завдяки генетичній пластичності паразити швидко еволюціонують, утворюючи штами, стійкі до ліків. Поведінкові адаптації включають модифікацію поведінки хазяїна для сприяння поширенню паразита.

Довготривале виживання у несприятливих умовах, мультихазяїнність і здатність до імунологічної евізії або маскування допомагають паразитам уникати виявлення імунною системою. Нарешті, фенологічна гнучкість, така як зміщення періодів активності залежно від сезону, забезпечує оптимізацію їхнього життєвого циклу в умовах змін середовища.

Адаптація паразитів до змін екологічних умов демонструє їхню високу еволюційну гнучкість і здатність до виживання навіть у екстремальних або змінюваних середовищах. [38]

3.4 Роль риб як біоіндикаторів екологічного стану водойм.

Риби є важливими біоіндикаторами екологічного стану водойм через свою чутливість до змін в навколишньому середовищі. Як організми, які займають високі трофічні рівні в екосистемах, вони є безпосередніми реципієнтами змін у водному середовищі, таких як забруднення, зміни температури, кислотності, рівня кисню та інших фізико-хімічних параметрів води. Моніторинг популяцій риб і їхніх біологічних характеристик дозволяє оцінити екологічний стан водойм, що важливо для запобігання або мінімізації наслідків екологічних криз. [39-40]

Риби є важливими біоіндикаторами, які дозволяють оцінювати стан водних екосистем за рівнем забруднення, вмістом кисню, температурою,

хімічним складом води, рівнем біорізноманіття та загальними екосистемними змінами. Вони чутливі до токсичних речовин, таких як важкі метали, пестициди чи синтетичні хімічні сполуки, накопичуючи їх у тканинах, що допомагає оцінити ступінь забруднення водойм. Крім того, риби залежать від рівня розчиненого кисню у воді, і його зниження може спричиняти скорочення популяцій, особливо чутливих видів, таких як форель. Температурні коливання, викликані кліматичними змінами або антропогенною діяльністю, також впливають на видовий склад і життєдіяльність риб. [40]

Зміна хімічного складу води, зокрема рівня рН, солоності чи концентрації поживних речовин, може спричинити евтрофікацію і скорочення рівня кисню, що негативно впливає на популяції. Різноманітність видів риб є індикатором біорізноманіття екосистеми, а зниження їх чисельності може свідчити про деградацію середовища. Загалом, чисельність, поведінка і розподіл риб точно відображають стан екосистеми, включаючи замулення, зміни рослинності чи забруднення донних відкладень.

Для моніторингу стану водних екосистем використовуються різні види риб, що слугують біоіндикаторами завдяки своїй чутливості до змін у середовищі. Карпові риби, зокрема короп і лящ, є ефективними для оцінки рівня забруднення та евтрофікації, оскільки вони реагують на зміни в хімічному складі води. Щука та судак використовуються для аналізу популяцій хижих риб і взаємодії між видами, що відображає стан харчових ланцюгів. Форель і лосось є показниками чистоти води, адже ці види потребують високого рівня кисню для нормального розвитку. Крім того, гамбузії та мальки деяких видів риб завдяки швидкому розвитку та чутливості до токсичних впливів дозволяють досліджувати ефекти забруднення у водоймах. [41-42]

Риби є ефективними біоіндикаторами екологічного стану водойм, оскільки вони реагують на зміни в навколишньому середовищі, зокрема на забруднення води, коливання температури, рівень кисню, а також на зміни

хімічного складу води. Спостереження за популяціями риб та аналіз їхніх біологічних характеристик дозволяють на ранніх стадіях виявляти проблеми в екосистемах водойм, що дає можливість своєчасно вживати заходів для покращення екологічного стану та збереження водних ресурсів.

Також риби є важливими біоіндикаторами екологічного стану водойм завдяки своїй чутливості до змін якості води та умов середовища. Вони відображають інтегральний вплив фізико-хімічних, біологічних і антропогенних факторів, що робить їх незамінним інструментом для моніторингу водних екосистем. [42]

Риби є ефективними біоіндикаторами завдяки своїй чутливості до змін у середовищі та важливій ролі в екосистемах. Вони реагують на різноманітні стресори, такі як забруднення, зміни температури та рівня кисню, і можуть накопичувати токсини, що дозволяє вивчати тривалі екологічні процеси. Зміни в популяціях риб, їхньому фізіологічному стані та поведінці є показниками стану середовища, що дозволяє визначити проблеми в екосистемах. Втрата різноманіття видів або дефекти в рості та розмноженні можуть бути ознаками забруднення або стресу в екосистемі.

У моніторингу стану водних екосистем важливими показниками є різноманіття видів риб, чистота води, температура, кисневий режим, вміст токсичних речовин, наявність ектопаразитів та продуктивність водойм. Зниження видового різноманіття риб свідчить про порушення екосистеми, в той час як погіршення якості води призводить до зменшення популяцій чутливих видів. Зміни температури води і кисневого режиму можуть викликати стрес у риб, змінюючи їхню поведінку. Наявність токсичних речовин вказує на забруднення, яке негативно впливає на здоров'я риб. Високий рівень ектопаразитів також є індикатором екологічних порушень, а зниження продуктивності водойм може бути наслідком забруднення чи зміни гідрологічних умов. [42]

Риби також є індикаторами специфічних типів забруднень. Акумуляція важких металів і пестицидів у тканинах вказує на хімічне забруднення.

Зникнення видів, що потребують високого рівня кисню, як-от лососевих, може сигналізувати про евтрофікацію, а поширення теплолюбних або витривалих видів — про зміни температурного чи санітарного режиму води.(табл.3.19)

Таблиця 3.19 - Види риб та їхні індикаторні функції

Вид риби	Індикаторні функції	Чутливість до змін екологічних умов
Лосось (<i>Salmo salar</i>)	Індикатор якості води та наявності кисню, температура води, наявність токсичних речовин.	Дуже чутливий до забруднення води, зниження кисню, зміни температури.
Форель (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Індикатор чистоти води, високої концентрації кисню, рН води.	Сильно залежить від рівня кисню та температури води, чутливий до забруднення.
Короп (<i>Cyprinus carpio</i>)	Індикатор продуктивності водойм, впливу органічних забруднень, наявності паразитів.	Може витримувати широкий діапазон екологічних змін, але чутливий до токсинів та поганої якості води.
Щука (<i>Esox lucius</i>)	Індикатор біорізноманіття, наявності кисню, якість води.	Зменшення популяції свідчить про порушення екосистеми.
Жерех (<i>Aspius aspius</i>)	Індикатор забруднення водойм важкими металами та пестицидами.	Чутливий до токсичних речовин у воді, зниження популяції через забруднення.
Товстолобик (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	Індикатор продуктивності водойм та рівня органічних забруднень.	Погано переносить високе забруднення, зниження популяції через бідність води киснем.

Риби є ефективними біоіндикаторами завдяки здатності інтегрувати вплив різних чинників довкілля, відображаючи як короточасні, так і

довготривалі зміни у водоймах. Вони легко доступні для спостереження, вилову та дослідження у природних умовах, що спрощує відбір проб. Крім того, зміни у популяціях риб мають велику громадську значущість, оскільки часто привертають увагу суспільства до екологічних проблем, сприяючи залученню до їх вирішення. Широко застосовуються для моніторингу екосистем у програмах біомоніторингу, які оцінюють стан річок, озер та прибережних зон морів. В лабораторних умовах експериментальні риби, такі як даніо-реріо, використовуються для тестування токсичності хімічних речовин, що дозволяє прогнозувати їхній вплив на водні екосистеми.

Риби є універсальними індикаторами, здатними відобразити широкий спектр впливів на водну екосистему. Їх використання в біомоніторингу дозволяє своєчасно виявляти екологічні проблеми та розробляти заходи для збереження водних ресурсів. [42-43]

У моніторингу водних екосистем застосовуються різні методи, які мають свої переваги та обмеження. Аналіз популяцій риб допомагає оцінити стан екосистеми, але потребує значних ресурсів. Вивчення фізіологічних змін риб дозволяє виявляти стресові фактори, хоча для цього потрібні лабораторні умови. Хімічний аналіз тканин риб визначає забруднення, але є дорогим. Молекулярні методи, як ПЛР, забезпечують точне виявлення інфекцій, але потребують складного обладнання. Моніторинг фізико-хімічних параметрів води є доступним, хоча й обмеженим у відображенні впливу на біоту. Кожен із методів вибирається залежно від завдань і можливостей.

Риби відіграють ключову роль в оцінці здоров'я екосистеми водойм, оскільки їхня присутність, популяційна структура та фізіологічний стан є чутливими індикаторами змін у водному середовищі. Зміни в популяціях риб, такі як зменшення чисельності чутливих видів або зміна їхнього розподілу, можуть свідчити про забруднення води, зміни в рівні кисню або температури, а також про порушення екологічних умов. Риби реагують на широкий спектр екологічних стресорів, таких як зміна хімічного складу води, зниження біорізноманіття, евтрофікація або паразитарні захворювання.

Завдяки своїй здатності накопичувати токсичні речовини, вони також можуть бути використані для виявлення забруднення та оцінки рівня токсичності води. Таким чином, риби служать не тільки як важлива частина екосистеми, але й як ефективні біоіндикатори, що дозволяють швидко виявляти проблеми у водоймах і вживати заходів для їх вирішення. [43]

Узагальнюючи, можна сказати, що риби є важливими індикаторами здоров'я водних екосистем завдяки своїй чутливості до змін у середовищі. Вони реагують на екологічні стресори, такі як забруднення води, зміни в рівнях кисню, температурі, хімічному складі води та біорізноманітті. Спостереження за популяціями риб, їх фізіологічним станом і поведінкою дозволяє не тільки оцінити поточний стан водойм, але й вчасно виявити потенційні загрози для екосистеми. Риби виступають як біоіндикатори, що допомагають своєчасно вживати заходи щодо збереження водних ресурсів і поліпшення їх якості, що є важливим аспектом сталого розвитку екології і аквакультури. [43]

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра на тему «Вплив екологічних умов пониззя Дунаю на паразитичну інвазію іхтіофауни» встановлено:

1. Екологічні умови пониззя Дунаю мають значний вплив на паразитарну інвазію риб, а саме: фізико-хімічні фактори, такі як температура води, рівень кисню, кислотність (рН), а також наявність органічних забруднень (BOD, COD) безпосередньо впливають на стан рибних популяцій і їх сприйнятливість до паразитів. Зміни в екологічних умовах, зокрема через антропогенні фактори, сприяють підвищенню стресу у риб, що може сприяти збільшенню інвазії паразитами.

2. Інтенсивність паразитарних інфекцій в рибах пониззя Дунаю змінюється в залежності від сезону та характеристик екосистеми, тобто влітку, за умов високих температур і зниженого рівня кисню, інтенсивність паразитарних інвазій часто зростає через зменшення стійкості риб до інфекцій, взимку, коли температура води знижується, активність паразитів та їх життєвий цикл уповільнюються, що знижує рівень інвазії, проте деякі види паразитів можуть переживати в зимових умовах у вигляді цист чи яєць.

3. Антропогенні впливи значно погіршують екологічні умови і сприяють поширенню паразитичних інфекцій, тобто забруднення води, зокрема через промислові скиди, сільськогосподарські добрива, пестициди та побутові відходи, створюють стресові умови для риб, що збільшує їх уразливість до паразитів. Гідротехнічні споруди, такі як греблі та канали, обмежують міграцію риб, що порушує їх природний життєвий цикл та сприяє накопиченню паразитів в обмежених екосистемах.

4. Паразити в рибах пониззя Дунаю можуть негативно впливати на здоров'я рибних популяцій та екосистему в цілому. Вищий рівень інвазії призводить до ослаблення риб, зниження їх продуктивності та підвищення

смертності, що, в свою чергу, зменшує популяції важливих видів риб, таких як дунайський оселедець та сазан. Паразитарні інфекції можуть порушувати харчові ланцюги в екосистемі, впливаючи на біорізноманіття та здоров'я водних екосистем.

5. Необхідність моніторингу та управління паразитарною інвазією в екосистемах пониззя Дунаю. Постійний моніторинг екологічних умов, рівня забруднення води та паразитарних інвазій необхідний для забезпечення здоров'я риб та стабільності екосистеми. Розробка стратегій управління для зменшення антропогенного впливу, покращення якості води та контроль за паразитами може сприяти збереженню біорізноманіття та сталому використанню ресурсів водних екосистем.

Порушення природного балансу в екосистемах пониззя Дунаю, зокрема через антропогенні фактори, істотно сприяє зростанню паразитарних інвазій. Для забезпечення сталого розвитку рибних популяцій та збереження біорізноманіття в цій важливій водній екосистемі необхідно впроваджувати ефективні заходи моніторингу і управління паразитичними захворюваннями, а також покращувати екологічний стан водойм.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Микитин О.М., Савицький І.Ю. Іхтіопатологія: сучасні підходи до вивчення інфекційних захворювань риб. Журнал іхтіопатології, 2019. Т. 32, № 2. С. 45–50.
2. Шевченко В.К. Загальна паразитологія. Конспект лекцій. Київський університет, 2018. С. 102–120.
3. Баранов В.Д., Василюк А.В. Паразитологія риб. Техніка і культура, 2005. С. 87–95.
4. Вовк Н.І. Іхтіопатологія : підручник Н.І. Вовк, В.Й. Божик. К. : Агроосвіта. 2014 308 с.
5. Гаєвська А.В. Паразитологія та патологія риб. Енциклопедичний словник–довідник А.В. Гаєвська. К. : Наук. думка, 2004. 360 с.
6. Митяй І.С., Дегтяренко О.В., Парінов К.І., Лінський В.І., Меркулова В.В. Екологічні умови та стан іхтіофауни водойми біля с. Долина Дніпропетровської області. Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології, 2021.
7. Підручник "Іхтіологія". Національний університет біоресурсів і природокористування України.
8. Kvach Y., Ondračková M., Janáč M., Jurajda P. Parasite communities of non-native fish species in the lower Danube River: a comparison with native hosts. *Journal of Fish Biology*, 2016.
9. Шевченко А.В. Іхтіопатологічні хвороби риб та їх взаємозв'язок з екологічними факторами. Науковий вісник, 2016. Т. 13, № 3. С. 33–39.
10. Малишева Ю.В. Екологія та паразитологія рибних господарств. Наука і природа, 2017. Т. 25, № 2. С. 78–84.
11. Ondračková M., Seifertová M., Tkachenko M.Y., Vetešník L., Liu H. The parasites of a successful invader: monogeneans of the Asian topmouth gudgeon

Pseudorasbora parva, with description of a new species of *Gyrodactylus*. Parasite, 2023.

12. Микитюк П.В. Хвороби прісноводних риб П.В. Микитюк, О.М. Якубчак. К. : “Урожай”, 1992. 157 с.

13. Наконечна М.Г. Хвороби риб з основами рибництва Наконечна М.Г., Петренко О.Ф., Постой В.П. К. : Науковий світ, 2003. 221 с.

14. Вовк Н.І. Іхтіопатологічні дослідження – важлива складова біомоніторингу водойм. Н.І. Вовк Рибогосподарська наука України. 2009. № 3. С. 106–108

15. Djikanović V., Skorić S., Kulišić Z., Maletin S., Paunović M. Parasitofauna of allochthonous fish species in the open waters of the Danube River Basin (Serbian part) – impact on the native fish fauna. Applied Ecology and Environmental Research, 2018.

16. Козлова О.П., Романов М.П. Проблеми аквакультури: вплив паразитичних інфекцій на розвиток рибних господарств. *Екологічна безпека та аквакультура*, 2020. Т. 8, № 4. С. 19–25.

17. Ondračková M., Hudcová I., Michálková V., Blazek R., Gelnar M., Jurajda P. Parasite communities and genetic structure of non-native pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) populations in Europe. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 2023.

18. Вовк Н.І. Мікрофлора риб та деякі аспекти її формування Рибне господарство. 2001. Вип. 59–60. С. 136–141.

19. Гнатюк В.О. Вплив температурних змін на паразитарні хвороби риб в аквакультурі. *Іхтіологічний журнал*, 2019. Т. 41, № 2. С. 56–62.

20. Вовк Н.І. Актуальні проблеми інфекційних хвороб прісноводної та морської аквакультури, Н.І. Вовк, Л.П. Бучацький. *Вет. мед. України*. 2000. № 4. С. 46–47.

21. Вовк Н.І. Гепатикольоз риб та небезпека його поширення у рибогосподарських водоймах України, Н.І. Вовк, О.В. Жемердей, В.І. Мала, Рибогосподарська наука України. 2007. № 1. С. 64–67.

22. Mierzejewska K., Kvach Y., Stańczak K., Woźniak M., Dzika E. Parasite communities of the invasive round goby *Neogobius melanostomus* from the Vistula River and the Gulf of Gdańsk, Poland. *Journal of Parasitology*, 2014.
23. Бірюкова Л.Ю. Паразитні захворювання риб та методи їх діагностики в умовах аквакультури. *Вісник ветеринарії та зоології*, 2015. Т. 18, № 1. С. 24–30.
24. Ondračková M., Valová Z., Šimková A., Jurajda P. Differences in parasite load and health status between invasive and native gobies in the Danube River. *Parasitology Research*, 2015.
25. Давидов О.М. Сучасні аспекти оздоровлення риб в аквакультурі / О.М. Давидов. К. : Інститут зоології НАН України, 1998. С. 79–84.
26. Kvach Y., Ondračková M., Janáč M., Jurajda P. Metazoan parasites of *Neogobius melanostomus*: a comparison of native and non-native populations. *Journal of Fish Biology*, 2013.
27. Коваленко П.П. Іхтіопатологія та екологічні аспекти паразитичних інфекцій у водоймах України. *Екологія та здоров'я риб*, 2017. Т. 14, № 3. С. 11–17
28. Ondračková M., Valová Z., Šimková A., Jurajda P. Parasite diversity and infection patterns of invasive and native gobies in the Danube River. *Parasitology Research*, 2015.
29. Kvach Y., Ondračková M., Janáč M., Jurajda P. The parasite community of the invasive round goby *Neogobius melanostomus* in the Danube River: a comparison with native fish species. *Journal of Fish Biology*, 2016
30. Ondračková M., Valová Z., Šimková A., Jurajda P. Parasite load and health status of invasive and native gobies in the Danube River. *Parasitology Research*, 2015.
31. Kvach Y., Ondračková M., Janáč M., Jurajda P. Parasite communities of non-native fish species in the lower Danube River: a comparison with native hosts. *Journal of Fish Biology*, 2016.

32. Сорока Н. М. Параценогоніоз прісноводних риб Н. М. Сорока, С. Л. Гончаров, І. Ю. Пашкевич: Монографія К.:«ЦП «КОМПРИНТ», 2018
33. Bancroft I. L. On the whipworm of the rat's liver, I. L. Bancroft J. and Proc. Roy. Soc. New South Wales. 2005. P. 86–90.
34. Bahmanrokh M. Relationships between histopathology and parasitaemias in *Oncorhynchus mykiss* infected with *Cryptobia salmositica*, a pathogenic haemoflagellate. M. Bahmanrokh, P. T. K. Woo Dis. Aquat. Org. 2001. 46. P. 41–45.
35. Craig J. F. Percid fishes, systematic, ecology and exploitation J. F. Craig – Cornwall, Bodmin, MPG Books Ltd., 2000. 352 p.
36. Ondračková M., Seifertová M., Tkachenko M.Y., Vetešník L., Liu H. The parasites of a successful invader: monogeneans of the Asian topmouth gudgeon *Pseudorasbora parva*, with description of a new species of *Gyrodactylus*. Parasite, 2023.
37. Djikanović V., Skorić S., Kulišić Z., Maletin S., Paunović M. Parasitofauna of allochthonous fish species in the open waters of the Danube River Basin (Serbian part) – impact on the native fish fauna. Applied Ecology and Environmental Research, 2018.
38. Ondračková M., Hudcová I., Michálková V., Blazek R., Gelnar M., Jurajda P. Parasite communities and genetic structure of non-native pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) populations in Europe. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, 2023.
39. Петренко О.І. Паразитарні інвазії риб у прісноводних водоймах України. Екологія та природні ресурси, 2018. Т. 17, № 4. С. 115–120
40. Косенко Т.М., Микитенко І.В. Актуальні проблеми паразитології риб в умовах аквакультури. Рибне господарство України, 2021. Т. 31, № 6. С. 72–77.
41. Гречаник М.І., Герасимчук Л.І. Вивчення впливу екологічних змін на розвиток паразитарних інвазій у риб. Науковий вісник аграрного університету, 2019. Т. 19, № 1. С. 65–72.

42. Корнієнко В.В. Паразитні інвазії в аквакультурі та їх вплив на здоров'я риб. Ветеринарія та зоологія, 2017. Т. 16, № 5. С. 43–48.
43. Ярмоленко В.П. Проблеми лікування паразитичних хвороб риб в аквакультурі: теоретичні та практичні аспекти. Журнал аквакультурі та іхтіології, 2019. Т. 11, № 2. С. 88–93.