

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ**

**БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Екологічний факультет

Кафедра іхтіології та зоології

## **ЗАГАЛЬНА ІХТІОЛОГІЯ**

**Методичні вказівки**

**до виконання самостійних робіт та індивідуального науково-дослідного  
завдання для студентів екологічного факультету  
за кредитною трансферно-накопичувальною системою  
організації освітнього процесу**

Галузь знань – 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність – 207 «Водні біоресурси та аквакультура»

Освітній рівень “ бакалавр ”

Біла Церква

2019

Рекомендовано до друку  
Методичною комісією  
університету  
(Протокол № 7 від 12 березня 2019 р.)

Укладачі: д-р вет. наук, доцент, Гриневич Н.Є., канд. вет. наук, доцент  
Присяжнюк Н.М., канд. с.-г. наук, доцент Хом'як О.А., ст. викладач  
Михальський О.Р., асистент Ткач М.В.

Загальна іхтіологія: Методичні вказівки для виконання самостійної  
роботи студентів екологічного факультету зі спеціальності 207 “Водні  
біоресурси та аквакультура” / Н.Є. Гриневич, Н.М. Присяжнюк, О.А. Хом'як,  
О.Р. Михальський, М.В. Ткач – Біла Церква, 2019. – 40 с.

*Рецензент:*

А.М. Трофимчук, канд с.-г. наук, доцент кафедри виробництва та  
переробки продукції рибництва

## Тема 1. Ембріональний розвиток коропа

**Мета заняття:** вивчення етапів ембріонального розвитку коропа.

**Матеріали та обладнання:** навчальні плакати, гістологічні препарати, схеми, запліднена ікра коропа.

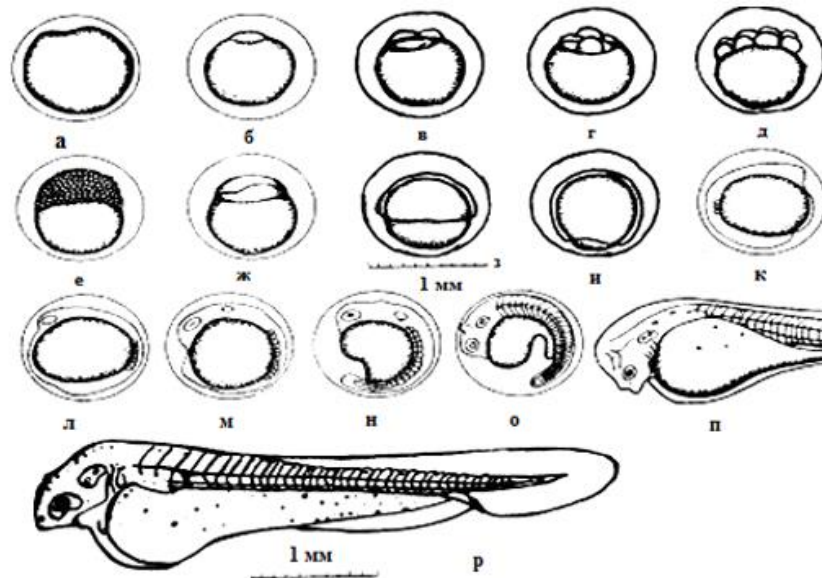
**Завдання:**

- 1) вивчіть теоретичний матеріал;
- 2) замалюйте ілюстративний матеріал.

Короп (*Cyprinus carpio L.*) в результаті акліматизації розселений по всій земній кулі. Довжина до 1 м, маса до 20 кг (рідко і більше). Статева зрілість настає при довжині 25–50 см в 3–5-річному віці. Плодючість висока – від 96 тис. до 1,8 млн. ікринок. Живе понад 30 років. Відкладає ікру на рослинність в стоячій або слабопроточній воді зазвичай при температурі 17°C і вище.

Ікра коропа в основному жовтого кольору, але зустрічаються ікринки з зеленуватим відтінком, безбарвні та ін. Середній діаметр ікри 1,5–1,8 мм з невеликим перивітеліновим простором (відносні розміри 1,25–1,40 мм), вона поліплазматична. За кількістю цитоплазми займає одне з перших місць серед ікри риб сімейства коропових. Діаметр жовткового мішка в середньому 1,2 мм. Оболонка ікри клейка. Тривалість розвитку коропа до виходу з оболонок ембріонів залежить перш за все від температурних умов. Для розвитку ікри і викльову необхідно, як встановлено, певна кількість тепла. Для коропа це 60–80 градусогадин.

Ембріональний період розвитку коропа складається з семи етапів.



**Рис. 1.** Ембріональний період розвитку коропа: а – незапліднена ікра; б – набрякла ікра із зародковим диском; в – стадія двох бластомерів; г – стадія чотирьох бластомерів; д – стадія восьми бластомерів; е – стадія великої морули; ж – стадія бластули; з – бластодерма охоплює половину жовтка; і – стадія замикання жовткової пробки і появи зародкового валика; к – стадія утворення перших сомітів в тулубі; л – стадія утворення очних пухирців; м – стадія формування слухових плакод; н – стадія формування кришталика; о – стадія початку пігментації очей; п – стадія появи в крові формених елементів; р – ембріон який виклюнувся з ікринки (передличинка).

*На першому етапі* відбувається утворення перивітелінового простору і бластодиску. У незаплідненій ікринці оболонка щільно прилягає до жовтка. Початком першого етапу онтогенезу є утворення зиготи. Етап продовжується до початку дроблення. Через декілька хвилин після запліднення в ікрі, що знаходиться у воді, відбуваються зміни, пов'язані з проникненням води в ікринку. Це призводить до відшарування оболонки від жовтка і утворення перивітелінового простору. Процес набрякання ікри при температурі 19°C триває близько години. Діаметр ікринок збільшується в середньому на одну третину. Одночасно в період набухання утворюється зародковий диск, або бластодиск.

**На другому етапі** відбувається дроблення бластодиска від двох бластомерів до бластули, збільшуються кількість клітин і зменшуються їх розміри. Ікринка проходить ряд стадій розвитку. Через три години після запліднення настає стадія дроблення, з'являється перша борозенка, яка поділяє бластодиск на дві клітини – бластомери, а потім наступають стадії чотирьох, восьми бластомерів. Через 6 годин з моменту запліднення настає стадія морули крупних клітин. Далі клітини бластодиску дробляться ще більше. Настає стадія морули дрібних клітин. Між бластодиском і жовтком виникає невелика порожнина або бластоцель і настає стадія бластули.

**На третьому етапі** відбувається обростання жовтка бластодермою, гастрюляція і формування зародка. Гастрюляція розпочинається з обростання жовтка багатошаровою бластодермою. Через 8–9 годин половина жовтка охоплюється бластодермою. З'являється зародковий валик, його досить чітко видно на стадії замикання жовткової пробки. На тілі зародка помітний розширений головний відділ. Жовткова пробка замикається. Гастрюляція завершується повним обростанням бластодермою всього жовтка.

Під час гастрюляції проходить суттєва структурна перебудова, в результаті якої утворюється три зародкові пелюстки: ектодерма, мезодерма і ентодерма. Гастрюляція завжди супроводжується підвищеною загибеллю ікри. Тому облік відходу доцільно проводити не раніше проходження цієї стадії.

**На четвертому етапі** відбувається диференціація головної і тулубної частин зародка. Через 17–20 годин після запліднення ікри тіло зародка охоплює близько  $\frac{3}{5}$  окружності жовтка. Починається сегментація тіла. Через 22–24 години формуються очні пухирці і продовжується сегментація тіла. Через 24–28 годин за очними пухирцями в районі довгастого мозку з'являються слухові плакоти. Кількість сомітів 9–11.

**На п'ятому етапі** відокремлюється хвостовий відділ і зародок починає рухатися. В результаті відокремлення хвостового відділу і росту в довжину зачатка кишкової трубки жовток набуває грушоподібної форми. Через 35–45 годин в очах чітко видно кришталик. Кількість сомітів продовжує збільшуватися (більше 20). Тіло ембріона робить слабкі рухи. У віці трохи

більше двох діб спостерігається сегментація хвостового відділу. До цього часу сегментація тіла майже закінчується. В очах з'являється чорний пігмент. Розрізняються відділи головного мозку. В слухових капсулах утворюються отоліти.

*На шостому етапі* у віці 2,5 доби у ембріона з'являються формені елементи крові. Число сомітів в тулубі – 24, в хвостовому відділі – 16. Очі пігментовані. Сформувалася шкірна зяброва кришка. Головний відділ схилений до жовтка. На рилі перед очима проявилися нюхові ямки. Знизу утворилася ротова воронка. Позаду очей з'явилися чотири зяброві плакоти. На рівні першого міотома розташовується грудний плавничок. Ембріон активно обертається в оболонці. Ця стадія зародку коропа, як і інших риб, найбільше підходить для транспортування в ізотермічних ящиках, де можлива певна терморегуляція – охолодження, що сприяє уповільненню розвитку ембріона.

*На сьомому етапі* ембріон викльовується з оболонки. Це останній етап ембріонального періоду розвитку. Через 3 доби інкубації ікри за температури 19–22°C починається викльов ембріонів. Ембріони (передличинки), що виклюнулись мають відносно слабо пігментовані очі і тіло. Пігментні клітини розміщені на голові і вздовж хорди. Жовтковий мішок великий, грушоподібної форми, дуже пігментований. Вільний ембріон має суцільну плавникову складку, розширену в хвостовій частині. Голова випрямлена і відділена від хвоста, грудні плавці маленькі. Рот нерухомий, у формі ямки, в нижньому положенні. Кишечник має вигляд прямої здавленої трубки без просвіту. Довжина від рила до кінця хорди (без плавникової складки) складає 4–5 мм.

Після виходу ембріона з оболонки істотні зміни відбуваються і в обміні речовин. Якщо глікоген є основним джерелом енергії зародка, то головним в ендогенному живленні передличинки є жир. Його запаси в два рази вищі (2,0–2,5%), ніж глікогену (0,7–1,2%).

Ембріони малорухливі і харчуються тільки за рахунок жовткового мішка. Як правило, вони звисають, прикріплюючись до нерестового субстрату (водна рослинність). Для цього у ембріонів коропа є спеціальні органи, які представлені парними залозами, розташованими нижче і попереду очей.

Ембріони інколи відриваються і знову прикріплюються. Подібний стан не тільки рятує їх від ворогів, але і сприяє кращому диханню. На світло вони реагують позитивно.

Таким чином, клейка оболонка ікринок, наявність органів прикріплення ембріонів, здатність звисати, прикріплюючись до рослин після викльову, позитивний фототаксис характеризують коропа як фітофільну рибу, пристосовану розвиватися в стоячих або слабопроточних водоймах із зарослим і замулених дном.

Необхідно звернути увагу на дуже важливу обставину, яку слід враховувати в рибогосподарській практиці, і особливо в сучасному рибництві при широкому використанні заводського способу отримання личинок коропа. Ікра риб в процесі ембріонального розвитку проходить ряд критичних періодів, коли спостерігається підвищена чутливість ембріонів до різних абіотичних факторів середовища (температури, газового складу води, солоності, механічного впливу та ін.). Це пов'язано з тим, що в критичні періоди відбуваються значні зміни в перебудові обміну речовин зародка. Критичними періодами у розвитку ікри коропа, як і більшості веснянонерестуючих риб є: початок дроблення до морули дрібних клітин, гастрюляція, стадія перед викльовом і період виходу зародка з оболонки.

Саме на цих стадіях ембріогенезу, особливо на початку дроблення, стадії ранньої гастрюли і замикання жовткової пробки, перед викльовом і в момент виходу ембріона з оболонки, спостерігається підвищена загибель. Після проходження критичного періоду загибель ембріонів спостерігається не відразу, а через деякий час, частіше перед настанням наступної стадії розвитку. У момент критичних періодів необхідно максимально створювати оптимальні умови для розвитку ікри: підтримувати в інкубаційних апаратах витрату води, не допускати різких (більше 2°C) температурних перепадів, механічних впливів.

## Хід роботи

Розгляньте під мікроскопом ікру коропа на різних стадіях розвитку. Визначте за допомогою пояснювального матеріалу точний етап розвитку зародка.

Після розгляду препаратів, схем і плакатів замалюйте в робочі альбоми етапи ембріонального розвитку коропа.

## Контрольні питання

1. Скільки етапів включає ембріональний розвиток коропа?
2. Дайте характеристику кожному етапу.
3. Які етапи і стадії розвитку коропа є критичними?

## Тема 2. Ембріональний розвиток рослиноїдних риб

### (на прикладі білого амура)

**Мета заняття:** вивчення етапів ембріонального розвитку білого амура.

**Матеріали та обладнання:** навчальні плакати, гістологічні препарати, схеми, запліднена ікра білого амура.

#### **Завдання:**

- 1) вивчіть теоретичний матеріал;
- 2) замалюйте ілюстративний матеріал.

Білий амур (*Stenopharyngodon idella* Val.) – прісноводна риба, що зустрічається в річках і озерах. Довжина до 120 см, маса від 30 до 50 кг. Статевої зрілості досягає при довжині 68–75 см у віці 6–9 років. Плодючість 290–816 тис. ікринок. Нерест порційний. Ікра напівпелагічна. На відміну від нього білий товстолобик росте швидко, а статевозрілим стає в 7–8 років при довжині 60–70 см. Плодючість його висока – 467–542 тис. ікринок.

Нереститься в каламутній воді, на стику течій води при температурі 20–24°C. Ікрометання у самок порційне. Білий товстолобик досягає маси 16–20 кг, а строкатий – більше 35 кг. Середній діаметр оболонки ікринки, мм: білий амур



– 4,38–5,22; білий товстолобик – 3,80–4,50; строкатий товстолобик – 4,82–5,63. Середній діаметр жовткового мішка, мм: білий амур – 1,21–1,36; білий товстолобик – 1,10–1,20; строкатий товстолобик – 1,42–1,50. Ці риби використовуються зазвичай в полікультурі з іншими видами, найчастіше з коропом.

**На першому етапі** відбувається оводнення порожнини між яйцевою оболонкою і яйцеклітиною (поява перивітелінового простору), утворення плазмового горбка – бластодиска. На даному етапі розрізняють три стадії.

*Стадія перша.* Діаметр неоводненої ікринки після запліднення 1,2–1,3 мм. Оболонка щільно прилягає до поверхні, вона неклейка і представлена первинною радіальною оболонкою. Ікра прозора, безбарвна або трохи жовтувата.

*Стадія друга.* Вік 10 хв після запліднення. Відділення яєчної оболонки від жовтка і концентрація плазми на анімальному полюсі у вигляді прозорої серповидної зони.

*Стадія третя.* Вік 40 хв після запліднення. Утворення окресленого бластодиска. В основному завершується оводнення перивітелінового простору. Діаметр ікринки 3,8–4,0 мм. Такий великий перивітеліновий простір зменшує масу ікринки і забезпечує її плавучість в потоках води; в стоячій воді ікринки опускаються на дно.

**На другому етапі** відбувається дроблення бластодиска до бластули. На даному етапі розрізняють наступні сім стадій. *Стадія четверта.* Вік 1 година. Поява двох бластомерів. *Стадія п'ята.* Вік 1 год 20 хв. Утворення чотирьох бластомерів. *Стадія шоста.* Вік 1 год 40 хв. утворення восьми бластомерів. *Стадія сьома.* Вік 2 години. Утворення шістнадцяти бластомерів. *Стадія восьма.* Вік 2 год 30 хв. Великоклітинна морула (рання). *Стадія дев'ята.* Вік 4 год 50 хв. Міжклітинна морула (пізня). Завершення оводнення перивітелінового простору. Діаметр оболонки 4,32–5,32 мм. *Стадія десята.* Вік 6 годин бластула.

**На третьому етапі (гастроляція)** відбувається утворення зародкових пластів. На даному етапі розрізняють три стадії. *Стадія одинадцята.* Вік 7 год

10 хв. Обростання бластодермою поверхні жовтка. *Стадія дванадцята*. Вік 10 годин. Жовткова пробка. *Стадія тринадцята*. Вік 12 год 10 хв. Замикання жовткової пробки. Зародок набуває вигляду потовщеного валика, розширений головний відділ його починається на анімальному полюсі, а хвостова частина закінчується на вегетативному полюсі.

**На четвертому етапі (органогенез)** спостерігається диференціація зародкових пластів на зачатки основних органів. На даному етапі розрізняють дві стадії. *Стадія чотирнадцята*. Вік 15 годин. Утворення очних міхурів, закладка хорди, початок сегментації мезодерми. Закладка мозкових міхурів. *Стадія п'ятнадцята*. Вік 18 годин. Поява очних бокалів і щілиноподібного поглиблення в початках очей, сегментація тіла на міотомі. Хорда добре помітна.

**На п'ятому етапі** відбувається відокремлення хвостового відділу від жовткового мішка, починається активний рух тіла. На даному етапі розрізняють три стадії. *Стадія шістнадцята, сімнадцята, вісімнадцята*. Вік 29–32 години. Випрямлення тіла. Початок енергійних коливальних рухів і обертальних поворотів.

**На шостому етапі** починається викльов із оболонки. На даному етапі розрізняють одну стадію. *Стадія дев'ятнадцята*. Вік 34 години. Викльов. Довжина 5,0–5,2 мм. У тулубі 29–31 сегмент, в хвості – 12–14. Тіло без пігменту, облямоване недиференційованою плавниковою складкою. В очах є чорна пігментна пляма. Ембріон в цій стадії малорухомий.

**На сьомому етапі** спостерігається утворення ембріональної судинної системи, початок кровообігу. На даному етапі розрізняють одну стадію. *Стадія двадцята*. Вік 51 година. Довжина 6,5 мм. Ембріональні органи дихання: хвостова вена і кюв'єрові протоки, розташовані на передній частині жовткового мішка. Рух пасивний. Живлення відбувається за рахунок поживних речовин жовткового мішка.

**На восьмому етапі** утворюється і починає функціонувати рухомий зяброво-щелепний апарат. На даному етапі розрізняють дві стадії. *Стадія*

*двадцять перша і двадцять друга.* Вік 76–96 годин. Довжина 7,5 мм. Початок зябрового дихання. Рот напівкінцевий, рухомий. Очі повністю пігментовані.

Передличинки стають більш рухливими. Живлення поживними речовинами жовткового мішка. Поява чорних пігментних клітин – меланофорів на голові, над кишечником і в хвостовому відділі, а також на жовтковому мішку. Редукція ембріональних органів дихання. Закладка плавального міхура.

### **Хід роботи**

Розгляньте під мікроскопом ікру білого амура на різних стадіях розвитку. Визначте за допомогою пояснювального матеріалу точний етап розвитку зародка.

Після розгляду препаратів, схем і плакатів замалюйте в робочі альбоми етапи ембріонального розвитку білого амура.

### **Контрольні питання**

1. На чому заснований принцип поділу на етапи і стадії ембріонального періоду розвитку рослиноїдних риб?
2. Які відмінні риси етапів ембріонального розвитку білого амура від інших видів риб?
3. Які стадії розвитку білого амура є критичними?

## **Тема 3. Морфофункціональні особливості органів чуття риб**

**Мета заняття:** вивчення особливостей органів чуття риб.

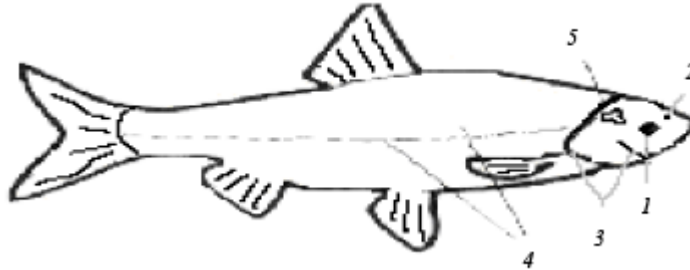
**Матеріали та обладнання:** плакати, гістологічні препарати, жива риба.

**Завдання:**

- 1) вивчіть теоретичний матеріал;
- 2) замалюйте ілюстративний матеріал;
- 3) вивчіть принципову будову органів чуття риб.

Органи сприйняття навколишнього середовища (органи чуття) риб мають ряд особливостей, що відображають їх пристосованість до умов життя (Рис. 2).

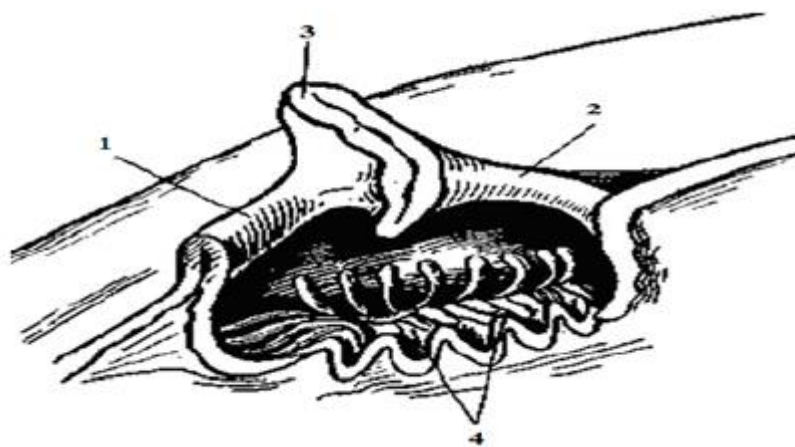
Здатність риб сприймати інформацію з навколишнього середовища різноманітна. Їх рецептори можуть вловлювати різні подразники як фізичної так і хімічної природи: тиск, звук, колір, температуру, електричні і магнітні поля, запах, смак.



**Рис. 2. Розміщення органів чуття у риб:** 1 – органи зору; 2 – органи нюху; 3 – органи смаку; 4 – орган сприйняття коливання води і руху (бічна лінія); 5 – органи слуху і рівноваги

Одні подразнення сприймаються в результаті безпосереднього дотику, інші – на відстані, дистанційно.

Органи нюху розташовані в ніздрях, які у риб не наскрізні, знаходяться зверху по обидва боки рила. На їх внутрішній поверхні лежать складки нюхового епітелію, клітини якого сприймають хімічні речовини розчинені у воді. Гострота нюху у риб надзвичайно велика. Особливо вона розвинена у нічних і хижих риб (Рис. 3).

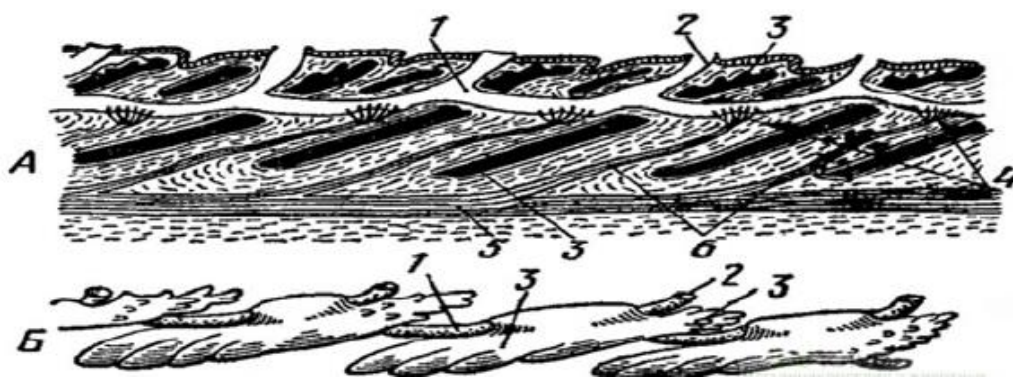


**Рис. 3. Орган нюху костистої риби:** 1 – передня ніздря; 2 – задня ніздря; 3 – валик, що розділяє ніздрі; 4 – складка слизової оболонки органу

Органи смаку являють собою скупчення чутливих клітин. Вони численні в ротовій порожнині, глотці, на вусаках, зябрових дугах, на деяких ділянках голови, особливо в місцях, позбавлених луски.

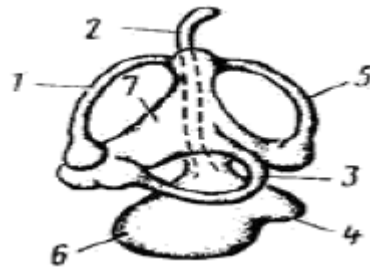
Дуже тонко розвинене у риб температурне чуття. Експериментально встановлено, що вони можуть розрізняти коливання в кількості тепла, рівні сотим частинам градуса. Така гостра чутливість не властива наземним тваринам. Зміни температури сприймаються спеціальними нервовими клітинами, розташованими в шкірі в точках тепла і холоду.

Органи бічної лінії є тільки у риб, деяких земноводних і їх личинок. З боків тіла у більшості риб (виняток становлять лише одиниці, наприклад оселедці) від голови до хвоста, іноді злегка згинаючись, тягнуться пунктирні лінії, що являють собою ряд отворів, що ведуть в наповнений слизом канал, який розташований під шкірою. Це і є бічна лінія (Рис. 4). У слизовому каналі розміщені групи чутливих клітин, що сприймають низькочастотні коливання середовища: рух води, вітрове хвилювання.



**Рис. 4. Бічна лінія костистої риби:** А – поздовжній розріз; Б – вид збоку; 1 – канал; 2 – зовнішній отвір каналу; 3 – луска; 4 – рецептори бічної лінії; 5 – бічна гілка блукаючого нерва; 6 – відгалуження нерва, що йдуть до органу бічної лінії

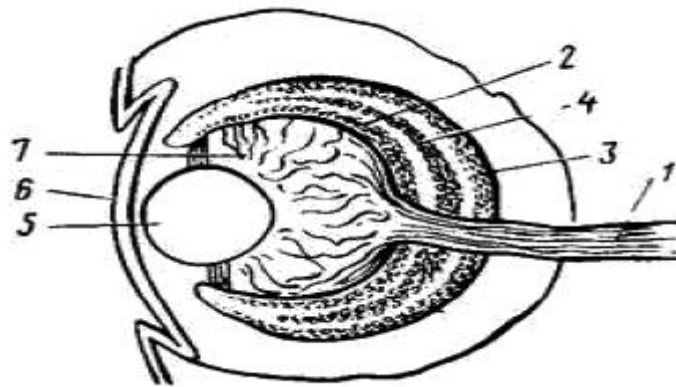
Органи слуху риб також сприймають коливання водного середовища, але більш високочастотні. Влаштовані вони у риб більш просто, ніж у інших тварин. У риб немає ні зовнішнього, ні середнього вуха, вони живуть без них в силу більш високої проникності води для звуку. Є лише перетинчастий лабіринт, або внутрішнє вухо, яке розміщене в кістковій стінці черепа (Рис. 5).



**Рис. 5. Орган слуху риб:** 1 – передній канал; 2 – ендолімфатичний канал;  
3 – горизонтальний канал; 4 – лагена; 5 – задній канал; 6 – сакуллюс;  
7 – утрикуллюс

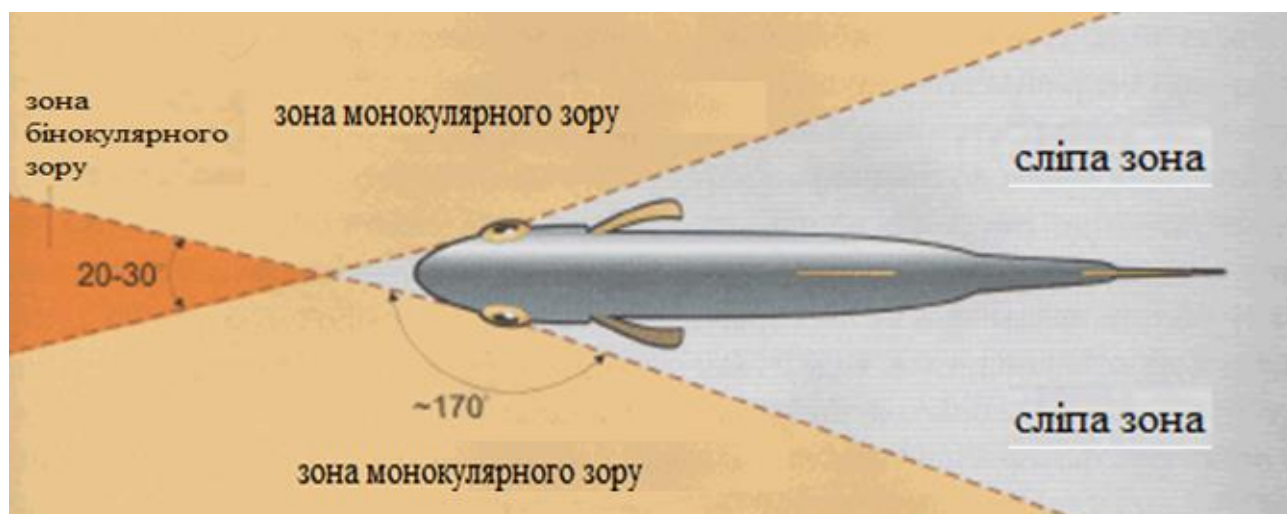
Очі у риб розташовані в загальному так само, як і у інших тварин, але є й істотні відмінності, викликані особливістю бачення у воді. Як відомо, світло в воді поширюється погано. Найбільша відстань, на яку риби можуть бачити в прозорій воді, 10–12 м. Зазвичай, око налаштоване на огляд в межах 1–2 м. Риби за своєю природою короткозорі.

Очі у них завжди відкриті, так як повік немає. Кришталік шароподібний. Це дозволяє вловлювати найбільшу кількість світлових променів. Внаслідок того, що очі випуклі і підносяться над поверхнею голови, в них потрапляють не тільки прямі, але і косі промені – спереду, зверху, знизу і з боків.



**Рис. 6. Будова ока костистих риб:** 1 – оптичний нерв; 2 – гангліозні клітини; 3 – шар паличок і колбочок; 4 – сітківка; 5 – кришталік; 6 – рогівка; 7 – скловидне тіло.

Поле зору у риб велике: по горизонталі охоплює кут  $160\text{--}170^\circ$ , по вертикалі – близько  $150^\circ$ . Але кожне око при цьому дає власне зображення, тобто зір монокулярний (Рис. 7).



**Рис. 7. Поле зору риб**

З-під води риба може бачити тільки ті предмети, від яких промені падають їй у очі під кутом не більше  $48^\circ$  до вертикалі. Все, що знаходиться під великим кутом, приховано від неї. Властиво риbam розрізняти і кольори. Особливо добре розпізнають забарвлення предметів риби, які ведуть денний спосіб життя.

### **Контрольні питання**

1. Опишіть органи чуття риб.
2. Які особливості органів слуху і зору риб?
3. Що являють собою органи бічної лінії риб?

## **Тема 4. Способи взяття крові у риб**

**Мета заняття:** вивчення та відпрацювання методів взяття крові у риб.

**Матеріали та обладнання:** жива риба; сачок; набір інструментів: скальпель, ножиці, медичні порожнисті голки, пастерівські піпетки; марля, вата; 3,8% розчин лимоннокислого або щавлевокислого натрію.

### **Завдання:**

- 1) вивчіть різні методи відбору крові у риб, керуючись даними вказівками;
- 2) відпрацюйте методи взяття крові у риб з зябрової вени, серця і хвостової артерії;
- 3) зробіть висновки.

У рибництві для оцінки фізіологічного стану риб часто використовують гематологічні показники. Початковим етапом аналізу крові є відбір проб, який здійснюють різними методами. Необхідно пам'ятати, що взята від риби кров здатна швидко згортатися. На згортання крові впливають безліч різноманітних факторів (видова приналежність риб, температура води, наявність в крові токсикантів та ін.). Тому дослідник повинен по можливості в найбільш короткий термін (20–30 с), поки кров ще не згорнулася, зуміти від кожної риби взяти максимальну кількість проб на різні досліджувані показники. Особливо це стосується цінних екземплярів риб або випадків обмеження дослідника матеріалом, повторне отримання якого ускладнено.

Безпосередньо перед дослідженням рибу обережно вилучають певним знаряддям лову з води, загортають у чисту марлю (або рушник) і відразу ж починають брати кров. При цьому необхідно дуже обережно працювати з матеріалом, виключивши травмування риби. Місце, звідки передбачається взяття крові, звільняють від слизу і надлишку вологи за допомогою ватно-марлевого тампона. Залежно від поставлених завдань проби крові одержують різними способами.

#### **1. Взяття крові з зябрової вени**

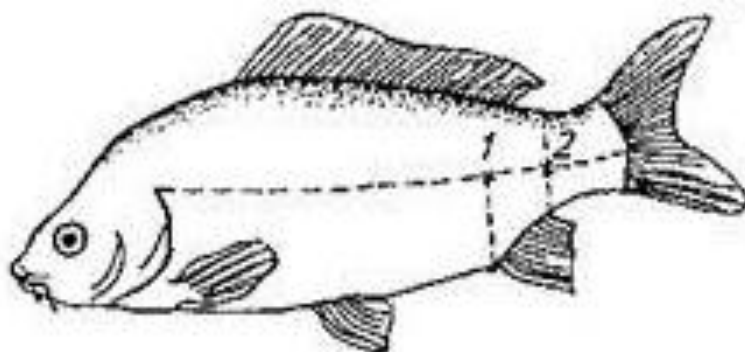
Пальцями лівої руки злегка відводять зяброву кришку в бік. За допомогою пастерівської піпетки або інсулінового шприца, ретельно промитого в розчині антикоагулянту (3,8% розчин лимоннокислого натрію або гепарину) роблять укол в зяброву вену біля основи зябрових пелюсток в області нижньої третини зябрової дуги. При використанні пастерівської піпетки чекають, коли вона наповниться кров'ю.

#### **2. Взяття крові з серця**



Проводиться інсуліновою голкою або пастерівською піпеткою. Місце уколу знаходиться в середині відрізка, що з'єднує підстави грудних плавників. Голку вводять в серце під кутом  $45^\circ$  відносно вентральної поверхні тіла. У разі правильного потрапляння голки в порожнину серця відзначається надмірна кровотеча в місці пункції. У разі отримання чистої крові необхідно місце уколу звільнити від слизу, продезінфікувати спиртом. При посмертному відборі проб крові її легко можна взяти безпосередньо з серця після розтину риби.

### **3. Взяття крові з хвостової артерії**



**Рис. 8. Місця відбору крові у риб**

*Проводиться двома способами:*

– шляхом відсікання хвостового стебла ножицями. У великих риб кров, як правило, відбирають в заздалегідь оброблену антикоагулянтном посудину, у дрібних – пастерівською піпеткою з місця кровотечі. Спосіб не є ідеальним, так як кров в даному випадку може буде розбавлена міжклітинною рідиною і слизом. Це може завадити отриманню достовірних результатів;

– шляхом повільного введення порожнистої інсулінової голки на лінії перетину позаду анального плавника з бічною лінією під кутом  $45^\circ$  до упору голки в хребет риби. При цьому лусочки в місці пункції обережно відводять в сторону, а шкіру в місці уколу протирають марлею, прибираючи слиз.

### **Контрольні питання**

1. Які основні методи взяття крові застосовуються в гематології?

2. Які методи відбору проб крові найбільш нешкідливі для організму риб?
3. Назвіть основну умову правильного відбору проб крові.

## **Тема 5. Визначення кількості формених елементів в крові риб**

**Мета заняття:** вивчення методики визначення еритроцитів в крові риб.

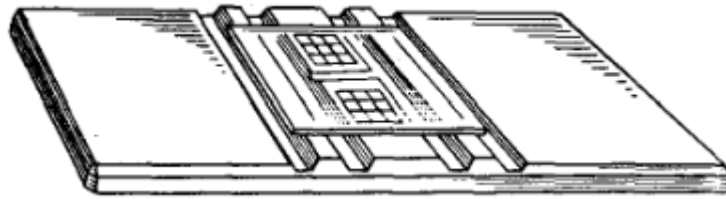
**Матеріали та обладнання:** жива риба, мікроскоп, лічильна камера Горяєва, покривне скло, серологічні пробірки місткістю 10 мл, піпетки гемометра Салі місткістю 20 мкл, дві піпетки місткістю 5 мл, одна піпетка місткістю 1 мл, скальпель, ножиці, марля, вата, 3% розчин NaCl, спирт, ефір.

**Завдання:**

- 1) відберіть кров із хвостової вени риби;
- 2) розбавте її антикоагулянтом і зарядіть лічильну камеру Горяєва;
- 3) зробіть підрахунок еритроцитів і лейкоцитів;
- 4) зробіть висновок.

Абсолютна кількість еритроцитів і лейкоцитів у всьому об'ємі крові риби визначити практично неможливо. Тому їх кількість визначають в  $1 \text{ мм}^3$  крові. У риб вміст еритроцитів і лейкоцитів в даному об'ємі залежить від багатьох факторів: видової приналежності, фізіологічного стану організму, умов проживання, сезону року та інших факторів. Однак середня кількість еритроцитів і лейкоцитів у кожного виду риб в нормальних умовах проживання утримується на постійному рівні за рахунок безперервного розпаду і утворення нових елементів крові. Фізіологічних норма вмісту еритроцитів в крові прісноводних костистих риб становить  $1,1\text{--}1,9$  млн. шт/мм<sup>3</sup>, а лейкоцитів –  $25\text{--}55$  тис. шт/мм<sup>3</sup>.

Підрахунок формених елементів крові у риб здійснюється з допомогою рахункових камер різних типів, принцип роботи з якими однаковий. Найчастіше при підрахунку кількості еритроцитів у риб використовують камеру Горяєва, схема пристрою якої представлена на рис. 9.



**Рис. 9. Камера Горяєва**

Рахункова камера Горяєва складається з товстого предметного скла, поперечно поділеного каналами на три своєрідні майданчики. Центральний майданчик, в свою чергу, поділений ще на дві половини поздовжньою борозною. На поверхні цих майданчиків нанесені сітки. Камера Горяєва складається з 225 великих квадратів – 15 рядів по 15 квадратів. У великому розграфованому хрест-навхрест квадраті розміщені по 16 малих квадратів. Підрахунок еритроцитів проводиться в п'яти великих квадратах: в чотирьох квадратах, розташованих у кутах, і в одному, розташованому в центрі скла.

Таким чином, вміст еритроцитів рахують у 80 малих квадратах. Рахують всі еритроцити, що лежать не тільки всередині самого квадрата, а й на його приміжних лініях (верхній і лівій).

При підрахунку еритроцитів кров набирають в змішувач до позначки 0,5 і розбавляють її 3% розчином NaCl до позначки 101. При цьому кров вважається розведеною в 200 разів. Змішувач затискають між двома пальцями і струшують протягом декількох хвилин. Потім кілька перших крапель виливають на вату (оскільки вони будуть містити лише розчин солі без крові), а наступну краплю підносять до краю накладеного покривного скла на камері, і рідина заповнює її в силу капілярності. У разі потрапляння краплі поверх покривного скла процедуру заповнення камери повторюють.

Середню кількість еритроцитів визначають шляхом ділення всіх підрахованих клітин на число квадратів, в яких підраховувалися формені елементи крові. Отримана цифра відповідає середній кількості клітин, що містяться в  $1/4000 \text{ мм}^3$ . Помноживши отриманий результат на 4000 і на ступінь розведення, отримують середній вміст еритроцитів в  $1 \text{ мм}^3$  крові.

Для розрахунку кількості еритроцитів в  $1 \text{ мм}^3$  крові використовують наступну формулу:

$$X_1 = (a \cdot 4000 \cdot б) / в,$$

де  $X_1$  – кількість еритроцитів в  $1 \text{ мм}^3$ ;

а – сума формених елементів червоної крові, підрахованих в п'яти великих квадратах;

б – ступінь розведення крові (200);

в – кількість підрахованих малих квадратів (80).

Для встановлення кількості лейкоцитів в  $1 \text{ мм}^3$  крові риб її розводять розчином Тюрка (1–2 мл крижаної оцтової кислоти, 1 мл 1% водного розчину генціанвіолета і 100 мл дистильованої води), набираючи його до позначки 11 змішувача. Кров розводиться в 20 разів.

У камері Горяєва підраховують великі квадрати (на відміну від підрахунку еритроцитів) з трьох поперечних смуг ( $15 \cdot 3 = 45$ ) і 5 квадратів з четвертої смуги. Отримана кількість лейкоцитів в 50 великих квадратах, тобто у 800 маленьких, підставляють в формулу

$$X_2 = (a \cdot 4000 \cdot б) / в$$

де  $X_2$  – кількість лейкоцитів  $1 \text{ мм}^3$ ;

а – кількість лейкоцитів в 50 великих квадратах;

б – ступінь розведення крові (20);

в – кількість підрахованих малих квадратів (800).

### **Хід роботи**

Перед початком підрахунку формених елементів крові (еритроцитів і лейкоцитів) підготуйте камеру Горяєва до роботи. Для цього протріть її і покривне скло спиртово-ефірною сумішшю і висушіть. Покладіть покривне скло на камеру і притисніть його великими пальцями рук до появи кілець Ньютона, забарвлених у колір веселки. Після цих операцій камера вважається готовою до роботи.

Для розведення крові наберіть розчин антикоагулянту в змішувач (призначений для підрахунку еритроцитів або лейкоцитів). Видуйте його вміст і до позначки 0,5 наберіть кров від досліджуваної риби. До верхньої позначки змішувача наберіть відповідний визначаючим клітинам розчин (3% розчин NaCl або Тюрка).

Вміст ретельно перемішайте і нанесіть краплю під покривне скло, де розташовується сітка. Камеру помістіть на предметний столик мікроскопа, знайдіть сітку при малому збільшенні, а потім, встановивши більше збільшення, підрахуйте кількість еритроцитів і лейкоцитів за вище описаною методикою. Проведіть розрахунок, результати занесіть в робочий зошит, на підставі їх зробіть висновок про фізіологічний стан риби і умови її існування.

### **Контрольні питання**

1. Перелічіть фактори, що впливають на показники крові у риб.
2. Який принцип роботи камери Горяєва?
3. Які формені елементи крові риб можна підрахувати за допомогою камери Горяєва?
4. Який принцип підрахунку еритроцитів і лейкоцитів за допомогою камери Горяєва?

## **Тема 6. Вплив температури води, вмісту вуглекислоти і кисню на дихання риб**

**Мета заняття:** вивчення впливу температури води, вмісту вуглекислоти і кисню в ній на дихання риб.

**Матеріали та обладнання:** акваріум, термостат, оксиметр, риби різних видів, секундомір.

### **Завдання:**

- 1) ознайомтеся з теоретичним матеріалом;
- 2) визначте кількість дихальних рухів за різної температури води;
- 3) зробіть висновки.

Вважається, що сильний вплив на дихальний центр довгастого мозку надають гази крові. У риб підвищення рівня вуглекислоти при незмінному вмісті кисню викликає збудження центру дихання. Нестача кисню при незмінному рівні вуглекислоти також супроводжується збудженням дихального центру, що виражається у риб прискореними рухами зябрових кришок. Організм риб відповідає на нестачу кисню у воді підвищенням активності дихання, причому відбувається посилення роботи як всмоктуючого, так і нагнітального апарату дихання.

Уже невеликі концентрації вуглекислоти, нижчі 1% атмосферного тиску, чинять шкідливу дію на дихання риб. Так як у воді, збагаченою вуглекислотою, остання не може дифундувати з крові назовні, кров накопичує неприродно високу кількість вуглекислоти. Внаслідок цього рівень, за якого відбувається насичення гемоглобіну киснем, стає набагато вищим, ніж в нормі, тому, незважаючи на повне насичення або навіть перенасичення поглинаючої води киснем, кров захоплює його недостатньо. Таким чином, споживання кисню рибами знижується.

Однак, незважаючи на те, що риби дуже чутливі до підвищення концентрації вуглекислоти, в природних умовах шкідлива дія її проявляється рідко, так як активною є тільки вільна вуглекислота, вміст якої зазвичай дуже невеликий.

Риби реагують на нестачу кисню в загальному так само, як і інші хребетні тварини: нестача кисню викликає у них збудження дихального центру, що супроводжується посиленням і пришвидшенням дихальних рухів.

### **Хід роботи**

У заздалегідь підготовлені акваріуми помістіть риб. Поступово збільшуйте і зменшуйте температуру води, фіксуючи при цьому вміст кисню за допомогою оксиметру і число дихальних рухів. Дані досліду занесіть в табл. 1.

*Таблиця 1*

**Залежність числа дихальних рухів від температури води і вмісту кисню**

Вид риби	Температура води, °С	Вміст кисню у воді, мг/дм <sup>3</sup>	Число зябрових рухів за 1 хвилину
Карась			
Форель			
Тилапія			

### Контрольні питання

1. В якому відділі головного мозку розташовується дихальний центр у риб?
2. Яким чином риби реагують на нестачу кисню в воді?
3. Як змінюється число зябрових рухів у різних видів риб зі збільшенням і зниженням температури води?

## Тема 7. Вивчення терморецепції риб

**Мета заняття:** вивчення впливу температури води на життєдіяльність риб.

**Матеріали та обладнання:** акваріум, термостат, оксиметр, риба різних видів, секундомір.

### Завдання:

- 1) ознайомтеся з теоретичним матеріалом;
- 2) визначте стійкість риб до різних температур;
- 3) зробіть висновки.

Риби є холонокровними (пойкілотермними) тваринами, тому температура води для них має виключно важливе значення. У риб активність ферментних систем проявляється в широкому діапазоні температур. Тому і життєва активність їх не припиняється в осінньо-зимовий період, коли температура тіла досягає 4°C, а у полярних риб – більш низької позначки.

Риби населяють майже всі водойми на планеті Земля, а температурний діапазон природних водойм, як відомо, дуже широкий. Так, риба сімейства харацинідових – Луканія каліфорнійська (*Cyprinodon macularis*) мешкає в гарячих джерелах Каліфорнії, обираючи ділянки водойми з температурою води

вище  $50^{\circ}\text{C}$ , в той час як антарктична сайка або крижана риба активна при мінусовій температурі води ( $-2^{\circ}\text{C}$ ), маючи при цьому невластивий для інших риб білий колір крові.

Відомо, що карась звичайний в нашій смузі здатний вмерзати в лід, а після відтавання (якщо не промерзає порожнинна рідина) оживати, що є доказом пристосованості риб до найрізноманітніших температурних умов. Проте в практиці рибництва часто зустрічаються випадки масової загибелі риб, які не змогли пристосуватися до змін температури середовища існування. Причому загибель можлива як при зниженні, так і при підвищенні температури води.

Риб поділяють на стенотермних, пристосованих до вузької амплітуди коливань температури навколишнього середовища і евритермних, які витримують великі перепади температур. У риб високих широт обмін речовин не згасає в широкому діапазоні температур. Наприклад, короп при температурі  $1^{\circ}\text{C}$  обходиться мінімальною концентрацією кисню у воді –  $0,8 \text{ мг/дм}^3$ , а при температурі  $30^{\circ}\text{C}$  –  $1,8 \text{ мг/дм}^3$ . Однак у таких видів, як сиги, таймень, минь, підвищення температури на  $7-10^{\circ}\text{C}$  знижує активність обміну речовин.

Всі види риб мають зону температурного комфорту і кращі температури. Наприклад, для тилапії це  $28-30^{\circ}\text{C}$ , для карася та коропа –  $25^{\circ}\text{C}$ , для яльців –  $20^{\circ}\text{C}$ , для райдужної форелі –  $15-18^{\circ}\text{C}$ , а для біломорської тріски – всього  $9^{\circ}\text{C}$ .

Причому у багатьох прісноводних європейських видів є річний і зимовий температурний преферендум. Наприклад, короп, плітка, лящ влітку віддають перевагу ділянкам водойми з температурою  $25-27^{\circ}\text{C}$ , а в осінньо-зимовий період –  $2-4^{\circ}\text{C}$ .

Харчуються риби при вузькому температурному інтервалі, який обмежений  $10-15^{\circ}\text{C}$ . Найбільша інтенсивність харчування у більшості риб середніх широт припадає на  $10-22^{\circ}\text{C}$ . Риби високих широт при підвищенні температури води відчують дискомфорт; максимум їх харчової активності спостерігається в досить вузькому діапазоні температури: від  $-1$  до  $+4^{\circ}\text{C}$ .



Ріст риб також обмежений температурою середовища. Температурний інтервал всього 5–7°C. За межами цього «ростового коридору» риба проявляє харчову активність при відсутності росту.

З температурою середовища пов'язана і функція розмноження риб. У зоні з різкими сезонними перепадами температур для більшості риб сигналом до нересту є не тільки збільшення світлового дня, але і весняне прогрівання водойми. Виключення – лососеві, минь.

Багато риб реагують на підвищення температури води навіть на 0,03°C. Більшість видів риб середньої смуги проявляють меншу термочутливість, яка не перевищує десятих часток градуса Цельсія.

Спеціальних органів терморцепції у риб не виявлено. Вважають, що чутливі до температури нервові закінчення є на всій поверхні тіла риби. Ймовірно, до терморцепції здатні багато чутливих закінчень, включаючи баро-, механорецептори, а також бічну лінію і ампули Лоренціні.

### Хід роботи

У заздалегідь підготовлені акваріуми помістіть риб. Поступово збільшуйте і зменшуйте температуру води, фіксуючи нижню межу зони песимуму і верхню, а також виділіть зону оптимуму. Дані занесіть в табл. 2.

*Таблиця 2*

### Межі толерантності риб до температури води

Вид риби	Температура води, °C	Зона нижнього песимуму, °C	Зона оптимуму, °C	Зона верхнього песимуму, °C
Карась				
Форель				
Тилапія				

### Контрольні питання

1. Що таке терморцепція?

2. Як впливає температура води на ріст і розвиток риб?
3. Чим відрізняються евритермні риби від стенотермних?

## Тема 8. Вплив фону на забарвлення риб

**Мета заняття:** вивчення впливу фону на забарвлення риб.

**Матеріали та обладнання:** жива риба, ємність, затемнювач (кольоровий папір), штучне освітлення.

**Завдання:**

- 1) ознайомтеся з теоретичним матеріалом;
- 2) дослідіть вплив фону на забарвлення риб;
- 3) зробіть висновки.

Забарвлення тіла різних видів риб надзвичайно різноманітне і залежить від цілого ряду екологічних і фізіологічних умов. Основним є пелагічне забарвлення, темна спина і світле черево – це захисне забарвлення. Темна спина робить рибу мало помітною на фоні темного дна при погляді зверху, а світлі боки відбивають світло від поверхні води, роблячи її практично непомітною при спостереженні знизу. Подібне забарвлення характерне для риб, що мешкають у відкритих водоймах.

Для туводних видів, що мешкають на певних територіях (наприклад, пічкур, бичок, камбала), характерний інший тип забарвлення – русловий. Забарвлення цих риб, як і багатьох інших придонних видів, максимально точно повторює забарвлення дна, на якому риба знаходиться в даний момент. Так, камбала миттєво змінює колір під фон дна, на якому вона знаходиться.

Різнманітне забарвлення риб обумовлене наявністю в їхньому тілі пігментних клітин. Всього таких клітин виділяють чотири види:

*меланофори* – містять чорний пігмент меланін;

*ксантофори* – містять відповідно ксантофіл і інші каротиноїдні, жовті та оранжеві пігменти;

*еритрофори* – містять червоний астаксантин;

*гуанофори* – містять блискучий гуанін.

Кольори, присутні в забарвленні риб при обмеженій кількості наявних пігментів, утворюються в такий спосіб: шари пігментних клітин накладаються один на інший, і в результаті змішування виникають різні кольори і відтінки тіла риб. Ці клітини здатні накопичувати в собі пігменти, які виробляються рибою або надходять в її організм з спожитим кормом. Так, наприклад, лососеві за час міграції споживають велику кількість ракоподібних, що містять багато пігменту астаксантину, який накопичується в еритрофорах риб. При досягненні місць ікрометання риби набувають яскраво-червоний «шлюбний наряд» (горбуша).

Зміна кольору може протікати з різною швидкістю і зумовлюватися різними фізіологічними процесами в організмі риби. Зміна забарвлення тіла риб відбувається внаслідок стиснення або експансії пігменту в хроматофорах.

Гуморальний вплив на забарвлення риб – це вплив за допомогою гормонів, що виробляються ними в переднерестовий і нерестовий періоди. Центри пігментації тіла у риб лежать в спинному мозку. При гуморальному регулюванні забарвлення важливе значення мають гормони, що виділяються гіпофізом риб. Недостатня секреція гіпофіза або його повне видалення ведуть до сильного стиску пігменту в меланофорах, і риба при цьому помітно світлішає.

Ще одна зміна забарвлення – стресова або агресивна. Риби, перебуваючи в цих станах, або помітно темніють, або, навпаки, стають нехарактерно світлими. Це пояснюється тим, що до клітин, що містять чорні пігменти (меланофори), підходять нервові закінчення і зміна кольору відбувається під впливом нервового імпульсу.

Меланофори бувають двох типів: розташовані в епідермісі (поверхневі) і розташовані в шкірі більш глибоко.

Меланофори, які розташовуються в шкірі, можуть різко змінювати колір за рахунок того, що зерна меланіну збираються до центру (світле забарвлення) або розосереджуються по всій клітці (темне забарвлення). Саме так змінює забарвлення камбала.

А ось меланофори, розташовані самим нижнім шаром і довільно регульовані рибою, можуть, бліднучи або темніючи, акцентувати або приглушати яскраві тони, розташовані вище. На світлому тлі тіла риби жовтий колір чітко видно, але якщо вона темніє, він нікуди не пропадає, а просто стає непомітним, те ж відбувається і з багатьма іншими відтінками.

Всі наведені механізми створення забарвлення і його регуляції протікають в організмі риби паралельно і впливають один на одного.

Харчування риб створює наступний вплив на забарвлення: риба яка не харчується поступово втрачає червоний і жовтий колір. Це пояснюється тим, що саме ці пігменти беруть участь в обміні речовин.

### **Хід роботи**

Одну ємність з живою рибою помістіть на 45 хв в темне місце, іншу – на підвіконня, а третю – посеред аудиторії і наполовину обгорніть по черзі різнокольоровим папером. Прослідкуйте, як зміниться забарвлення риб залежно від фону і освітлення.

### **Контрольні питання**

1. Чим зумовлюється здатність риб змінювати забарвлення?
2. Які пігментні клітини ви знаєте і за який тип забарвлення вони відповідають?
3. Опишіть відомі механізми утворення кольору у риб.
4. Назвіть фактори, що впливають на забарвлення риб.

## **Тема 9. Вивчення швидкості руху риб**

**Мета заняття:** вивчення методики розрахунку швидкості руху риб і факторів, що на неї впливають.

**Матеріали та обладнання:** жива риба, ємність, плакати, лінійка, секундомір.

**Завдання:**

- 1) ознайомтеся з теоретичним матеріалом;
- 2) вивчіть методику розрахунку швидкості руху риб;
- 3) визначте фактори, що впливають на швидкість руху риб;
- 4) зробіть висновки.

Відомо, що вода має велику щільність в порівнянні з повітрям, але при цьому риbam вдається досягати дуже високих швидкостей. Наприклад: риба-меч – 130 км/год; блакитний марлін – 90 км/год; блакитний тунець – 80 км/год. Для забезпечення таких швидкостей природа наділила риб низкою пристосувань (морфологічних, гідродинамічних і метаболічних).

Швидкість руху риби у воді пропорційна частоті і амплітуді коливань тіла та хвоста і піддається певним математичним розрахункам. Наприклад, для представників місцевої іхтіофауни гранична швидкість плавання визначається за формулою:

$$V = (1 / 4) [L(3f - 4)],$$

де  $L$  – довжина тіла, м;

$f$  – частота коливань тіла (хвоста), Гц.

Оскільки граничні абсолютні швидкості риб залежать від їх лінійних розмірів, пропонується використання для зіставлення швидкісних можливостей риб (так як одні мають довжину кілька сантиметрів, а інші кілька метрів) відносного показника – коефіцієнта швидкості, що визначається за формулою:

$$K_v = V / \sqrt{L}$$

Цей коефіцієнт характеризує швидкість риби, рівну числу її корпусів (довжин) на секунду. Застосовуючи даний коефіцієнт, всі види риб можна класифікувати як мінімум на шість категорій (табл. 3).

*Таблиця 3*

**Коефіцієнт швидкості різних видів риб**

Категорія	Вид риб	Характеристика	$K_v$
1	риба-меч, тунці	дуже швидко плаваючі	70 і більше
2	скумбрія, лосось, акули	швидко плаваючі	60–30

3	кефаль, тріска, оселедці	помірно швидко плаваючі	30–20
4	сазан, лящ, короп, плітка	помірно нешвидко плаваючі	20–10
5	бички, соми	повільно плаваючі	10–5
6	риба-місяць, морські коники	дуже повільно плаваючі	менше 5

Відповідно до цієї класифікації риби з однаковими максимальними швидкостями руху, але з різною довжиною тіла можуть належати до різних категорій.

Риби, у яких вигини тіла утруднені, використовують для руху плавники. Плавці здійснюють або хвилеподібні, або гребкові руху. При цьому скат і морський коник використовують грудні плавці, вугор – анальний.

***Розрізняють такі швидкості руху риб:***

1) *крейсерська швидкість*  $V$ . З такою швидкістю риба може плисти годинами, переміщаючись на великі відстані. Вона становить 1,5–2 довжини тіла риби в секунду, тобто  $V = 1,5 \dots 2L$ , де  $L$  – довжина тіла риби, м;

2) *максимальна швидкість*  $V_{max}$ . Таку швидкість риба може підтримувати протягом 0,5–1 хв. Вона становить 3,5–7 довжин тіла риби в секунду, тобто  $V_{max} = 3,5 \dots 7L$ .

3) *кидкова швидкість* (швидкість кидка риби)  $V_k$ . Таку швидкість риба може витримувати протягом 3–5 с.

Для зменшення гідродинамічного опору риби застосовують два тактичні прийоми. По-перше, вони зберігають ламінарність (без швидких змін швидкості) оточуючого потоку по всій довжині тіла від голови до хвостового плавника.

Досягається це згладжуванням нерівностей тіла. У активних плавців навіть очі можуть бути закриті жировими повіками, що створюють своєрідне обтікання. Всі плавники, за винятком хвостового, притискаються до тіла. Багато риб при русі з великими швидкостями переходять на так зване пасивне дихання. При цьому вода як би самопливом проходить через ротову порожнину і зябра. На виході з зябрового апарату вода не створює турбулентних завихрень,

як у малорухливих видів при активному прокачуванні води через зябра, а ламінується.

Зниження опору досягається і за рахунок зниження тертя тіла об водну масу. Цьому сприяють еластичні властивості шкіри, луски і слизу. У дослідях з щукою, штучне видалення слизу з її тіла підвищувало гідродинамічний опір на 50%. Слиз виступає головним фактором ламінування оточуючого тіла водного потоку у таких риб, як вугри і соми. Ці риби не відрізняються високою швидкістю плавання, але здатні на короткі кидки з високою стартовою швидкістю, що вимагає ламінування потоку. Однак у швидких риб – тунців і акул слизу на шкірі дуже мало і шкіра має шорстку, а не гладку поверхню. Помічено, що розмір і розподіл луски на тілі також пов'язані з гідродинамічними характеристиками риби. Наявність луски на тулубі перешкоджає утворенню складок шкіри при м'язових скороченнях, тобто зберігає обтічність тіла риби. Велика луска характерна для малорухливих риб з коротким, але високим тілом, дрібна – для риб з витягнутим тілом, що здійснюють вугреподібні рухи. Кращі плавці серед риб мають середню і дрібну луску, в останніх вона може взагалі бути відсутньою в найбільш гнучкій частині хвостового стебла.

Висока потужність скелетної мускулатури риб частково пояснюється підвищенням температури тіла під час руху. Так, у тунців різниця між температурою води і температурою тіла становить 5–13°C. Однак, залишаючись холоднокровними тваринами, риби виявляють велику залежність від температури навколишнього середовища. Доведено, що максимальну швидкість руху кожен вид риб проявляє в певних температурних діапазонах. Для нерки температурним оптимумом є температура води 15°C. Тільки при такій температурі вона розвиває крейсерську швидкість 5 L/c протягом 1 години руху.

Подібна закономірність виявлена і в інших видів риб – карася, пікші, нототенії, але в іншому температурному діапазоні, нерідко дуже вузькому. Наприклад, нототенія найбільш активна при температурі –1,8°C і вже при 2°C припиняє рух.

Вплив температури навколишнього середовища на крейсерську швидкість риб здійснюється шляхом зміни інтенсивності обміну речовин і в'язкості води в зоні контакту з шкірними покриттями риби. У риб з добре вираженим кидковим характером рухової активності децю інші властивості. Кидкові швидкості залишаються високими в широкому діапазоні температур, що пов'язують з деяким прогрівом м'язів при кидку. Рухова активність риби залежить і від деяких додаткових факторів. Так, граничні швидкості руху у більшості риб з хорошим зором досягаються лише при достатньому рівні освітленості.

Зниження концентрації кисню в воді з 2 до 1 мг/дм<sup>3</sup> супроводжується зниженням швидкості руху з 3 до 1 L/с, тобто в 3 рази. Ще більшою чутливістю до вмісту кисню у воді відрізняється форель. Зменшення концентрації кисню у воді з 2,5 мг/дм<sup>3</sup> всього на 0,5 мг/дм<sup>3</sup> супроводжується чотириразовим падінням крейсерської швидкості риби.

Швидкість і характер руху риби змінюються при зміні солоності, осмотичного тиску, вмісту діоксиду вуглецю у водному середовищі. Швидкість руху залежить і від фізіологічного стану риби. Так, критичні швидкості руху ляща після нересту зменшуються в 3–5 разів. Лососі з незрілими статевими продуктами (1–3-я стадії зрілості) розвивають більшу швидкість і виявляють велику витривалість, ніж риби перед нерестом. Визначені статеві відмінності в швидкісних можливостях риб одного виду. Самці розвивають більш вищу швидкість в порівнянні з самками.

Відомо і вплив вгодованості (голоду), наявності (відсутності) течій на рухову активність риб, причому ці впливи різні. Голодні риби активніші в порівнянні з вгодованими, однак граничні крейсерські швидкості вищі у ситих риб.

### **Контрольні питання**

1. За якою формулою розраховується гранична швидкість риб?
2. Які типи швидкостей руху риб Ви знаєте?



## Тема 10. Вивчення сперматозоїдів риб

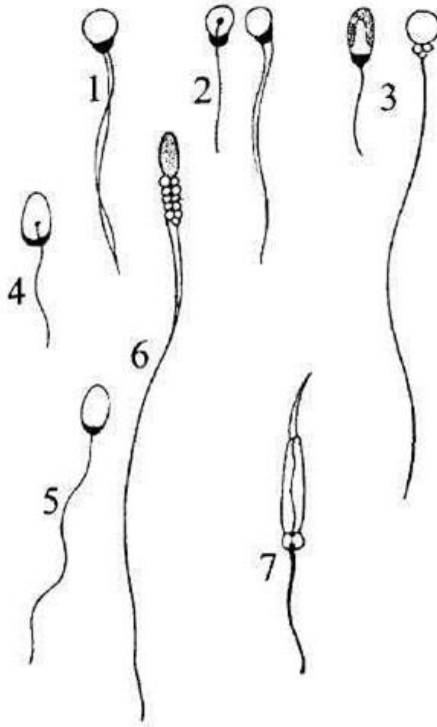
**Мета заняття:** ознайомлення з технікою дослідження статевих продуктів риб.

**Матеріали та обладнання:** сперма риби, етанол, 5% розчин еозинату натрію, мікроскоп, предметні і покривні скельця, вата, препарувальні голки, очні піпетки або тонкі скляні палички, скляні стаканчики місткістю 50–100 мл, фотоелектроколориметр, камера Горяєва, лічильники для підрахунку формених елементів крові, гумова груша, лід, секундомір.

### **Завдання:**

- 1) вивчіть теоретичний матеріал;
- 2) розрахуйте кількість сперматозоїдів в 1 мм сім'яникової рідини;
- 3) оцініть якість сперми різних видів риб;
- 4) зробіть висновки.

Сперма риб виробляється в чоловічих статевих залозах – сім'яниках. Об'єм сперми і концентрація в ній сперміїв коливається у різних видів риб в широких межах. Сумарна кількість сперми, отриманої від риби за репродуктивний сезон, може перевищувати масу її сім'яників, так як окремим видам властиве порційне ікрометання. При цьому, як правило, чим більший об'єм еякуляту (разова кількість сперми), тим менша концентрація клітин в сім'яній рідині. Величина сперматокрита (відсоток сперміїв в сім'яній рідині) змінюється в широких межах: лосось – 25%, короп – 45%, камбала – 97%. Сперматозоїди, отримані безпосередньо з гонад – не мають активності. Вони стають рухливими при змішуванні з секретами придаткових залоз, причому рухливість різко зростає при потраплянні сперміїв в воду. Морфологія сперматозоїдів має видову специфіку. Рухова здатність сперміїв у воді швидко зростає і досягає максимуму в 50–100 мкм/с, а потім поступово знижується. Загальний час руху сперміїв у воді у різних видів риб від 40 до 150 с. За час руху спермій може самостійно просуватися всього на 20–100 власних довжин, тобто не більше ніж на 1,5 см. Проникнення сперми відбувається через мікропіле і носить імовірнісний характер.



**Рис. 10. Сперматозоїди риб (за Тузетом О., 1958 р.):** 1 – щуки; 2 – окуня; 3 – атлантичного оселедця; 4 – райдужної форелі; 5 – річкової форелі; 6 – гупі; 7 – звичайного вугра

***Якісними показниками сперми є:***

- концентрація (кількість сперматозоїдів в 1 мкл сім'яної рідини, яку встановлюють в камері Горяєва);
- активність (тривалість поступальних рухів сперматозоїдів у воді);
- запліднююча здатність (відсоток запліднення);
- вид.

**Вимірювання об'єму еякуляту та візуальна оцінка спермій за кольором і консистенцією**

Для отримання сперми насухо протріть марлею черевце риби, особливо в області генітального отвору, черевних і анального плавників. Легкими масажними рухами в напрямку від черевних плавників до хвоста відцідіть сперму в раніше підготовлену ємність. Сперму заберіть таким чином, щоб в неї не потрапила вода, сеча, вміст кишечника, слиз і кров. Пробірку з еякулятом помістіть в ємність з льодом.

Об'єм еякуляту виміряйте за допомогою мірної посудини з точністю до 0,1–0,2 мл. Візуально проведіть оцінку сперми за її консистенцією: густа, середня або рідка.

Густа сперма, в залежності від виду риби, виходить струменем або стікає густими краплями і має вигляд згущеного молока з жовтим відтінком.

Сперма середньої консистенції має молочно-білий колір і тече, як звичайне молоко.

Рідка (погана) сперма має вигляд розведеного молока з блакитним відтінком.

### **Визначення активності спермійів**

У скляний посуд місткістю 50–100 мл налейте води, помістіть термометр і очну піпетку або тонку скляну паличку для взяття крапель води. У посуді з водою підтримуйте температуру в межах нерестових температур, характерних для досліджуваного виду риби. Підготуйте мікроскоп, підбираючи об'єктиви зі збільшенням (об'єктив 8–20 ×, окуляр 10–15 ×).

Нанесіть піпеткою або скляною паличкою краплю води на предметні скельця. Препарувальною голкою внесіть невелику кількість сперми в краплю води і одночасно увімкніть секундомір. Прослідкуйте за рухом спермійів і відключіть секундомір, коли більшість (50–60%) спермійів перейде від поступального руху до коливального.

Визначаєте активність спермійів в кожній пробі не менше трьох разів і за отриманими даними обчисліть середній результат.

### **Визначення співвідношення живих і мертвих спермійів**

Співвідношення в еякуляті живих і мертвих спермійів визначають двома способами: оцінкою сперми за 5-бальною шкалою і за допомогою фарбування.

#### **Визначення співвідношення живих і мертвих спермійів за 5-бальною шкалою**

Маленьку краплю сперми помістіть на предметне скло, додайте краплю води для активації спермійів, препарат швидко накрийте предметним склом і розглядайте під мікроскопом при великому збільшенні (40×10 або 40×15).

*Якість еякуляту оцініть за наступною шкалою:*

*5 балів* – в мазку сперматозоїди проявляють дуже швидкий і енергійний поступальний рух, за рахунок якого надзвичайно швидко виникають вихреподібні рухи і невеликі завихрення, що постійно змінюються в полі зору;

*4 бали* – швидкий поступальний рух сперматозоїдів і раптове формування вихреподібного руху і завихрень в проглядаючому мазку;

*3 бали* – стійкий, середньої сили поступальний рух сперматозоїдів. Вихреподібний рух і невеликі завихрення повільніші в полі зору;

*2 бали* – слабкий поступальний рух, відзначаються зупинки і відновлення руху сперматозоїдів. вихреподібний рух і завихрення відсутні;

*1 бал* – слабкий хвилеподібний або коливальний рух сперматозоїдів;

*0 балів* – відсутність в мазку рухливих сперматозоїдів.

### **Визначення співвідношення живих і мертвих спермійв за допомогою фарбування**

Приготуйте 5% розчин еозинату натрію. На чисте знежирене предметне скло нанесіть невелику краплю сперми і додайте до неї відносно велику краплю водного розчину еозинату натрію. Змішуйте протягом 1–3 с скляною паличкою сперму з барвником і шліфованим краєм іншого скла нанесіть тонкий мазок, підсушіть на повітрі (30–50 с).

Під мікроскопом при 300–400-х кратному збільшенні розгляньте в п'яти полях зору по 100 спермійв, підрахуйте окремо число загиблих (профарбованих) і живих спермійв, які виділяються на рожевому фоні білими головками.

### **Визначення потенційних властивостей спермійв**

У камері Горяєва протріть покривне скло до появи райдужних кілець. В пробірку наберіть 4 мл води і додайте з піпетки від гемометра Салі 0,02 мл сперми. Сперму ретельно змішайте з водою. Краплю отриманої суспензії помістіть в камеру Горяєва і залиште на 3–5 хв для осадження спермійв. Підрахуйте спермії в п'яти великих (80 малих) квадратах. Підрахунок робіть у великих квадратах, розміщених по діагоналі сітки. У кожному квадраті враховуйте спермії, які знаходяться в середині і розміщені на лівій і верхній лініях квадрата.

Концентрацію спермійв обчисліть, використовуючи формулу:

$$C = nD / NV \cdot 1000000,$$

де С – концентрація сперміїв, млн/мм<sup>3</sup>;

n – число підрахованих сперміїв, шт;

D – ступінь розведення сперми (200);

N – число підрахованих малих квадратів, шт;

V – об'єм малого квадрата (1/4000 мм<sup>3</sup>);

1000000 – множник для перерахунку концентрації сперми.

### **Визначення концентрації сперміїв за допомогою фотоелектроколориметра**

Приготуйте суспензію сперми, набравши в пробірку 4 мл води і додавши 0,02 мл сперми. Отриману суспензію ретельно змішайте. Визначення проведіть в світлофільтрі, використовуючи кювети з товщиною поверхні рідини 1 мм. Концентрацію сперміїв 10–30 самців визначте паралельно з допомогою камери Горяєва і фотоелектроколориметра.

Отримані дані періодично перевіряйте перерахунком 2–3 проб в камері Горяєва.

Результати досліджень занесіть в табл. 4.

*Таблиця 4*

#### **Результати досліджень сперми**

<b>Показник</b>	<b>Значення</b>
Вік риби, років	
Маса риби, г	
Довжина риби, см	
Візуальна оцінка еякуляту	
Об'єм еякуляту, см <sup>3</sup>	
Активність сперміїв (при температурі води, °C), с	
Кількість живих сперміїв, %	
Концентрація сперміїв, млн/мм <sup>3</sup>	

## Контрольні питання

1. Від яких факторів залежить рухливість сперматозоїдів риб?
2. Як проводять візуальне визначення якості сперми риб?
3. Яким чином визначають активність сперматозоїдів?
4. Опишіть методику визначення співвідношення живих і мертвих сперматозоїдів.

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна література

1. Дехтярьов, П.А., Євтушенко, М.Ю., Шерман, І.М. Фізіологія риб. Київ, 2014. 315 с.
2. Мельник, О.П., Костюк, В.В., Шевченко, П.Г. Анатомія риб. Київ, 2008. 624 с.
3. Пилипенко, Ю.В., Шевченко, П.Г., Цедик, В.В. та ін. Методи іхтіологічних досліджень: навчальний посібник. Херсон, 2017. 432 с.
4. Плотников, Г.К., Пескова, Т.Ю., Шкуте, А. и др. Основы ихтиологии. Сборник классических методов ихтиологических исследований для использования в аквакультуре. Латвия, 2018. 253 с.
5. Усов М.М. Морфология и физиология рыб. Горки, 2017. 114 с.
6. Шерман, І.М., Пилипенко, Ю.В., Шевченко, П.Г. Загальна іхтіологія: підручник. Київ, 2009. 454 с.

### Додаткова література

1. Иванов, А.А. Физиология рыб. Москва, 2003. 284 с.
2. Ильмаст, Н.В. Введение в ихтиологию. Петрозаводск, 2005, 148 с.
3. Кауфман, З.С. Эмбриология рыб. Москва, 1990. 272 с.
4. Моисеев, П.А., Азизова, Н.А., Куранова, И.И. Ихтиология. Москва, 1981. 384 с.
5. Никольский, Г.В. Частная ихтиология. Москва, 1950. 436 с.
6. Яржомбек, А.А. Физиология рыб. Москва, 2007. 156 с.

### Адреси електронних ресурсів у мережі INTERNET

1. Органи чуття риб URL: <https://belkamfish.com/stati/zimbles/2.htm>
2. Кров риб URL: <https://goldfishnet.km.ua>
3. Вплив температури на риб URL: <https://holidayukr.ru/novini/7200-vpliv-na-rib-temperaturi-vodi-i-tisku.html>