

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЇ І ЕКОЛОГІЇ
КАФЕДРА ВОДНИХ БІОРЕСУРСІВ ТА АКВАКУЛЬТУРИ

ЕКОЛОГІЯ РИБ

ЕЛЕКТРОННІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до практичних робіт
здобувачів факультету гідрометеорології і екології
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності Н5 Водні біоресурси та аквакультура

Одеса
ОНУ імені І. І. Мечникова
2026

УДК 574.5/6:597.2/.5(072)
Е40

Укладач:

А. І. Лічна, старший викладач кафедри водних біоресурсів та аквакультури факультету гідрометеорології і екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Рецензенти:

М. І. Бургаз, кандидат біологічних наук, доцент, завідувачка кафедри водних біоресурсів та аквакультури факультету гідрометеорології і екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

Д. Б. Радіонов, кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології, гідробіології та загальної екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

*Рекомендовано вченою радою факультету гідрометеорології і екології
ОНУ імені І. І. Мечникова.*

Протокол № 12 від 21 травня 2026 р.

Е40 **Екологія** риб [Електронний ресурс] : електрон. метод. рек. до
практ. робіт здобувачів ф-ту гідрометеорології і екології першого
(бакалавр.) рівня вищ. освіти спец. Н5 Водні біоресурси та
аквакультура / уклад. А. І. Лічна. Одеса : ОНУ імені І. І. Мечникова,
2026. 39 с. 0,9 МБ.

*Методичні рекомендації розроблені для здобувачів першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Охорона, відтворення та
раціональне використання гідробіоресурсів» спеціальності Н5 Водні біоресурси
та аквакультура для опанування матеріалу при підготовці до практичних занять,
оформленні робіт при самостійному виконанні завдань.*

УДК 574.5/6:597.2/.5(072)

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Практична робота № 1	
АНАЛІЗ АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	6
<i>Питання для самоперевірки</i>	<i>12</i>
Практична робота № 2	
ВИЗНАЧЕННЯ АДАПТАЦІЙ РИБ ДО ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА	13
<i>Питання для самоперевірки</i>	<i>18</i>
Практична робота № 3	
АНАЛІЗ ТРОФІЧНИХ І КОНКУРЕНТНИХ ВЗАЄМОДІЙ РИБ	19
<i>Питання для самоперевірки</i>	<i>24</i>
Практична робота № 4	
ВИЗНАЧЕННЯ СТАДІЙ РОЗВИТКУ РИБ	
ТА АНАЛІЗ РЕПРОДУКТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ	25
<i>Питання для самоперевірки</i>	<i>30</i>
Практична робота № 5	
РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ РОСТУ	
ТА ВІКОВОЇ СТРУКТУРИ РИБ	31
<i>Питання для самоперевірки</i>	<i>37</i>
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	38

ВСТУП

Екологія риб є важливою біологічною дисципліною, що вивчає взаємозв'язки риб з абіотичними та біотичними компонентами водних екосистем, закономірності їх поширення, адаптації, росту, розвитку та відтворення в різних умовах середовища. Сучасні дослідження у цій галузі мають велике теоретичне та практичне значення для раціонального використання водних біоресурсів, збереження біорізноманіття, підтримання екологічної рівноваги водних екосистем та підвищення ефективності рибного господарства.

Метою практичних занять з дисципліни «Екологія риб» є формування у здобувачів вищої освіти системних знань та практичних навичок аналізу екологічних процесів у водному середовищі, оцінювання впливу абіотичних і біотичних факторів на життєдіяльність риб, а також опанування методів інтерпретації екологічних закономірностей функціонування популяцій і угруповань гідробіонтів. Особлива увага приділяється практичному опрацюванню питань адаптацій риб до умов середовища, аналізу трофічних і конкурентних взаємодій, вивченню особливостей онтогенезу, росту, розвитку та репродуктивних стратегій риб.

Цей збірник методичних вказівок розроблено відповідно до чинних освітніх програм підготовки фахівців у галузі водних біоресурсів та аквакультури. Його зміст орієнтований на поєднання теоретичних знань із практично орієнтованими завданнями, що дозволяє студентам не лише засвоїти основні положення екології риб, але й навчитися застосовувати їх для аналізу реальних екологічних ситуацій у природних та штучних водоймах.

Після виконання всіх практичних робіт з дисципліни «Екологія риб» здобувачі освіти повинні знати: основні екологічні фактори водного середовища та механізми їх впливу на риб; закономірності адаптацій організмів до різних умов існування; особливості трофічних і конкурентних взаємодій у водних екосистемах; основи індивідуального розвитку, росту та розмноження риб; принципи формування та функціонування популяційних структур іхтіофауни.

Після виконання всіх практичних робіт студенти повинні вміти: аналізувати вплив абіотичних і біотичних факторів на життєдіяльність риб; оцінювати стан водних екосистем на основі екологічних показників; визначати та інтерпретувати адаптаційні ознаки риб; виконувати базові розрахунки екологічних параметрів; порівнювати біологічні характеристики різних видів риб; використовувати

отримані знання для вирішення прикладних задач у сфері рибного господарства та екології водних біоресурсів.

У збірнику методичних вказівок подано перелік тем практичних робіт, теоретичні відомості, необхідні для їх виконання, практичні завдання розрахункового та аналітичного характеру, а також питання для самоконтролю, що сприяють закріпленню навчального матеріалу та розвитку аналітичного мислення здобувачів освіти.

У силлабусі та робочій програмі дисципліни «Екологія риб» визначено зміст практичних і лекційних модулів, перелік контрольних питань для підготовки до оцінювання, а також критерії оцінювання навчальних досягнень студентів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

ТЕМА: АНАЛІЗ АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Мета: Ознайомитися з основними абіотичними чинниками водного середовища (температура, солоність, газовий режим, радіаційні фактори) та методами їх визначення. Сформувати практичні навички аналізу впливу фізико-хімічних параметрів води на життєдіяльність риб, а також навчитися інтерпретувати отримані результати з точки зору екологічного стану водойм.

Обладнання та реактиви: термометр водяний або електронний для вимірювання температури води; портативний оксиметр для визначення вмісту розчиненого кисню; ареометр або рефрактометр для визначення солоності води; рН-метр або індикаторні смужки для оцінки кислотності середовища; лабораторний стакан, колби та пробірки для відбору проб води; дистильована вода; реактиви для визначення розчиненого кисню (за методом Вінклера або його спрощеними модифікаціями, за наявності у лабораторії); таблиці стандартних значень розчинності кисню у воді; освітлювальні прилади або люксметр для оцінки інтенсивності освітлення; захисні рукавички та лабораторні халати для дотримання правил техніки безпеки.

Теоретична частина

Абіотичні чинники водного середовища є складною системою взаємопов'язаних фізичних і хімічних умов, які визначають життєздатність, просторовий розподіл, темпи росту, розвиток та репродуктивну успішність риб у природних і штучних водоймах. Абіотичні фактори – це сукупність фізичних і хімічних умов водного середовища, які безпосередньо впливають на життєдіяльність риб, визначаючи їх розподіл, активність, ріст і виживання. До найважливіших із них належать температура, солоність, газовий режим та хімічний склад води. Температурний оптимум – це діапазон температур, у межах якого фізіологічні процеси в організмі риб відбуваються з максимальною ефективністю, тоді як відхилення від цього діапазону викликає стрес або пригнічення життєвих функцій. Важливим показником стану водного середовища є розчинений кисень – кількість молекулярного кисню, що міститься у воді та використовується рибами для дихання. При його зниженні виникає гіпоксія – стан кисневого голодування, який може призводити до масової загибелі риби.

Солоність води характеризує концентрацію розчинених солей і визначає особливості осморегуляції – процесу підтримання водно-сольового балансу організму. Для оцінки впливу температури на біологічні процеси використовують коефіцієнт Q10 – показник, що відображає зміну інтенсивності метаболізму при підвищенні температури на 10 °С. Вони формують основу існування водних екосистем, оскільки задають межі фізіологічної толерантності організмів і визначають можливість їх адаптації до конкретних умов середовища. Вода як середовище існування має низку специфічних властивостей, що суттєво відрізняють її від наземно-повітряного середовища. Насамперед це висока щільність і в'язкість, які формують опір руху, але водночас забезпечують підтримувальну силу для організмів, зменшуючи витрати енергії на утримання тіла у товщі води. Це дозволяє риbam ефективно використовувати енергію на ріст і рух. Висока теплоємність води зумовлює відносно повільні коливання температури, що створює більш стабільні умови існування порівняно з наземними екосистемами. Проте у мілководних або малопроточних водоймах добові та сезонні коливання можуть бути значними і мати суттєвий вплив на біоту. Крім того, вода є універсальним розчинником, що визначає її хімічний склад, газовий режим і доступність біогенних елементів, необхідних для життєдіяльності гідробіонтів.

Таблиця 1 – Класифікація абіотичних чинників та їх вплив

Група факторів	Конкретний фактор	Основний вплив на риb
Фізичні	Температура	Регуляція метаболізму та росту
Фізичні	Гідродинаміка (течія)	Розподіл риb, енерговитрати
Фізичні	Прозорість води	Харчова поведінка, фотосинтез
Хімічні	Кисень (O ₂)	Дихання, виживання
Хімічні	CO ₂	Кислотно-лужний баланс
Хімічні	pH	Фізіологічна стабільність
Хімічні	Солоність	Осморегуляція
Хімічні	Мінералізація	Ріст і розвиток

Температура води є одним із провідних абіотичних факторів, який безпосередньо регулює інтенсивність метаболічних процесів у риb. Оскільки риби є пойкилотермними організмами, їх фізіологічна активність тісно пов'язана з температурою навколишнього середовища. У межах оптимальних значень

підвищення температури призводить до прискорення ферментативних реакцій, активізації травлення, підвищення швидкості росту та загальної рухової активності. Це сприяє інтенсифікації всіх життєвих процесів, включаючи підготовку до розмноження. Однак при виході за межі оптимуму відбувається різке зниження фізіологічної стабільності організму. Надмірно висока температура не лише збільшує метаболічні потреби риб у кисні, але й одночасно зменшує його розчинність у воді, що створює критичний дисбаланс між потребою та доступністю кисню. У холодноводних видів навіть незначні температурні коливання можуть викликати стресові реакції, тоді як теплолюбні види характеризуються більш широкою екологічною пластичністю.

Важливим наслідком температурних змін є сезонна динаміка життєвих процесів риб. У зимовий період при зниженні температури метаболізм істотно сповільнюється, зменшується споживання корму, активність і швидкість росту, що дозволяє організму економити енергетичні ресурси. Навесні та влітку, навпаки, відбувається активізація всіх фізіологічних процесів, що безпосередньо пов'язано з періодами інтенсивного живлення та нересту. Саме в цей період формується основна біомаса популяцій. У риборівництві контроль температурного режиму розглядається як один із ключових інструментів управління продуктивністю, оскільки дозволяє регулювати темпи росту та оптимізувати технологічні цикли вирощування.

Таблиця 2 – Вплив температури на життєдіяльність риб

Температурний режим	Фізіологічний стан	Поведінка риб
Нижче оптимуму	Зниження метаболізму	Млявість, зниження активності
Оптимальна зона	Максимальна активність	Інтенсивне живлення, ріст
Вище оптимуму	Стрес, дефіцит кисню	Підйом до поверхні
Критична температура	Порушення обміну	Можлива загибель

Солоність води є ще одним фундаментальним абіотичним фактором, який визначає умови осмотичного балансу організмів. Вона відображає концентрацію розчинених солей і безпосередньо впливає на процеси осморегуляції. Прісноводні риби перебувають у гіпотонічному середовищі, де вода постійно надходить у їхній організм через покриви та зябра. Для підтримання гомеостазу вони змушені активно виводити надлишок води та утримувати іони за допомогою спеціалізованих фізіологічних механізмів. Морські риби, навпаки, живуть у

гіпертонічному середовищі, де втрачають воду і змушені компенсувати її шляхом питного режиму та активного транспорту солей. Таким чином, різні групи риб мають принципово різні адаптаційні стратегії до солоності.

Різкі коливання солоності є одним із найсильніших стресових чинників, особливо для ранніх стадій розвитку риб, таких як ікра та личинки, у яких механізми осморегуляції ще недостатньо сформовані. Це може призводити до порушення іонного балансу, дегідратації або, навпаки, надлишкового накопичення води в тканинах, що негативно впливає на виживаність. У природних умовах подібні явища характерні для естуаріїв та лиманів, де відбувається постійне змішування прісних і морських водних мас, що формує специфічні екологічні умови існування.

Таблиця 3 – Осморегуляція у різних груп риб

Тип середовища	Умови	Механізм адаптації
Прісноводне	Низька солоність	Виведення надлишку води, затримка іонів
Морське	Висока солоність	Пиття води, активне виведення солей
Солонувате	Коливання солоності	Гнучка осморегуляція

Газовий режим водойм, насамперед вміст розчиненого кисню, є критично важливим для життєдіяльності риб. Кисень надходить у водне середовище шляхом дифузії з атмосфери та внаслідок фотосинтетичної діяльності водних рослин і фітопланктону. Його концентрація залежить від температури води, турбулентності, біологічної продуктивності та рівня органічного забруднення. У теплій воді розчинність кисню знижується, що при одночасному підвищенні метаболічних потреб риб створює ризик розвитку гіпоксії. Це особливо небезпечно у нічний час, коли фотосинтез відсутній, а дихання всіх організмів продовжується.

При зниженні вмісту кисню нижче критичних значень у риб спостерігаються компенсаторні реакції, такі як збільшення частоти дихальних рухів, вихід до поверхні води та зниження активності. Тривала гіпоксія призводить до порушення енергетичного обміну, накопичення токсичних метаболітів і, в крайніх випадках, до масової загибелі риби, що отримало назву «замори». Вуглекислий газ, який утворюється в процесі дихання та розкладу органічних речовин, також відіграє значну роль у формуванні кислотно-лужного балансу води, оскільки його надлишок сприяє зниженню рН.

Таблиця 4 – Реакція риб на рівень кисню

Рівень O₂	Стан середовища	Реакція риб
Високий	Сприятливий	Активний ріст
Середній	Допустимий	Нормальна активність
Низький	Стресовий	Зниження активності
Критично низький	Гіпоксія	Замори, загибель

Реакція середовища (pH) є важливим хімічним фактором, що визначає умови існування риб. Більшість прісноводних видів пристосовані до нейтральних або слабколужних умов. Зміщення pH у кислу або надмірно лужну сторону може викликати порушення функцій зябер, зниження ефективності дихання та пошкодження епітеліальних тканин. Найбільш чутливими до таких змін є ікра та личинки, які не мають повноцінних захисних механізмів.

Жорсткість води, що визначається вмістом іонів кальцію та магнію, також має важливе фізіологічне значення. Ці елементи беруть участь у формуванні кісткової тканини, регуляції нервово-м'язової активності та процесах обміну речовин. Відхилення від оптимальних значень може призводити до порушень розвитку та зниження життєздатності організмів.

Швидкість течії води є важливим гідродинамічним фактором, який визначає умови існування риб у річкових екосистемах. У швидкоплинних водах риби витрачають більше енергії на утримання позиції, що впливає на їх ріст і розподіл. У той же час течія сприяє кращому насиченню води киснем і виносу продуктів обміну, покращуючи якість середовища. У стоячих водоймах часто виникають явища стратифікації та дефіциту кисню у придонних шарах.

Прозорість води визначає світловий режим у водоймі та впливає на фотосинтез і поведінку риб. Вона залежить від вмісту зважених часток, розвитку фітопланктону та антропогенного навантаження. Зменшення прозорості обмежує проникнення світла, що впливає на просторовий розподіл організмів та ефективність пошуку корму.

Атмосферний тиск і глибина водойм формують вертикальну структуру середовища існування. Зі збільшенням глибини змінюються температура, тиск, освітленість і газовий склад води, що визначає зональність розподілу видів та їх екологічні ніші.

Абіотичні чинники водного середовища діють не ізольовано, а у складній взаємодії між собою. Зміна одного параметра запускає ланцюгові реакції в інших

компонентах екосистеми, що формує загальний екологічний баланс водойми. Наприклад, підвищення температури призводить до зниження кисню, активізації метаболізму та змін у поведінці риб, а зменшення прозорості впливає на фотосинтез і трофічну структуру. Саме тому оцінка стану водних екосистем повинна базуватися на комплексному аналізі всіх абіотичних чинників, що дозволяє більш точно прогнозувати зміни в іхтіофауні та ефективно управляти водними біоресурсами.

Завдання: На основі наведених вихідних даних необхідно розрахувати індекс стану водойми (ІСВ), використовуючи задану формулу, що враховує температуру води, вміст розчиненого кисню, рівень рН та солоність. Після виконання розрахунку слід визначити екологічний стан водойми відповідно до запропонованої шкали оцінки. Отримані результати потрібно проаналізувати та зробити короткий висновок щодо придатності умов середовища для існування риб, звернувши увагу на можливий вплив окремих абіотичних факторів на їх життєдіяльність.

Формула для розрахунку:

$$\text{ІСВ} = \text{Температура} + (\text{Кисень} \times 2) + \text{рН} + \text{Солоність}$$

ВИХІДНІ ДАНІ

Варіант	Температура	Кисень	рН	Солоність
1	18	5	7	1
2	22	6	8	2
3	16	4	6	1
4	25	7	8	3
5	20	5	7	2
6	14	4	6	1
7	24	8	8	2
8	19	6	7	1
9	21	5	7	2
10	17	4	6	1

ШКАЛА ОЦІНКИ:

до 25 – поганий стан
 25–35 – задовільний
 35–45 – добрий
 більше 45 – дуже добрий

Питання для самоперевірки

1. Що таке абіотичні фактори водного середовища?
2. Які основні абіотичні показники визначають якість води?
3. Як температура води впливає на життєдіяльність риб?
4. Чому підвищення температури призводить до зниження вмісту кисню у воді?
5. Яке значення має розчинений кисень для риб?
6. Що таке гіпоксія і як вона впливає на риб?
7. Які джерела надходження кисню у воду?
8. Що таке солоність води і як вона впливає на риб?
9. У чому полягає процес осморегуляції у риб?
10. Чим відрізняється осморегуляція у прісноводних і морських риб?
11. Яке значення має рН води для водних організмів?
12. Як зміни рН впливають на фізіологічний стан риб?
13. Що таке газовий режим водойми?
14. Які фактори впливають на вміст кисню у воді?
15. Яке значення має світло у водних екосистемах?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

ВИЗНАЧЕННЯ АДАПТАЦІЙ РИБ ДО ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА

Мета: вивчення впливу основних абіотичних чинників водного середовища на формування екологічних адаптацій риб. У процесі виконання роботи студенти повинні ознайомитися з закономірностями пристосування риб до різних температурних, солонісних, газових та світлових умов, а також навчитися аналізувати морфологічні, фізіологічні та поведінкові адаптації як результат дії факторів середовища. Особлива увага приділяється розумінню екологічної пластичності риб та їх здатності до виживання в умовах змінного середовища.

Обладнання та реактиви: Для виконання роботи використовуються: ілюстративний матеріал (таблиці, схеми та фотографії різних видів риб); атласи іхтіофауни; мультимедійні презентації або електронні бази даних риб; мікроскоп або лупа для аналізу морфологічних ознак (за наявності); зразки або муляжі риб різних екологічних груп; таблиці екологічних характеристик видів; довідкові матеріали щодо температурних, солонісних та кисневих діапазонів існування риб; лабораторні зошити для фіксації результатів; канцелярське приладдя.

Теоретична частина

Екологічні адаптації риб є результатом тривалого еволюційного процесу пристосування організмів до різноманітних умов водного середовища. Вони формуються під дією комплексу абіотичних факторів, які включають температуру води, її солоність, газовий режим, гідродинамічні умови, світлову проникність та хімічний склад. У процесі еволюції у риб виробилися складні механізми пристосування, що проявляються на різних рівнях організації живого: молекулярному, клітинному, фізіологічному, морфологічному та поведінковому. Така багаторівнева система адаптацій забезпечує високу екологічну пластичність риб і дозволяє їм заселяти найрізноманітніші водні екосистеми – від гірських холодних річок до глибоководних морських западин і евтрофних стоячих водойм. Адаптація – це процес і результат пристосування організмів до умов навколишнього середовища, який забезпечує їх виживання та розмноження. Важливо розрізняти аклімацію – короточасну, оборотну фізіологічну реакцію організму на зміну умов середовища, і еволюційні адаптації, що формуються протягом багатьох поколінь і закріплюються генетично. Здатність організмів

витримувати коливання факторів середовища визначається їх екологічною пластичністю. Види з широким діапазоном толерантності називають еврибіонтними, тоді як стенобіонтні види можуть існувати лише в обмежених умовах. Важливим адаптаційним механізмом у риб є осморегуляція – складний фізіологічний процес, що забезпечує підтримання стабільного внутрішнього середовища при зміні солоності води.

Таблиця 5 – Рівні організації адаптацій у риб

Рівень організації	Характер адаптацій	Приклади
Молекулярний	Зміни ферментів, білків	Термостабільні ферменти
Клітинний	Осморегуляція, газообмін	Клітини зябер
Фізіологічний	Метаболічні зміни	Анаеробний обмін
Морфологічний	Форма тіла, органи	Обтічне тіло, великі очі
Поведінковий	Міграції, активність	Добові міграції, пошук кисню

Температурний фактор є одним із провідних у формуванні адаптаційних механізмів риб. Оскільки риби належать до пойкилотермних організмів, їх фізіологічна активність безпосередньо залежить від температури навколишнього середовища. Це зумовлює необхідність адаптації ферментативних систем, клітинного метаболізму та швидкості біохімічних реакцій до певного температурного діапазону. У холодолюбних видів ферменти мають підвищену активність при низьких температурах, що дозволяє їм зберігати життєдіяльність у холодних водах північних регіонів. Навпаки, теплолюбні види пристосовані до функціонування в умовах високих температур, характерних для тропічних і субтропічних водойм. Крім фізіологічних механізмів, важливу роль відіграють поведінкові адаптації, зокрема температурні міграції, переміщення у більш глибокі або поверхневі шари води, а також сезонні переміщення до місць нересту та нагулу.

Таблиця 6 – Типи температурних адаптацій

Тип риб	Температурний діапазон	Особливості адаптації
Холодолюбні (кріофіли)	0–10 °C	Активні ферменти при низьких температурах
Помірні	10–25 °C	Широка екологічна пластичність
Теплолюбні (термофіли)	20–35 °C	Висока інтенсивність метаболізму

Тип риб	Температурний діапазон	Особливості адаптації
Евритермні	Широкий діапазон	Витримують різкі коливання температур

Солоність води є критичним фактором, що визначає особливості осморегуляції у риб. Вона впливає на водно-сольовий баланс організму і вимагає розвитку спеціалізованих фізіологічних механізмів. Прісноводні риби перебувають у гіпотонічному середовищі, тому постійно зазнають надходження води в організм через осмос. Для підтримання гомеостазу вони активно виводять надлишок води та затримують іони за допомогою нирок і клітин зябер. Морські риби, навпаки, живуть у гіпертонічному середовищі, де втрачають воду і змушені компенсувати її шляхом питного режиму та активного іонного транспорту. Особливо цікавою є група евригалінних видів, які здатні витримувати значні коливання солоності. Їхня адаптація базується на високій пластичності осморегуляторних систем, що дозволяє таким видам мігрувати між морськими, прісними та солонуватими водоймами. Це має важливе значення для їхнього життєвого циклу та розширення ареалу.

Таблиця 7 – Осморегуляція у риб різних екологічних груп

Група риб	Середовище	Основна адаптація
Прісноводні	Гіпотонічне	Виведення надлишку води
Морські	Гіпертонічне	Пиття води, виведення солей
Евригалінні	Змінна солоність	Гнучка осморегуляція
Прохідні	Міграції	Перебудова осмотичних механізмів

Газовий режим водойм, насамперед вміст розчиненого кисню, є одним із найважливіших факторів виживання риб. Кисень надходить у воду через атмосферний обмін і фотосинтез водних рослин, а його концентрація залежить від температури, солоності, інтенсивності перемішування водних мас та ступеня органічного забруднення. У відповідь на дефіцит кисню у риб сформувалися різноманітні адаптаційні механізми. До фізіологічних належать збільшення ефективності газообміну через зябра, підвищення вмісту гемоглобіну, а також здатність до часткового переходу на анаеробні процеси обміну речовин. У деяких видів розвинена здатність до використання атмосферного кисню. Поведінкові

адаптації включають переміщення у поверхневі шари води, скупчення у зонах з більш високою аерацією або міграцію до приток і проточних ділянок водойм.

Таблиця 8 – Адаптації риб до дефіциту кисню

Тип адаптації	Механізм	Приклад прояву
Фізіологічна	Підвищення Нb	Кращий транспорт O ₂
Метаболічна	Анаеробний обмін	Виживання при гіпоксії
Морфологічна	Збільшення площі зябер	Ефективний газообмін
Поведінкова	Вихід до поверхні	Пошук кисню
Міграційна	Рух до проточних вод	Уникнення заморів

Світловий режим водного середовища також відіграє важливу роль у формуванні адаптацій риб. Інтенсивність і спектральний склад світла змінюються залежно від глибини, прозорості води та вмісту завислих частинок. У зв'язку з цим у риб розвинулися спеціалізовані адаптації органів зору. У поверхневих і добре освітлених водах риби мають добре розвинені очі з високою здатністю до розрізнення кольорів і руху. У глибоководних видів часто спостерігається збільшення розмірів очей для кращого уловлювання слабкого світла або, навпаки, редукція зорових органів у повній темряві, де основну роль відіграють інші органи чуття. Світлові умови також визначають добову активність риб: одні види є денними, інші – нічними або сутінковими, що дозволяє зменшувати конкуренцію за ресурси та ефективніше використовувати кормову базу.

Таблиця 9 – Адаптації до світлових умов

Умови середовища	Адаптація	Особливості
Добре освітлені води	Розвинений зір	Кольорове сприйняття
Каламутні води	Посилений нюх	Слабкий зір
Глибоководні зони	Редукція очей	Інші органи чуття
Нічні умови	Світлочутливість	Активність у темряві

Гідродинамічні умови, зокрема швидкість течії, також суттєво впливають на формування морфологічних адаптацій. У швидкоплинних річках риби мають обтічну форму тіла, добре розвинену мускулатуру та плавники, що забезпечують ефективне утримання в потоці. У стоячих водоймах, навпаки, переважають види з

меншою потребою в активному плаванні, у яких тіло може бути більш високим і менш обтічним. Такі відмінності відображають енергетичні стратегії існування та спосіб використання кормових ресурсів.

Таблиця 10 – Морфологічні адаптації до течії

Тип водойми	Форма тіла риб	Адаптаційні особливості
Швидкоплинні річки	Обтічна, стрімка	Сильна мускулатура
Стоячі водойми	Висока, стиснута	Економія енергії
Перехідні умови	Проміжна форма	Пластичність

Комплексний характер екологічних адаптацій риб полягає у тому, що всі абіотичні фактори діють не ізольовано, а одночасно та взаємопов'язано. Будь-яка зміна одного чинника автоматично викликає каскад змін у інших параметрах середовища. Наприклад, підвищення температури води призводить до зниження концентрації кисню, що одночасно збільшує навантаження на дихальну систему та змінює поведінку риб. Зміна прозорості води впливає на світловий режим, що, у свою чергу, відображається на харчовій активності та просторовому розподілі видів. Таким чином, адаптації риб мають інтегрований характер і забезпечують їхню стійкість у змінних умовах середовища.

Важливою особливістю є також відмінність між еволюційними адаптаціями та короткочасною фізіологічною аклімацією. Якщо адаптації формуються протягом багатьох поколінь і закріплюються генетично, то аклімація є тимчасовою реакцією організму на зміну умов середовища. У риб ці два процеси тісно взаємодіють, забезпечуючи як довготривалу стабільність виду, так і його здатність швидко реагувати на зміну умов існування.

Екологічні адаптації риб є складною багаторівневою системою пристосувальних механізмів, що забезпечують виживання та успішне існування у різноманітних водних екосистемах. Вони формуються під впливом комплексу абіотичних факторів і мають вирішальне значення для розуміння екології, розподілу та продуктивності іхтіофауни у природних і штучних водоймах.

Завдання: Розрахувати інтегральний показник адаптованості риб до умов водного середовища на основі основних екологічних факторів: температури води, солоності, вмісту розчиненого кисню та рівня рН. Після проведення розрахунків необхідно оцінити ступінь адаптованості виду до середовища існування за

запропонованою шкалою та зробити короткий висновок щодо його екологічної пластичності та здатності до виживання в заданих умовах.

Формула розрахунку індексу адаптованості риб (IAP):

$$IAP = \text{Температура} + \text{Солоність} + (\text{Кисень} \times 2) + \text{pH}$$

ВИХІДНІ ДАНІ

Варіант	Температура	Кисень	pH	Солоність
1	12	4	7	1
2	18	5	8	2
3	15	3	6	1
4	22	6	8	3
5	20	5	7	2
6	14	4	6	1
7	24	7	8	2
8	19	5	7	1
9	21	6	7	2
10	16	4	6	1

ШКАЛА ОЦІНКИ:

до 25 – низька адаптованість
 25–35 – середня адаптованість
 35–45 – висока адаптованість
 більше 45 – дуже висока адаптованість

Питання для самоперевірки

1. Що таке екологічні адаптації риб?
2. Які рівні адаптацій виділяють у риб?
3. Як температура впливає на фізіологію риб?
4. Що таке пойкилотермність?
5. Які механізми терморегуляції мають риби?
6. Як солоність впливає на осморегуляцію?
7. У чому різниця між прісноводними і морськими рибами?
8. Що таке евригалінні види?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

АНАЛІЗ ТРОФІЧНИХ І КОНКУРЕНТНИХ ВЗАЄМОДІЙ РИБ

Мета: вивчення особливостей трофічних зв'язків та конкурентних взаємодій риб у водних екосистемах, а також формування у студентів практичних навичок аналізу харчових взаємовідносин між гідробіонтами. У процесі виконання роботи студенти повинні навчитися визначати типи живлення риб, аналізувати їх місце у трофічних ланцюгах і сітках живлення, а також оцінювати вплив внутрішньовидової та міжвидової конкуренції на структуру іхтіоценозів.

Обладнання та реактиви: Для виконання практичної роботи використовуються: таблиці трофічних груп риб, схеми та малюнки харчових ланцюгів і трофічних сіток, атласи іхтіофауни, довідкові матеріали щодо живлення основних видів риб, мультимедійні презентації або електронні бази даних, лабораторні зошити для фіксації результатів, канцелярське приладдя. За наявності можуть використовуватися мікроскопи або збільшувальні прилади для аналізу вмісту шлунків риб (при вивченні імітаційних або реальних зразків).

Теоретична частина

Трофічні та конкурентні взаємодії є одними з ключових екологічних факторів, що визначають структуру, функціонування та стабільність водних екосистем. Вони формують основу біологічного кругообігу речовин і енергії у водоймах, забезпечуючи безперервність процесів живлення, трансформації органічної речовини та підтримання популяційної рівноваги. Саме завдяки цим взаємодіям відбувається перерозподіл енергії між різними рівнями живої системи, що забезпечує існування складних біоценозів.

Трофічний рівень – це позиція організму в системі живлення, яка визначається джерелом отримання енергії. Передача енергії в екосистемі здійснюється через харчові ланцюги – послідовні ряди організмів, у яких кожен попередній слугує їжею для наступного. У природних умовах такі ланцюги переплітаються, утворюючи трофічні сітки – складні системи взаємопов'язаних харчових зв'язків. Важливим біотичним фактором є конкуренція – форма взаємодії організмів, що виникає при обмеженості ресурсів і призводить до боротьби за їжу, простір або інші життєво необхідні умови. Сукупність усіх умов існування виду та його ролі в екосистемі визначається поняттям екологічної ніші.

Порушення трофічних зв'язків може викликати трофічний каскад – ланцюгову реакцію змін у структурі екосистеми.

Трофічні взаємовідносини базуються на послідовній передачі енергії від одного організму до іншого через харчові ланцюги, де кожен наступний рівень залежить від попереднього як джерела енергії та органічної речовини. У водних екосистемах риби можуть займати різні трофічні рівні: бути первинними консументами (фітофагами), споживачами зоопланктону (зоопланктофагами), бентофагами, що живляться донними організмами, або ж активними хижаками вищих трофічних рівнів. Така функціональна різноманітність визначає їхню екологічну роль, положення в трофічній структурі та ступінь впливу на стабільність угруповань.

Таблиця 11 – Основні трофічні рівні та екологічна роль риб

Трофічний рівень	Тип живлення	Приклади груп	Екологічна роль
Первинні консументи	Фітофаги	Білий амур	Контроль макрофітів
Вторинні консументи	Зоопланктофаги	Плітка, уклейка	Регуляція планктону
Бентофаги	Донні організми	Короп, лящ	Переробка органіки
Вторинні хижаки	Дрібні риби	Окунь	Контроль дрібних видів
Топ-хижаки	Великі хижаки	Щука, судак	Регуляція всієї системи

У природних водоймах трофічні взаємозв'язки формують складні багаторівневі трофічні сітки, які є більш реалістичним і точним відображенням харчових відносин, ніж прості лінійні харчові ланцюги. У таких сітках кожен вид може мати декілька джерел живлення та одночасно бути об'єктом живлення для різних хижаків, що створює багатовекторну систему потоків енергії. Це значно підвищує стійкість екосистеми до зовнішніх впливів, оскільки випадіння одного елемента не призводить до повного руйнування системи, а компенсується іншими трофічними зв'язками. Чим складніша трофічна сітка, тим вищою є здатність екосистеми до саморегуляції, відновлення після порушень і підтримання динамічної рівноваги. Особливо важливу роль у цьому процесі відіграють ключові види (keystone species), які, незважаючи на відносно невелику чисельність, контролюють структуру популяцій нижчих трофічних рівнів і визначають загальний характер функціонування екосистеми.

Конкурентні взаємодії виникають у випадках, коли різні види або особини одного виду використовують спільні обмежені ресурси. До таких ресурсів

належать кормові об'єкти, просторові ділянки, місця нересту, укриття, світлові умови та кисневий режим. Конкуренція є важливим механізмом природного добору та регуляції чисельності популяцій, оскільки вона безпосередньо впливає на виживання, ріст і репродуктивний успіх організмів. Розрізняють внутрішньовидову та міжвидову конкуренцію. Внутрішньовидова конкуренція зазвичай є більш інтенсивною, оскільки особини одного виду мають ідентичні екологічні потреби, однакові вимоги до середовища існування та харчових ресурсів. Це призводить до прямої боротьби за обмежені ресурси, що часто проявляється у зниженні темпів росту, затримці статевого дозрівання, зменшенні плодючості та підвищеній смертності менш конкурентоспроможних особин. У результаті формується природна диференціація популяції за розмірами та життєздатністю.

Міжвидова конкуренція відбувається між різними видами, які використовують подібні екологічні ресурси. Її наслідки можуть бути різними: від витіснення одного виду більш конкурентоспроможним до формування стабільного співіснування через розподіл ресурсів. У процесі еволюції між конкуруючими видами часто відбувається екологічна диференціація, що проявляється у зміні харчових переваг, просторового розміщення або часу активності. Наприклад, один вид може переходити на живлення в товщі води, тоді як інший – у придонній зоні, що знижує рівень прямого конфлікту. Такий процес зменшує інтенсивність конкуренції та сприяє стабільному співіснуванню видів у межах однієї екосистеми, підвищуючи її загальне біорізноманіття.

Таблиця 12 – Види конкурентних взаємодій

Тип конкуренції	Суб'єкти взаємодії	Причина	Наслідки
Внутрішньовидова	Особини одного виду	Однакові потреби	Зниження росту, виживання
Міжвидова	Різні види	Спільні ресурси	Витіснення або розподіл
Пряма	Прямий контакт	Агресія, боротьба	Домінування сильніших
Непряма	Через ресурси	Дефіцит корму	Зниження чисельності

Важливим наслідком конкурентних взаємодій є формування та розподіл екологічних ніш. Екологічна ніша визначає сукупність умов середовища, ресурсів і функціональної ролі виду в екосистемі, включаючи його місце в трофічній структурі та взаємодію з іншими організмами. Кожен вид займає власну нішу, яка може частково перекриватися з нішами інших видів, однак не повинна повністю дублюватися. Принцип конкурентного виключення Гаузе передбачає, що два види з повністю ідентичними нішами не можуть довготривало співіснувати в одному середовищі, оскільки один із них неминуче буде витіснений. Саме тому у природі відбувається нішова диференціація, яка зменшує рівень конкуренції та сприяє структурній складності біоценозів.

У рибних угрупованнях трофічні та конкурентні взаємодії тісно взаємопов'язані і формують складну систему біотичних зв'язків, яка визначає динаміку всієї екосистеми. Зміна чисельності або домінування одного виду може призводити до каскадних ефектів на всіх трофічних рівнях. Наприклад, зменшення чисельності хижих риб призводить до збільшення популяцій дрібних мирних видів, що, у свою чергу, посилює тиск на зоопланктон. Зниження чисельності зоопланктону сприяє неконтрольованому розвитку фітопланктону, що може викликати явище «цвітіння» води, дефіцит кисню та погіршення гідрохімічних умов. Навіть локальні зміни в одному елементі трофічної системи здатні спричинити масштабні екологічні наслідки для всієї водойми.

Таблиця 13 – Адаптації риб до зниження конкуренції

Механізм адаптації	Опис	Результат
Трофічна спеціалізація	Перехід на інший корм	Зменшення конкуренції
Просторова сегрегація	Різні біотопи	Розподіл популяцій
Часова активність	Різний час живлення	Уникнення контактів
Морфологічні зміни	Форма тіла, рота	Різні екологічні ніші

Особливу роль у регуляції трофічних зв'язків відіграють хижі види риб, які виконують функцію природного контролю чисельності популяцій нижчих рівнів. Це явище відоме як трофічне каскадування і є одним із ключових механізмів підтримання екологічної рівноваги у водних екосистемах. У той же час конкуренція між близькими за екологічними вимогами видами може обмежувати їх чисельність і змінювати просторово-вікову структуру іхтіофауни в різних типах водойм, формуючи специфічні угруповання.

Таблиця 14 – Приклад трофічного каскаду

Зміна в екосистемі	Проміжний ефект	Кінцевий результат
Зменшення хижаків	Збільшення мирних риб	Зменшення зоопланктону
Зменшення зоопланктону	Зростання фітопланктону	«Цвітіння» води
«Цвітіння» води	Дефіцит кисню	Погіршення умов для риб
Погіршення умов	Загибель риби	Деградація екосистеми

Аналіз трофічних і конкурентних взаємодій є необхідним для глибокого розуміння функціонування водних екосистем, їх стабільності та стійкості до антропогенних впливів. Він дозволяє оцінювати стан іхтіоценозів, прогнозувати зміни у популяційній структурі та розробляти ефективні заходи раціонального використання і відновлення рибних ресурсів. У сучасній екології та рибному господарстві ці знання мають важливе практичне значення, оскільки дозволяють науково обґрунтовувати управління водними біоресурсами, підвищувати продуктивність водойм і зберігати їх екологічну рівновагу.

Завдання: На основі наведених вихідних даних необхідно визначити особливості трофічних взаємодій риб та оцінити рівень конкуренції у водній екосистемі. Для цього слід розрахувати індекс трофічно-конкурентного навантаження (ІТКН), який враховує трофічний рівень виду, кількість конкурентів та різноманітність кормових об'єктів. Після виконання розрахунків потрібно визначити рівень навантаження за шкалою та зробити короткий висновок щодо стабільності харчових зв'язків і можливого впливу конкуренції на структуру іхтіоценозу.

Формула розрахунку індексу трофічно-конкурентного навантаження
ІТКН = Трофічний рівень + Кількість конкурентів + Кількість кормових об'єктів

ВИХІДНІ ДАНІ

Варіант	Трофічний рівень	Конкуренти	Кормові об'єкти
1	1	2	2
2	2	3	2
3	3	2	3
4	2	4	3
5	1	1	2

Варіант	Трофічний рівень	Конкуренти	Кормові об'єкти
6	3	3	2
7	2	2	4
8	1	3	3
9	3	4	2
10	2	2	3

ШКАЛА ОЦІНКИ:

до 5 – низьке навантаження

6–7 – помірне навантаження

8–9 – високе навантаження

10 і більше – дуже високе навантаження

Питання для самоперевірки

1. Що таке трофічний рівень?
2. Які існують типи живлення риб?
3. Що таке трофічний ланцюг?
4. Що таке трофічна сітка?
5. У чому їх відмінність?
6. Що таке конкуренція у водних екосистемах?
7. Чим відрізняється внутрішньовидова і міжвидова конкуренція?
8. Що таке екологічна ніша?
9. Як формується екологічна ніша у риб?
10. Які фактори впливають на конкуренцію?
11. Яку роль відіграють хижі риби?
12. Що таке каскадні ефекти?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ВИЗНАЧЕННЯ СТАДІЙ РОЗВИТКУ РИБ ТА АНАЛІЗ РЕПРОДУКТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ

Мета: Вивчення основних стадій індивідуального розвитку риб та формування практичних навичок визначення їх репродуктивних характеристик. У процесі виконання роботи студенти повинні навчитися розрізняти етапи ембріонального, личинкового, ювенільного та статевозрілого розвитку риб, а також аналізувати показники плодючості, статевої зрілості та нерестової активності. Особлива увага приділяється розумінню біологічних основ відтворення риб і факторів, що впливають на ефективність їх розмноження у природних та штучних умовах.

Обладнання та реактиви: Для виконання практичної роботи використовуються: таблиці та схеми онтогенезу риб; ілюстративні матеріали; атласи іхтіофауни; довідкові матеріали щодо репродуктивних показників різних видів риб; калькулятори для виконання розрахунків; лабораторні зошити; канцелярське приладдя. За можливості можна використовувати зразки ікри або личинок риб, а також мультимедійні матеріали для візуалізації стадій розвитку.

Теоретична частина

Індивідуальний розвиток риб або онтогенез є складним безперервним біологічним процесом, що охоплює весь життєвий цикл організму від моменту запліднення ікринки до природної смерті. Він є результатом взаємодії генетично запрограмованих механізмів розвитку та впливу зовнішнього середовища, яке може істотно модифікувати швидкість і напрямок формування організму. Онтогенез риб має чітко виражену стадійність, що включає ембріональний, личинковий, мальковий (ювенільний), дорослий (статевозрілий) та старечий періоди. Кожна з цих стадій характеризується специфічними морфологічними особливостями, рівнем метаболічної активності, поведінковими реакціями та ступенем залежності від факторів середовища. Онтогенез – це індивідуальний розвиток організму від моменту запліднення до природної смерті, який включає послідовну зміну стадій розвитку. Початковим етапом є ембріогенез – процес формування зародка всередині ікринки, під час якого закладаються основні органи і системи. Після викльову настає личинкова

стадія, що характеризується переходом від внутрішнього (жовткового) до зовнішнього живлення. Наступним етапом є ювенільна стадія, під час якої відбувається інтенсивний ріст і формування ознак дорослого організму. Репродуктивна здатність риб характеризується показником плодючості — кількістю ікринок, що продукуються самкою, а процес їх відкладання називається нерестом.

Таблиця 15 – Основні стадії індивідуального розвитку риб

Стадія розвитку	Тривалість	Основні процеси	Особливості
Ембріональна	Від запліднення до викльову	Дроблення, органогенез	Висока чутливість до факторів
Личинкова	Від викльову до переходу на зовнішнє живлення	Формування органів, живлення жовтком	Критична виживаність
Ювенільна (малькова)	До статевої зрілості	Активний ріст, диференціація	Інтенсивний приріст
Статевозріла	Репродуктивний період	Утворення гамет	Розмноження

Ембріональний період розвитку риб починається з моменту запліднення ікри та завершується виходом личинки з оболонок. У цей час відбувається інтенсивний процес дроблення зиготи, гастрюляції, нейруляції та органогенезу, в результаті чого формуються основні системи майбутнього організму. Уже на ранніх етапах ембріогенезу закладаються осьові структури тіла, зачатки нервової системи, травного тракту, серця та зябрового апарату. Особливістю цього періоду є висока чутливість до абіотичних факторів, зокрема температури, кисневого режиму, солоності та токсичних речовин. Температура води виступає провідним регулятором швидкості розвитку: у межах видового оптимуму підвищення температури прискорює ембріогенез, тоді як зниження призводить до його сповільнення або навіть зупинки.

Таблиця 16 – Основні фактори ембріогенезу риб

Фактор	Вплив	Наслідок при відхиленні
Температура	Регулює швидкість розвитку	Затримка або аномалії
Кисень	Забезпечує обмін речовин	Загибель ембріонів
Солоність	Осмотичний баланс	Деформації розвитку

Фактор	Вплив	Наслідок при відхиленні
Токсини	Клітинна дія	Ембріональна смертність
Механічні впливи	Стабільність розвитку	Пошкодження ікри

Відхилення від оптимальних значень може викликати морфологічні аномалії, затримку розвитку або загибель ембріонів, що має значний вплив на чисельність майбутніх поколінь

Важливим аспектом ембріонального розвитку є також енергетичне забезпечення, яке здійснюється за рахунок запасів жовткового мішка. Розмір і якість ікри безпосередньо впливають на виживаність ембріонів, оскільки визначають кількість енергетичних ресурсів для розвитку до моменту переходу на зовнішнє живлення. У цей період особливо важливими є стабільність гідрохімічних умов та відсутність механічних порушень середовища, оскільки ембріони є практично нерухомими і не здатні до активного уникнення несприятливих впливів.

Личинкова стадія є одним із найбільш критичних етапів онтогенезу риб, оскільки саме в цей період відбувається перехід від ендогенного (жовткового) до екзогенного живлення. Личинки мають недорозвинені органи та системи, тому їх життєдіяльність значною мірою залежить від умов середовища. Початок активного живлення вимагає наявності відповідної кормової бази, яка включає мікропланктон, інфузорій, коловороток та дрібних ракоподібних. Недостатність корму на цьому етапі може призвести до різкого зниження виживаності та формування слабких поколінь.

Таблиця 17 – Умови виживання личинок риб

Фактор	Роль	Результат дефіциту
Кормова база	Забезпечення енергії	Масова загибель
Температура	Регуляція метаболізму	Уповільнення росту
Кисень	Дихання	Гіпоксія
Щільність	Конкуренція	Висока смертність
Стабільність середовища	Розвиток органів	Патології

Фізіологічно личинки характеризуються високим рівнем метаболічної пластичності, але водночас низькою стійкістю до екологічних стресів. Навіть незначні коливання температури, дефіцит кисню або підвищення концентрації

токсичних речовин можуть спричиняти масову загибель. Саме тому личинкова смертність є одним із головних регуляторів чисельності популяцій риб у природних водоймах і визначає так званий «рекрутинг» – кількість особин, що переходять до наступної стадії розвитку.

Малькова або ювенільна стадія характеризується інтенсивним ростом, активним розвитком органів та поступовим набуттям видових морфологічних ознак. У цей період відбувається формування остаточної будови тіла, удосконалення плавального апарату, зорової та сенсорної систем, а також завершення диференціації травної та видільної систем. Ювенільні особини переходять до характерного для виду типу живлення, що визначає їхнє місце у трофічній структурі екосистеми.

Цей етап є періодом найбільш ефективного росту, коли значна частина енергії спрямовується на збільшення біомаси. Швидкість росту залежить від температури, кормової забезпеченості, щільності популяції та міжвидової конкуренції. У сприятливих умовах ювенільні риби можуть демонструвати високі темпи приросту, тоді як у перенаселених або деградованих екосистемах ріст сповільнюється, що впливає на загальну продуктивність популяцій.

Статевозріла стадія починається після досягнення організмом фізіологічної та морфологічної зрілості, яка дозволяє здійснювати репродуктивну функцію. У цей період енергетичні ресурси організму частково перенаправляються на формування статевих продуктів і забезпечення процесів розмноження. Важливими характеристиками популяцій на цьому етапі є вік статевої зрілості, плодючість, кратність нересту та репродуктивна ефективність.

Розрізняють абсолютну та відносну плодючість. Абсолютна плодючість відображає загальну кількість ікринок, що продукуються самкою за один нерестовий цикл, тоді як відносна плодючість враховує масу тіла і дозволяє порівнювати репродуктивну здатність різних видів. Загалом існує дві основні репродуктивні стратегії: r-стратегія, характерна для видів із високою плодючістю і низькою виживаністю потомства, та K-стратегія, притаманна видам із меншою кількістю потомства, але високим рівнем його виживання завдяки батьківській турботі або вибору оптимальних умов нересту.

На репродуктивні показники риб впливає комплекс внутрішніх і зовнішніх факторів. До внутрішніх належать генетичні особливості, вік, розмір, фізіологічний стан та енергетичні резерви організму. Зовнішні фактори включають температуру води, гідрохімічний режим, наявність кормової бази, структуру нерестовищ, рівень кисню та антропогенний вплив. Особливо

важливим є стан нерестових біотопів, оскільки деградація нерестовищ безпосередньо знижує ефективність відтворення популяцій.

Таблиця 18 – Репродуктивні стратегії риб

Ознака	r-стратегія	K-стратегія
Кількість ікри	Дуже висока	Низька
Виживаність	Низька	Висока
Батьківська турбота	Відсутня	Розвинена
Середовище	Нестабільне	Стабільне
Приклади	Короп, плітка	Щука, окунь

Наступний період онтогенезу характеризується поступовим зниженням фізіологічної активності, уповільненням метаболізму, зменшенням репродуктивної здатності та підвищеною смертністю. У цей час зростає вразливість до захворювань і несприятливих факторів середовища, що в кінцевому підсумку призводить до природної загибелі особини.

У цілому онтогенез риб є не лише індивідуальним процесом розвитку, але й важливим елементом популяційної та екосистемної динаміки. Він визначає структуру поколінь, темпи відтворення, чисельність популяцій та їхню стійкість до змін навколишнього середовища. Вивчення особливостей індивідуального розвитку риб має велике значення для іхтіології, аквакультури, охорони водних біоресурсів і раціонального використання рибних запасів. Знання закономірностей онтогенезу дозволяє прогнозувати стан популяцій, оптимізувати умови вирощування риби та забезпечувати стабільне функціонування водних екосистем.

Завдання: На основі наведених вихідних даних необхідно оцінити репродуктивний потенціал риб та визначити ефективність їх відтворення. Для цього слід розрахувати індекс репродуктивної ефективності (IRE), який враховує кількість ікри, масу тіла риби та виживаність потомства. Після виконання розрахунків потрібно визначити рівень репродуктивної ефективності за шкалою та зробити короткий висновок щодо умов розмноження і виживання риб на різних стадіях розвитку.

Формула розрахунку індексу репродуктивної ефективності

$$IRE = (Кількість\ ікри / 1000) + Маса\ риби + Виживаність$$

ВИХІДНІ ДАНІ

Варіант	Кількість ікри	Маса (кг)	Виживаність (%)
1	5000	2	10
2	8000	3	15
3	6000	2	12
4	12000	4	18
5	7000	3	14
6	4000	2	10
7	15000	5	20
8	9000	3	16
9	11000	4	17
10	6000	2	12

ШКАЛА ОЦІНКИ:

до 20 – низька ефективність

20–30 – середня ефективність

30–40 – висока ефективність

більше 40 – дуже висока ефективність

Питання для самоперевірки

1. Що таке онтогенез риб?
2. Які основні стадії розвитку риб?
3. Що відбувається на ембріональній стадії?
4. Які особливості личинкової стадії?
5. Що характерно для ювенільної стадії?
6. Коли настає статева зрілість у риб?
7. Що таке плодючість риб?
8. Чим відрізняється абсолютна і відносна плодючість?
9. Які фактори впливають на репродуктивні показники?
10. Як температура впливає на розвиток ікри?
11. Чому виживаність личинок є низькою?
12. Яке значення має кормова база?
13. Як екологічні умови впливають на нерест?
14. Чому важливо вивчати репродуктивні показники?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ РОСТУ ТА ВІКОВОЇ СТРУКТУРИ РИБ

Мета: вивчення закономірностей росту риб та формування практичних навичок розрахунку основних ростових і вікових показників іхтіофауни. У процесі виконання роботи студенти повинні навчитися визначати темпи лінійного та масового росту риб, аналізувати вікову структуру популяцій, а також оцінювати стан популяцій за показниками росту та співвідношенням вікових груп. Особлива увага приділяється застосуванню простих біометричних розрахунків для характеристики ростових процесів у риб.

Обладнання та реактиви: таблиці з даними довжини та маси риб різного віку; графіки росту риб; атласи іхтіофауни; калькулятори для виконання розрахунків; довідкові матеріали щодо біології основних видів риб; лабораторні зошити; канцелярське приладдя. За необхідності можуть використовуватися електронні таблиці (Excel або аналогічні програми) для побудови графіків росту та аналізу даних.

Теоретична частина

Ріст риб є одним із ключових біологічних процесів, що відображає інтенсивність їх життєдіяльності, рівень адаптації до умов середовища та загальний стан популяцій. Він являє собою незворотне збільшення розмірів і маси організму в процесі індивідуального розвитку та є результатом складної взаємодії генетичних факторів і зовнішніх умов існування. Ріст визначається ефективністю обміну речовин, доступністю кормової бази, температурним режимом, кисневими умовами, щільністю популяції та міжвидовою конкуренцією. У різних екологічних умовах один і той самий вид риб може демонструвати суттєво різні темпи росту, що свідчить про високу пластичність цього процесу. Таким чином, показники росту є важливим індикатором екологічного стану водойми та рівня забезпеченості риб необхідними ресурсами.

Ріст риб є складним біологічним процесом, що характеризується збільшенням розмірів і маси організму. Для його оцінки використовують показники абсолютного приросту, який визначається як різниця між кінцевими та початковими значеннями, та відносного приросту, що виражається у відсотках і дозволяє порівнювати особини різного розміру.

Важливим показником стану популяції є вікова структура, тобто співвідношення особин різних вікових груп. Вік риб визначають за допомогою аналізу твердих структур, зокрема отолітів, які містять річні кільця росту.

Для оцінки фізіологічного стану риб застосовують індекс вгодованості – інтегральний показник, що відображає співвідношення маси тіла до його довжини та характеризує забезпеченість організму енергетичними ресурсами.

У біології риб розрізняють два основні типи росту: лінійний і масовий. Лінійний ріст характеризується збільшенням довжини тіла і є важливим морфометричним показником, який використовується для оцінки вікових змін та розвитку організму. Масовий ріст відображає збільшення загальної маси тіла і більш точно характеризує енергетичний баланс організму, оскільки безпосередньо залежить від інтенсивності живлення та накопичення органічних речовин. У більшості випадків масовий ріст є більш чутливим до змін умов середовища, ніж лінійний, оскільки навіть незначні коливання кормової забезпеченості або температури можуть істотно впливати на накопичення біомаси. Співвідношення між лінійним і масовим ростом дозволяє оцінити гармонійність розвитку організму та виявити можливі відхилення, пов'язані з несприятливими умовами існування.

Для кількісної оцінки ростових процесів у риб застосовують систему біометричних показників, серед яких основними є абсолютний та відносний приріст. Абсолютний приріст визначається як різниця між кінцевими та початковими значеннями довжини або маси тіла за певний проміжок часу і дозволяє оцінити загальну інтенсивність росту. Відносний приріст відображає відсоткове збільшення розмірів організму відносно початкових показників і є більш інформативним для порівняння росту особин різного розміру або віку. Окрім цього, в іхтіологічних дослідженнях використовують коефіцієнти росту, індекси вгодованості та інші морфометричні показники, які дозволяють комплексно оцінити фізіологічний стан риб.

Таблиця 19 – Основні фактори, що впливають на ріст риб

Група факторів	Фактор	Характер впливу на ріст
Абіотичні	Температура води	Регулює швидкість метаболізму, визначає інтенсивність росту
Абіотичні	Кисневий режим	Дефіцит кисню пригнічує ріст та обмін речовин

Група факторів	Фактор	Характер впливу на ріст
Абіотичні	Гідрохімічний склад	Впливає на фізіологічний стан та виживання
Біотичні	Кормова база	Визначає темпи накопичення біомаси
Біотичні	Щільність популяції	Підвищує конкуренцію та знижує ріст
Біотичні	Хижацтво	Опосередковано впливає через відбір особин
Антропогенні	Виллов	Змінює вікову та розмірну структуру популяції

Важливим аспектом дослідження росту є встановлення закономірностей його зміни з віком. У більшості видів риб спостерігається нерівномірний характер росту: у ранньому віці він є найбільш інтенсивним, що пов'язано з активним розвитком організму та високою швидкістю обміну речовин. З досягненням статевої зрілості темпи росту поступово знижуються, оскільки значна частина енергії починає витрачатися на процеси розмноження. Такий перерозподіл енергетичних ресурсів є характерною біологічною особливістю більшості риб і має важливе значення для формування їх життєвого циклу.

На інтенсивність росту значною мірою впливають абіотичні фактори середовища. Температура води визначає швидкість біохімічних процесів і, відповідно, темпи росту: у межах оптимальних значень вона стимулює розвиток, тоді як відхилення в бік зниження або підвищення можуть його пригнічувати. Вміст розчиненого кисню також відіграє важливу роль, оскільки забезпечує процеси клітинного дихання; при його дефіциті спостерігається уповільнення росту або навіть зупинка розвитку. Не менш важливим є забезпечення риб кормовими ресурсами, адже саме від кількості та якості їжі залежить накопичення біомаси.

Крім абіотичних факторів, на ріст риб впливають і біотичні взаємодії, зокрема внутрішньовидова та міжвидова конкуренція. При високій щільності популяції зростає конкуренція за корм і простір, що призводить до зниження індивідуальних темпів росту. У таких умовах можуть формуватися різні розмірні групи особин, що відрізняються за швидкістю росту і доступом до ресурсів. Хижацтво також опосередковано впливає на ріст, оскільки вибіркоче вилучення певних розмірних груп змінює структуру популяції.

Ріст риб є інтегральним показником, що відображає як внутрішні особливості організму, так і умови його існування. Його вивчення дозволяє оцінити стан

популяцій, визначити рівень продуктивності водойм та обґрунтувати заходи з раціонального використання і відтворення рибних ресурсів

Важливим аспектом вивчення росту риб є аналіз їх вікової структури, яка відображає співвідношення особин різних вікових груп у популяції. Вікова структура є одним із найінформативніших показників стану популяції, оскільки дозволяє оцінити її стабільність, здатність до самовідтворення та перспективи подальшого розвитку. У стабільних, природно збалансованих популяціях зазвичай спостерігається наявність кількох вікових класів, що забезпечує безперервність відтворення поколінь і підтримання оптимальної чисельності виду. Така структура свідчить про гармонійне функціонування екосистеми, де процеси народження, росту та смертності перебувають у відносній рівновазі. Натомість у деградованих або надмірно експлуатованих екосистемах часто відзначається порушення вікової структури, коли домінує одна або кілька вікових груп. Це може бути наслідком інтенсивного вилову, погіршення умов існування або зниження ефективності природного відтворення, що в кінцевому підсумку призводить до зниження чисельності популяції та її стійкості.

Визначення віку риб є важливою складовою іхтіологічних досліджень і здійснюється за допомогою аналізу твердих структур організму, таких як луска, отоліти, зяброві кришки або промені плавців. На цих структурах формуються так звані річні кільця росту, які відображають періодичність ростових процесів протягом року. У сприятливий теплий період, коли температура води та кормова база забезпечують активний розвиток, ріст відбувається інтенсивно і формуються широкі світлі зони. У холодний або несприятливий період ріст сповільнюється, що призводить до утворення вузьких темних зон. Чергування цих зон утворює чіткі кільця, кількість яких зазвичай відповідає віку риби в роках. Такий метод дозволяє не лише визначити індивідуальний вік особини, але й відтворити історію її росту, оцінити умови існування в різні періоди життя та виявити можливі стресові впливи середовища.

Ріст риб має чітко виражену вікову динаміку, яка відображає зміну пріоритетів у використанні енергетичних ресурсів організму. У ранні періоди онтогенезу, особливо на личинковій та ювенільній стадіях, ріст є максимально інтенсивним, оскільки більша частина енергії спрямовується на формування органів і систем, а також на швидке збільшення розмірів тіла. Це має важливе адаптивне значення, адже швидке зростання зменшує ризик поїдання хижаками та підвищує шанси на виживання. У цей період риби демонструють найвищі темпи приросту як у довжину, так і в масі. Після досягнення статевої зрілості темпи

росту поступово знижуються, що пов'язано з перерозподілом енергетичних ресурсів організму. Значна частина енергії починає витрачатися на формування статевих продуктів, розвиток гонад та забезпечення процесів розмноження, тоді як ріст відходить на другий план. У старших вікових групах ріст може майже припинятися, що є природним етапом життєвого циклу.

На інтенсивність росту значною мірою впливають умови середовища, які визначають доступність ресурсів та фізіологічні можливості організму. Температура води є одним із провідних факторів, оскільки вона визначає швидкість метаболічних реакцій. У межах оптимальних значень підвищення температури стимулює ріст, однак при перевищенні оптимуму або при різких коливаннях можливе його пригнічення. Забезпеченість кормом є одним із найважливіших факторів, оскільки дефіцит харчових ресурсів призводить до уповільнення або навіть зупинки ростових процесів. Якість корму також має значення, оскільки від співвідношення білків, жирів та інших поживних речовин залежить ефективність засвоєння енергії. Щільність популяції впливає на ріст через механізми конкуренції: при високій щільності зростає конкуренція за їжу, простір і кисень, що негативно позначається на індивідуальному розвитку риб. Крім того, важливу роль відіграють гідрохімічні умови, зокрема вміст розчиненого кисню, кислотність та рівень забруднення води. Наявність токсичних речовин або стресових факторів може суттєво пригнічувати ріст і призводити до фізіологічних порушень.

Таблиця 20 – Характеристика вікових груп риб

Вікова група	Біологічні особливості	Інтенсивність росту	Екологічне значення
Личинки	Формування органів, перехід до активного живлення	Дуже висока	Висока смертність, критичний етап
Мальки (ювенільні)	Інтенсивний розвиток, формування морфології	Висока	Формування майбутньої популяції
Молодь	Перехід до дорослого типу живлення	Середня	Адаптація до умов середовища
Статевозрілі	Формування гонад, розмноження	Знижена	Основна репродуктивна група
Старші вікові групи	Сповільнення росту	Низька	Підтримка генофонду

Аналіз ростових показників у поєднанні з віковою структурою дозволяє отримати комплексну характеристику стану рибних популяцій. Такі дані є необхідними для оцінки продуктивності водойм, визначення рівня природного відтворення та інтенсивності вилову. Вони також дають можливість прогнозувати динаміку чисельності іхтіофауни та оцінювати ефективність заходів з рибогосподарського управління. Зокрема, на основі цих показників можна визначити оптимальні строки та обсяги вилову, уникнути надмірного навантаження на популяцію та забезпечити її відновлення. У практичному аспекті ці дані широко використовуються при плануванні рибогосподарських заходів, розробці програм зариблення та контролі за станом водних біоресурсів.

Ріст риб і вікова структура популяцій є взаємопов'язаними біологічними характеристиками, які відображають як індивідуальний розвиток організмів, так і загальний стан водної екосистеми. Їх детальне вивчення має важливе теоретичне та практичне значення для іхтіології, екології та рибного господарства, оскільки дозволяє глибше зрозуміти закономірності функціонування популяцій, оцінити вплив природних і антропогенних факторів та ефективно управляти водними біоресурсами.

Завдання: На основі наведених вихідних даних необхідно розрахувати показники росту риб та оцінити вікову структуру популяції. Для цього слід визначити абсолютний приріст маси риб і розрахувати індекс росту популяції (ІРП), який враховує приріст маси та кількість вікових груп. Після виконання розрахунків потрібно оцінити стан популяції за шкалою та зробити короткий висновок щодо інтенсивності росту і стабільності вікової структури.

Формули розрахунку

1. Абсолютний приріст:

$$\text{Приріст} = \text{Кінцева маса} - \text{Початкова маса}$$

2. Індекс росту популяції (ІРП):

$$\text{ІРП} = \text{Приріст} + \text{Кількість вікових груп}$$

ВИХІДНІ ДАНІ

Варіант	Початкова маса	Кінцева маса	Вікові групи
1	1	3	3
2	2	6	4
3	1	4	3

4	2	7	5
5	2	5	3
6	1	3	2
7	3	8	5
8	2	6	4
9	2	7	4
10	1	4	3

ШКАЛА ОЦІНКИ:

до 5 – низький ріст

6–10 – середній ріст

11–15 – високий ріст

більше 15 – дуже високий ріст

Питання для самоперевірки

1. Що таке ріст риб?
2. Які види росту розрізняють?
3. Що таке лінійний ріст?
4. Що таке масовий ріст?
5. Що таке абсолютний приріст?
6. Що таке відносний приріст?
7. Які фактори впливають на ріст риб?
8. Що таке вікова структура популяції?

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

Основна

1. Аквакультура прісноводних і морських риб, молюсків і безхребетних (відтворення і вирощування, світовий досвід)»(Частина 1): навчальний посібник. Одеса, Одеський державний екологічний університет, 2022. 177 с.
2. Аквакультура прісноводних і морських риб, молюсків і безхребетних (відтворення і вирощування, світовий досвід). Частина 2 : навчальний посібник. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2023. 147 с.

Додаткова

1. Шекк П. В., Бургаз М. І., Сербов М. Г., Тучковенко О. А., Матвієнко Т. І., Соборова О. М., Безик К. І., Лічна А. І. Перспективи рибогосподарського використання лиманів північно-західного Причорномор'я: монографія Одеса, ОДЕКУ, 2021. 218 с.
2. Біологічні основи рибного господарства: методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура». А. М. Трофимчук, Н. Є. Гриневич, О. А. Хом'як, Н. М. Присяжнюк, А. О. Слюсаренко, В. С. Жарчинська. Біла Церква. 2022. 74 с.
3. Біологічні основи рибного господарства: навчальний посібник. Н. Є. Гриневич, А. М. Трофимчук, М. М. Світельський, А. О. Слюсаренко, О. А. Хом'як, Н. М. Присяжнюк, В. С. Жарчинська, Ю. В. Осадча, О. В. Іщук. Біла Церква, 2023. 151 с.

Електронні інформаційні ресурси

http://lib.onu.edu.ua/	Бібліотека ОНУ імені І. І. Мечникова
http://www.ognb.odessa.ua/	Одеська національна наукова бібліотека
http://www.nbu.gov.ua/	Бібліотека ім. В. Вернадського
http://lib-gw.univ.kiev.ua/	Бібліотека ім. Максимовича КНУ ім. Тараса Шевченка
http://eprints.library.odeku.edu.ua	Репозитарій

Навчальне видання

ЕКОЛОГІЯ РИБ

ЕЛЕКТРОННІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до практичних робіт
здобувачів факультету гідрометеорології і екології
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності Н5 Водні біоресурси та аквакультура

Електронне практичне видання

Укладач:

Лічна Анастасія Іванівна

В авторській редакції

Затв. авт. 22.07.2026. Шрифт Times New Roman.
Системні вимоги: операційна система сумісна з програмним забезпеченням
для читання файлів формату PDF.
Обсяг 0,9 МБ. Зам. № 3194.

Видавець:

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
вул. Змієнка Всеволода, буд. 2, м. Одеса, 65001, Україна
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 8592 від 23.03.2026 р.
Тел.: (048) 723 28 39, e-mail: druk@onu.edu.ua