

УКРАЇНСЬКА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК  
ІНСТИТУТ РИБНОГО ГОСПОДАРСТВА

Забитівський Юрій Михайлович

УДК 597.504.4.054

МІНЛИВІСТЬ МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК І АКТИВНОСТІ ТРАВЛЕННЯ  
У КОРОПА ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ІСНУВАННЯ

03.00.10 - іхтіологія

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата біологічних наук

Київ - 2003

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в лабораторії “Охорони оточуючого середовища і раціонального використання ресурсів” Львівського національного університету імені Івана Франка

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор

Ялинська Надія Степанівна

Львівський національний університет імені Івана Франка

провідний науковий співробітник

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, професор

Тернопільський державний педагогічний

університет імені Володимира Гнатюка

проректор з навчальної роботи,

Грубінко Василь Васильович

доктор біологічних наук, професор

Інститут рибного господарства УААН

провідний науковий співробітник

Янович Вадим Георгійович

Провідна установа: Національний аграрний університет Кабінету Міністрів України, кафедра загальної зоології та іхтіології, м.Київ.

Захист дисертації відбудеться 16.09.2003 р о 10 год на засіданні спеціалізованої вченої ради К 26.364.01 при Інституті рибного господарства УААН за адресою: 03680 м.Київ, вул. Обухівська,135.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Інституту рибного господарства УААН, м.Київ, вул. Обухівська, 135.

Автореферат розісланий 15.08.2003 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

кандидат біологічних наук

Кражан С.А.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** В Західному регіоні України прісноводні екосистеми функціонують в режимі високих антропогенних навантажень. У різних за походженням і цільовим призначенням водоймах об'єднано діють сапробні і токсичні агенти. Вода і ґрунт у них епізодично насичуються органічними речовинами, поллютантами і важкими металами, що дестабілізує умови існування гідробіонтів. Зміна складу гідрохімічного режиму викликає адекватну відповідь гідробіонтів, яка формується на всіх рівнях організації – від молекулярного до біоценотичного.

Посилення антропогенного пресу вимагає новітніх методів діагностики стану екоценозу. Актуальності набули дослідження динамічних критеріїв відповіді популяційних угруповань риб. Провідними фахівцями раніше вже було продемонстровано залежність між умовами існування та спрямованістю і амплітудою коливань пристосувальної мінливості цих угруповань (Поляков Г.Д., 1975, Емельянов И.Г., 2001). Необхідність є в проведенні паралельних морфо-функціональних досліджень риб з ціллю виявлення чутливих індикаторів для детальнішої оцінки екологічного стану їхтіоценозу (Соболев Л.Б., 1991). Функціональна активність травної системи відзначається високою лабільністю, через що входить у перелік можливих індикаторів (Хочачка П., 1977). З причини високої адаптивності травного тракту слід розглянути можливість створення на цій основі базового критерія функціонального стану популяційного угруповання.

У водоймах Західного регіону України широко розповсюджені коропи, які не піддаються конкретній породній ідентифікації з причини полігібридного схрещування у неконтрольованих людиною умовах. Занесені штучно у рекреаційні водоймища, стави, а також відстійники, вони складають вагомую частку місцевої їхтіофауни. Їх угруповання становлять науковий інтерес, як матеріал для моніторингу антропофікованих водойм Західного регіону. Є потреба глибше дослідити їхні морфо-фізіологічні та біохімічні сторони відповіді, враховуючи функціональну активність травної системи, на мінливі умови існування з ціллю виявити у них характер і спрямованість адаптаційних процесів, як критерія біологічного стану популяції, що і визначає актуальність роботи.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дана робота є складовою частиною держбюджетних наукових досліджень за темою Бз - 256Б “Закономірності та тенденції розвитку гідробіоценозів антропофікованих водойм Західного регіону України з біологічний моніторинг” № держреєстрації 0197U018079, які виконувались в межах науково-дослідних програм Міністерства освіти України.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є виявлення у цьоголіток коропа з водойм Західного регіону України величини і структури мінливості ряду ознак, які були б надійним критерієм умов життя і біологічного стану популяції. Оскільки регуляція метаболізму всіх тварин

зводиться до регуляції інтенсивності ферментних функцій, доцільно було розглянути сторони цієї концепції відповідно до коропа, зосереджуючи увагу на з'ясуванні причин мінливості морфологічних ознак, аналізуючи функціональний стан травного тракту.

При виконанні роботи вирішувалися наступні завдання:

- з'ясувати умови існування цюголіток у водоймах різного походження і призначення;
- вивчити динаміку морфологічних ознак у цюголіток коропа залежно від умов існування;
- дослідити активність протеаз і карбогідраз різної локалізації в кишківнику риб двох груп за формою лускатого покриву;
- експериментально дослідити чутливість функціональної активності травної системи коропів до дії різної концентрації міді і свинцю;
- зробити узагальнення з врахуванням мінливості функціональної активності травних ферментів і морфологічних характеристик - як критерія фізіологічного стану угруповань коропів в нестійких умовах існування.

Об'єктом досліджень послужили цюголітки коропа, відловлені методом рандомізації у водоймах рекреаційного і господарського призначення Західного регіону України.

Предметом досліджень є гетерогенність цюголіток, морфологічні показники їх екстер'юру та інтер'юру, а також активність карбогідраз та протеаз, як беруть участь в мембранному та порожнинному гідролізі нутрієнтів у кишківнику.

Методи досліджень. Для досягнення цілі використовувались загальноприйняті та модифіковані морфо-фізіологічні, гідробіологічні, біохімічні, електронномікроскопічні та статистичні методи досліджень.

**Наукова новизна одержаних результатів.** За даними еколого-фізіологічного аналізу уточнено, що умови живлення взаємодія нестабільних чинників (дефіцит розчиненого у воді кисню, водний режим) обумовлюють величину і структуру гетерогенності цюголіток коропів, що заселяють водойми різного призначення. Угруповання цюголіток коропа розпадаються на декілька розмірних класів, як з різною ефективністю використовують природну кормову базу, досягають різних розмірів, маси і ступеня вгодованості.

Вперше комплексно проаналізовано загальнобіологічні характеристики коропів рамчастого і лускатого покриву. В процесі роботи з'ясовано, що рамчасті коропи, завдяки потужній карбогідразній та протеазній системам краще ніж лускаті перетравлюють нутрієнти з великим вмістом білкових і вуглеводневих компонентів. Лускаті коропи більш пристосовані до вживання високобілкових субстратів.

Цюголітки коропів рамчастого і лускатого покриву володіють різними комплексами специфічних клітинних адаптивних реакцій, як проявляються в змінній пристосувальній активності чи інгибуванні окремих ланок мембранного та порожнинного травлення вуглеводів?

білоків за двох різних концентрацій міді та свинцю, що передують проявам морфологічних перебудов екстер'єрних показників.

Вперше виявлено, що в процесі інтоксикації свинцем цьоголіток лускатого коропа функціональна активність ферментів травного тракту щільно пов'язана з морфо-фізіологічними характеристиками апкальною ділянкою ентероцита, що проявляється в утворенні ендокитозних візікул в цитоплазмі при незначно зміненій активності мембранних карбогидраз.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Результати досліджень є вагомим внеском в теоретичну основу аутоекотології, можуть використовуватися в системі біомоніторингу в рибному господарстві. Характер динаміки групових морфо-фізіологічних ознак показує стан регуляторних адаптивних механізмів у риб на початковому етапі їх росту і розвитку, пов'язаних з реакцією на дефіцит розчиненого у воді кисню, нестачу корму і важких метали. В умовах Західного регіону характер мінливості екстер'єрних ознак і кількісних характеристик функціонування травної системи – показник біологічного стану популяцій коропів у водоймах різного цільового призначення.

Фрагменти виконаної роботи включені в курс лекцій з гідроекології, які викладаються у Львівському університеті імені Івана Франка.

**Особистий внесок здобувача.** При описуванні типології такого явища, як популяційна мінливість цьоголіток, використовувався матеріал з архіву лабораторії “Охорони оточуючого середовища і раціонального використання природних ресурсів” ЛНУ і автора. Решту матеріалу викладеного в дисертації зібрано, опрацьовано і обґрунтовано автором самостійно.

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертації доповідалися на: 23 з'їзді Гідроекологічного товариства України (Київ, 1997); 2 Всеукраїнській науковій конференції “Екологічний стрес і адаптація в біологічних системах” (Тернопіль, 1998); міжнародній конференції “Питання біомоніторингу і екології” (Запоріжжя, 1998); 23 з'їзді Гідроекологічного товариства України (Тернопіль, 2001); щорічних наукових конференціях Львівського національного університету імені Івана Франка (1997 – 2001 рр.).

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 10 праць, з яких 6 у фахових виданнях і 4 в матеріалах конференцій та з'їздів.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, огляду літератури (один розділ), методики досліджень (один розділ), експериментальної частини (два розділи), підсумкової частини (один розділ) і висновків. Робота викладена на 136 сторінках, містить 10 рисунків, 18 таблиць. Список використаних джерел містить 156 найменувань (34 - іноземною мовою).

## **ЗМІСТ РОБОТИ**

**Мінливість морфо-фізіологічних ознак риб і актуальність її дослідження.** У розділі подано результати досліджень мінливості популяцій риб, визначено актуальність дослідження

проблеми на сьогоднішній день. Наголошено на ролі травної системи в пристосувальній адаптації і зроблено перегляд морфологічних ознак травного тракту, яким характерна висока варіабільність. Описано роль вагового чинника антропогенного навантаження, важких металів, в процесі онтогенезу риб і в формуванні відповіді організму.

**Об'єкт, матеріал та методи досліджень.** Об'єктом досліджень були цьоголітки коропа, виловлені методом рандомізації зі ставів направленого генезису рибгоспів "Солонсько", "Хом'яківка", "Великий Любін" і ненаправленого генезису – природних водойм кар'єрного типу біля с.Великий Любін.

Матеріал дисертації подано у двох частинах. Перша присвячена виявленню гетерогенності внутрішньопопуляційних груп в умовах короткотривалої гіпоксії, нестабільної природної кормової бази, штучного літнього голодування і після зимового анабіотичного періоду. Розглядається різноякісність популяції цьоголіток за ознаками, які служать організму пристосуванням до мінливих чинників середовища: розмірно-вагова структура стада, показники екстер'єру та інтер'єру, морфо-фізіологічні показники травної системи за дії несприятливих умов вирощування. Як показник для оцінки живлення і загального стану коропів різних розмірних класів було використано коефіцієнт вгодованості за Фультоном (КВ) (Лиманский В.В, 1986).

У другій частині дисертації обговорюються результати 2400 біохімічних аналізів експерименту на 135 коропах рамчастої та лускатої груп, за дії на них міді і свинцю. Увагу зосереджували на вивченні карбогідразної та протеолітичної активності травного тракту, які пов'язані з мембранним та порожнинним гідролізом їжі, що є стратегічним механізмом, з допомогою якого організм досягає векторного гомеостазу метаболічних функцій (Хочачка П., Сомеро Дж., 1977).

Гідрохімічний аналіз водойм ставів, у яких вирощувались піддослідні коропи, проводили співробітники рибного господарства "Великий Любін" та автор згідно із затвердженими інструкціями (Шестерин И.С. и др, 1985; Новикова Ю.В., и др. 1990). У відловлених риб вимірювали основні показники екстер'єру та інтер'єру: масу риб (m), довжину тіла від риля до кінця лускатого покриву (l), висоту тіла на рівні основи грудних плавців – (H1), висоту тіла на рівні основи першого променя спинного плавця (найбільша висота) – (H2), висоту тіла на рівні початку першого променя анального плавця – (H3), висоту хвостового стебла – (H4), а також показники товщини тіла – D1 - D3 там же, де вимірювалась висота, товщину хвостового стебла – (D4). З інтер'єрних показників визначали абсолютні та відносні значення маси кишківника із вмістом та без нього, його довжину; абсолютну та відносну масу гепатопанкреасу. Індекс наповнення кишківника встановлювали ваговим методом (Павловский Е.Н., 1961), індекс маси кишківника із вмістом – за методикою, розробленою Л.Б. Соболевим та Н.С. Ялинською (1987).

Дослідження впливу міді та свинцю на процеси травлення вуглеводів та білків проводили в лабораторних умовах. Вивчали вплив міді в концентрації 0,002 та 0,005 мг/л, та свинцю - в концентрації 0,2 та 5 мг/л. Потрібну концентрацію йонів металу створювали, розчиняючи у воді його сіль. Для приготування різних концентрацій міді використовували  $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ , свинцю -  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ .

Вміст міді в тканинах кишківника коропів та у воді встановлювали за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометра С-115М1.

Аналіз впливу важких металів на адаптивну здатність травної системи проводили через одну, три, сім та чотирнадцять діб експозиції в токсичному розчині, виходячи з “каскадного” принципу адаптації організму (Грубінко В.В., 2001). При дослідженні ентерального впливу важких металів на травну систему коропів розчин міді, кількістю 1 мл/20г риби, вводився орально через спеціальну канюлю в кишківник.

Активність мембранних та порожнинних травних ферментів досліджували у трьох ділянках кишківника. Фермент-активний препарат для вивчення активності мембранних ферментів різної локалізації отримували шляхом солюбілізації відрізка кишківника протягом 5, 30 та 60 хв. (Кушак Р.Й., 1983). Для вивчення загальної мембранної активності використовували метод зішкрябування слизової з наступною гомогенізацією та центрифугуванням (Кузьмина В.В., 1984, 1989; Уголев А.М.). Порожнинні ферменти отримували шляхом перфузії кишківника розчином Рінгера зі швидкістю 1 мл/с (Соболев Л.Б., 1991), інкубацію проводили при температурі 37 °С.

Активність карбогідраз визначали за кількістю гідролізованої глюкози, яку встановлювали в солюбілізатах о-Толуїдиновим реактивом (Сухомлинов Б.Ф., 1987). Активність протеолітичних ферментів визначали за приростом тирозину, кількість якого знаходили за допомогою нінгідринового реактиву (Уголев А.М., Тимофєєва Н.М., 1969). 1,5 % розчин гемоглобіну використовувася в якості субстрату (Орехович В.Н., 1987). Загальний вміст білка в реакційній суміші визначали методом Лоурі (Мешкова Н.П., 1979).

Ультрамікроскопічні зміни в тканині кишківника досліджували з використанням електронного мікроскопа ТЕМ - 100. Зрізи для дослідження робили алмазним ножом на ультрамікротомі УМТП - 6.

Вірогідність результатів доведена статистичною обробкою (Деркач М.П., 1974).

**Різноманітність за морфо-фізіологічними ознаками угруповань коропа, що індукується мінливими умовами середовища.** Формування іхтіомаси у водоймах направленої генезису тісно пов'язане з мінливими чинниками середовища. Модальний клас цьоголіток – типова група – краще розвивається за стабільних, сприятливих умов існування, однак за дії мінливих чинників, пов'язаних з живленням, різко зростає гетерогенність угруповання коропів. У ставах направленої

генезису рибгоспів “Солонсько”, “Хом’яківка” і “Великий Любін” антропогенний чинник має вагомий внесок у формуванні розмірно-вагової структури цьоголіток коропа. У дослідних ставах №№1, 4, 18, 19, в яких проводились інтенсифікаційні заходи із збільшення розвитку природної кормової бази (внесення культури протококових водоростей *Scenedesmus*, *Chlorella*, і гіллястовусих раків *Daphnia magna*, *Moina rectirostris*, підживлення азотно-фосфорними добривами), а також у контрольних ставах, де інтенсифікаційні заходи не проводились, спостерігалась тенденція до різної спрямованості кривих асиметрії, що характеризують кількість розмірно-вагових класів цьоголіток коропа. Стави, які спускалися на зимівлю, у травні були забезпечені природним кормом; водойми, воду з яких не спускали, характеризувалися низькою біомасою зоопланктону. В результаті у водоймі № 1 мав місце нормальний одновершинний розподіл варіант, за якого в найкращій ситуації були представники модального класу. У водоймах, де планктон виїдали хижі зяброніги, а також, де спостерігалися спалахи дактилогірозу, у розмірно-ваговому аспекті проявляється гетерогенність стада. За результатами графічних зображень видно, що вершина асиметрії є однією і спрямована вліво, тобто в складі угруповання зростає кількість особин з малою масою при домінуванні одного розмірно-вагового класу. Крива асиметрії має декілька вершин, якщо діють одночасно декілька чинників, причому таких, які підвищують смертність риб. У міру збільшення ролі таких впливів у популяції спостерігаються “провали” в різних розмірно-вагових класах. Величина домінантних природних кормових об’єктів зумовлює спрямованість вершини розмірного розподілу риб. При активному розвитку великого за розмірами зоопланктону та бентосних організмів, вершина асиметрії спрямована вправо.

Додатковою величиною, яка характеризує гетерогенність внутрішньопопуляційного угруповання є коефіцієнт вгодованості. Він є найнижчим при раптовому погіршенні умов живлення. За його величиною виявляється стабільність угруповань риб. У процесі переходу риб на живлення комбікормами збільшується різноякісність коропа за масою. Формування угруповань, диференційованих за трофічним показником, є характерною особливістю цього періоду, що збільшує ефективність використання доступної для цьоголіток коропа природної кормової бази.

Прикладом регуляції розмірно-вагової структури угруповання результати досліджень, поміщених у таблиці 1.

У рамчастих коропів зріст різноякісності за масою пов’язаний із збільшенням самої маси. Ця особливість добре помітна за сприятливих умов вирощування, коли відбувається інтенсивне підгодовування комбікормами і є активний розвиток великих за розмірами кормових організмів зоопланктону та бентофауни. У лускатих – різноякісність маси направлена в бік її зменшення, тому вони більш ефективно використовують дрібні планктонні організми.

Мінливість морфологічних ознак цьоголіток коропа особливо зростає за дії екстремальних чинників навколишнього середовища. Досліджено вплив низької температури, різкого зниження



концентрації розчиненого у воді кисню, а також голодування на екстер'єрні та інтер'єрні показники цьоголіток коропа. З таблиці 1 видно суттєву зміну в складі популяції коропів після зимівлі. Незважаючи на пристосувальні процеси, які відбуваються до зими і зумовлені у значній мірі спадковістю, важливе значення має можливість релізації геному. Рамчасті коропи легше переносять зимівлю, якщо в стадії домінують представники з високою масою і вищим від середнього значенням коефіцієнта вгодованості. У лускатих коропів спостерігається подібна тенденція. Однак у крайніх класах вгодованість не має тісної кореляції з кількістю особин.

Таблиця 1

Коефіцієнти вгодованості цьоголіток рамчастого і лускатого коропа, виловлених у водоймі направленої генезису рибгоспу “Великий Любін” протягом 1986 - 1987 рр. (n = 200).

Класи	Категорії маси, г	KB, $M \pm m$	N, %	$\delta$	$C_v$ , %
Цьоголітки рамчастого коропа до зимівлі					
1	20 – 30	$2,55 \pm 0,15$	17	0,46	18,13
2	30 – 40	$2,70 \pm 0,05$	36	0,23	8,67
3	40 – 50	$2,82 \pm 0,05$	24	0,18	6,57
4	50 – 60	$2,89 \pm 0,07$	17	0,21	7,26
5	60 – 70	$2,84 \pm 0,11$	2	0,18	6,46
Цьоголітки рамчастого коропа після зимівлі					
1	20 – 30	$2,62 \pm 0,05$	12	0,07	3,05
2	30 – 40	$2,53 \pm 0,07$	16	0,12	4,86
3	40 – 50	$2,68 \pm 0,03$	33	0,07	2,91
4	50 – 60	$2,70 \pm 0,05$	39	0,14	5,37
Цьоголітки лускатого коропа до зимівлі					
1	10 – 20	$2,88 \pm 0,13$	5	0,18	6,38
2	20 – 30	$2,75 \pm 0,04$	18	0,13	4,55
3	30 – 40	$2,71 \pm 0,04$	38	0,16	5,71
4	40 – 50	$2,76 \pm 0,02$	28	0,09	3,55
5	50 – 60	$2,81 \pm 0,09$	11	0,21	7,62
Цьоголітки лускатого коропа після зимівлі					
1	20 – 30	$2,23 \pm 0,05$	27	0,09	4,10
2	30 – 40	$2,68 \pm 0,06$	33	0,14	5,36
3	40 – 50	$2,64 \pm 0,04$	40	0,10	3,80

Примітка. N - процент від загального числа риб.

Серед чинників, які мають вагомий вплив на формування різноякісності популяції, є гіпоксія. Так, наприклад, в одній з піддослідних водойм рівень розчиненого у воді кисню знизився до 1,5 мг/л. Протягом семи діб фіксувалися низькі показники активності живлення – маса кишківника з

вмістом, маса вмісту, індекс наповнення кишківника, індекс маси кишківника з вмістом. Характер явища відображає коефіцієнт варіації згаданих показників (4,94 - 66,20 %).

Штучно викликане голодування протягом 22 діб у риби, які утримувались в акваріумах, виявляє найбільш чутливі морфологічні показники екстер'єру, які свідчать про порушення метаболізму риби (табл. 2).

Таблиця 2

Морфометричні показники цьоголіток лускатих коропів при голодуванні ( $n = 40$ ,  $M \pm m$ ,  $r$ ).

Ознаки	Дата контрольних спостережень				%	г
	3.08.95		25.08.95		Різниці	між m і (H1-H4), (D1-D4)
	M ± m	Cv,%	M ± m	Cv,%		
m риби	7,06 ± 0,39	25,03	5,07 ± 0,38	25,12	-28,19	X
L	8,25 ± 0,15	7,92	8,20 ± 0,16	6,63	-0,61*	X
l	6,65 ± 1,21	8,16	6,59 ± 0,12	6,25	-0,90*	X
H1	1.97 ± 0,04	9,43	1,75 ± 0,04	7,91	-11,17	0,993
H2	2.08 ± 0,04	8,17	1,75 ± 0,04	8,31	-15,86	0,990
H3	1,34 ± 0,04	13,79	1,15 ± 0,02	6,42	-14,18	0,993
H4	0,72 ± 0,03	17,50	0,67 ± 0,02	9,99	-6,94	0,969
D1	0,97 ± 0,03	11,62	0,86 ± 0,03	13,50	-11,34	0,951
D2	0,85 ± 0,03	14,69	0,71 ± 0,02	12,44	-16,47	0,961
D3	0,47 ± 0,01	13,83	0,34 ± 0,02	17,99	-27,66	0,951
D4	0,28 ± 0,01	9,90	0,21 ± 0,01	12,78	-25,00	0,878
l голови	2,15 ± 0,05	9,58	2,14 ± 0,04	6,45	-0,47*	X

Примітки:

1. Маса (m) риби – в грамах, решта показники – в см; x – не визначали.
2. H1 – висота тіла на рівні основи грудних плавників; H2 – висота тіла на рівні основи першого променя спинного плавника, H3 – висота тіла на рівні початку першого променя анального плавника, H4 – висота хвостового стебла, D1 - D3 – товщина тіла – там же, де вимірювалась висота, D4 - товщина хвостового стебла.
3. \*- різниця не вірогідна.

Серед досліджених показників суттєво піддаються змінам, окрім маси, товщина тіла на рівні першого променя спинного плавця, на рівні першого променя анального плавця, а також висота тіла у вищезгаданих ділянках. Особливою варіабільністю в осінній та весняний періоди,

відрізняються абсолютні показники маси гепатопанкреасу та кишківника, відповідно 78,90 і 58,14 та 47,74 і 36,70 %. Мінливість морфологічних ознак екстер'єру та інтер'єру цьоголіток коропа тісно пов'язана з функціональною активністю їх травної системи.

Для кожної з груп риб за лускатим покривом характерні морфо-функціональні особливості травної системи. Індивідуальна адаптація обох груп поєднує як конформаційні, так і регуляційні механізми, що добре виявляється при функціонуванні карбогідразного та протеазного ланцюгів. Карбогідразна активність мембранного травлення рамчастих коропів характеризується позитивним проксимо-дистальним градієнтом. У лускатих – максимум активності припадає на медіальну ділянку. Пік активності порожнинного травлення рамчастих коропів є в проксимальній ділянці, в лускатих – у медіальній з аналогічним розподілом, як у мембранних карбогідраз. У дистальній ділянці рамчастих коропів виявлено потужну систему мембранного гідролізу і транспорту вуглеводів та білків, що дозволяє їм ефективно використовувати високовуглеводнево та білкововмісні корми.

Загальна мембранна протеолітична активність рамчастих і лускатих коропів майже однакова, однак в лускатих гідроліз білків відбувається з рівнозначною активністю вздовж кишкової трубки. Аналогічною є ситуація в порожнині кишківника. Така фізіологічна структура дозволяє ефективно розщеплювати важкодоступні білкові субстрати. Ця властивість надає багато переваг цій групі коропа в умовах високої природної кормової бази і штучного підгодовування комбікормами.

Отже, система адаптаційних перебудов лускатої і рамчастої групи цьоголіток коропа є відмінною, що відображається, як на функціональній активності протеаз та карбогідраз в травному тракті, так і на формуванні розмірно-вагової структури в умовах зимового голодування. Проведені дослідження угруповань риб показали, що цьоголітки коропа, які населяють Західний регіон України, можуть слугувати індикатором екологічного стану середовища. Це є підставою для проведення глибшого аналізу їх пристосувальної мінливості на функціональному рівні, досліджуючи активність травних процесів.

**Мінливість функціональної характеристики травної системи коропа за дії важких металів.** Важкі метали, зокрема мідь і свинець, є зручними агентами для дослідження формування реакції організму на інтоксикацію. Вони мають токсикологічну лімітну ознаку і належать до найрозповсюдженіших токсичних забрудників (Касумян А.О., 2001). Спостереження показали, що залежно від концентрації у воді, важкі метали здатні безпосередньо змінювати метаболізм організму цьоголіток, що в кінцевому результаті відображається на морфологічних показниках і збільшує гетерогенність популяції. Травна система, зокрема карбогідразний та протеолітичний ланцюги, відповідає за надходження в організм пластичних та енергетичних структур. Етапи відповіді травної системи рамчастої та лускатої груп коропів на дію цих металів є основою формування їх різноякісності.

Мідь у концентрації 0,002 мг/л (2 ГДК) відчутно впливає на травні процеси обох груп коропа. Вона стимулює в травному тракті коропів ряд адаптивних процесів, які різняться у двох груп. У рамчастого коропа значні перебудови метаболізму відбуваються після 4 діб, коли активність мембранних ферментів знижується майже вдвічі, однак порожнинних - зростає у проксимальній, медіальній та дистальній ділянках кишківника на 126, 813 та на 830 % відповідно. Після 15-ти діб інкубації в токсичному середовищі адаптивні процеси забезпечують такий же рівень активності мембранних карбогідраз, як і в контрольних риб. Однак це викликає підвищену активність порожнинних ферментів у медіальній та дистальній ділянках кишківника. При цій концентрації в рамчастих коропів стимулюються травні процеси, що позитивно впливає на морфологічні показники їх екстер'єру. У лускатого коропа аналогічно відбувається зниження активності мембранних карбогідраз у всіх ділянках у 2,2 рази після 5 діб експозиції. Однак після 17-ти діб пристосування цих коропів виражається у зниженні активності мембранного гідролізу в проксимальній та медіальній ділянках. Натомість порожнинна активність змінюється незначно.

Збільшення концентрації міді у воді в 2,5 рази не дає аналогічного ефекту “нижчої концентрації” в пристосувальній активності травного тракту. Так, після 14 діб експозиції коропів у концентрації 0,005 мг/л активність мембранного травлення рамчастого коропа знизилась уздовж кишкового тракту в середньому в 30 разів. Аналогічна ситуація є і в порожнині кишківника. У коропів лускатої групи під дією такої концентрації міді після 16 діб експозиції активність мембранного травлення зростає в медіальній та дистальній ділянках. З іншого боку, активність в порожнині кишківника знижується так, як і в рамчастих коропів. Очевидно, що у цих порід існують дві відмінні системи детоксикації і, відповідно, адаптації до дії токсичних речовин. Перебудова травної системи спостерігається в обох порід після 3 – 4 діб, що збігається з процесом виходу ентероциту з крипти на вершину ворсинки. Тобто, після цього періоду картина активності мембранних ферментів формується клітинами, які під дією токсичного чинника, змінюють інтрацелюлярні процеси синтезу власне ферментів. Мідь в концентрації 0,005 мг/л негативно впливає на травні процеси рамчастого і на порожнинну активність кишківника лускатого коропа. В останніх існує система детоксикації, яка не активно включається при дії міді в концентрації 0,002 мг/л і є активною при 0,005 мг/л, незважаючи на накопичення металу в кишківнику (табл.3).

У рамчастих коропів порівняно з лускатими вміст міді в тканинах кишківника вищий майже вдвічі. При стабільній інтоксикації йонами міді в концентрації 0,005 мг/л протягом 15 діб у перших вона виводиться з організму, впливаючи на зниження функціональної активності ферментів, в других – вона накопичується, однак активність карбогідраз зростає або дорівнює контрольним значенням.

Свинець характеризується високою токсичністю і здатністю до кумуляції в тканинах риб. У роботі вплив цього елементу в гострих дослідах на активність травних процесів гідролізу вуглеводів показано (рис.1).

З ціллю глибшого розуміння процесу адаптації травної системи до дії свинцю було досліджено активність мембранних ферментів, які локалізовані на поверхні глікокаліксу, в його глибині і на поверхні мембрани. З'ясувалось, що свинець у концентрації 0,2 мг/л виступає стресором, який після доби впливу викликає посилений синтез карбогідраз ентероцитного походження і інгібування порожнинних ферментів.

Таблиця 3

Загальний вміст міді (мкг/г вологої тканини) в кишківнику цьоголіток коропа при експозиції їх в розчині з концентрацією міді 0,005 мг/л ( $n = 30$ ,  $M \pm m$ ,  $p < 0,05$ ).

	Рамчастий короп			Лускатий короп		
	1 *	2	3	1	2	3
Контроль	3,680 ± 0,110	3,673 ± 0,426	4,023 ± 0,012	1,725 ± 0,0518	1,993 ± 0,022	2,934 ± 0,310
15 діб	3,019 ± 0,305	2,308 ± 0,069	3,843 ± 0,094	2,733 ± 0,354	4,736 ± 0,154	4,891 ± 0,342

Примітка: \* - 1,2,3 - проксимальна, медіальна і дистальна ділянки кишківника.

Після трьох діб інтоксикації ентероцитний синтез адаптується до постійної дії свинцю, що приводить активність власне ферментів до контрольного рівня. Однак до цього періоду в дистальній ділянці в глікокаліксі активується система гідролізу, яка порівняно з контролем перевищує його в 3 рази. У лускатих коропів подібна ситуація спостерігалась за дії міді (0,005мг/л). Хоч ці ферменти беруть участь у мембранному травленні, вони можуть мати панкреатичне походження, оскільки є локалізованими в середині глікокаліксу. Також паралельно з цим зростає активність ферментів, адсорбованих на мембрану. Отже, адаптаційний процес травної системи до дії свинцю в лускатих коропів великою мірою пов'язаний із функціональним станом гепатопанкреасу, карбогідрази якого, адсорбуючись на мембрані ентероцитів, приводять до підвищення активності мембранного гідролізу.

Свинець у концентрації 5 мг/л (50 ГДК) може викликати летальний ефект у риб. Ця концентрація спричиняє систему відповідей функціональної активності карбогідраз. У результаті перерозподілу активності ферментів після восьми діб впливу мембранне травлення інгібується в проксимальній ділянці і зростає в дистальній. Порожнинне травлення пригнічується у всій кишквій трубці. Свинець після восьми діб впливу викликає морфологічні зміни апікальної ділянки ентероцита. Змінюється форма мікроворсинки, і у верхніх шарах цитоплазми видно

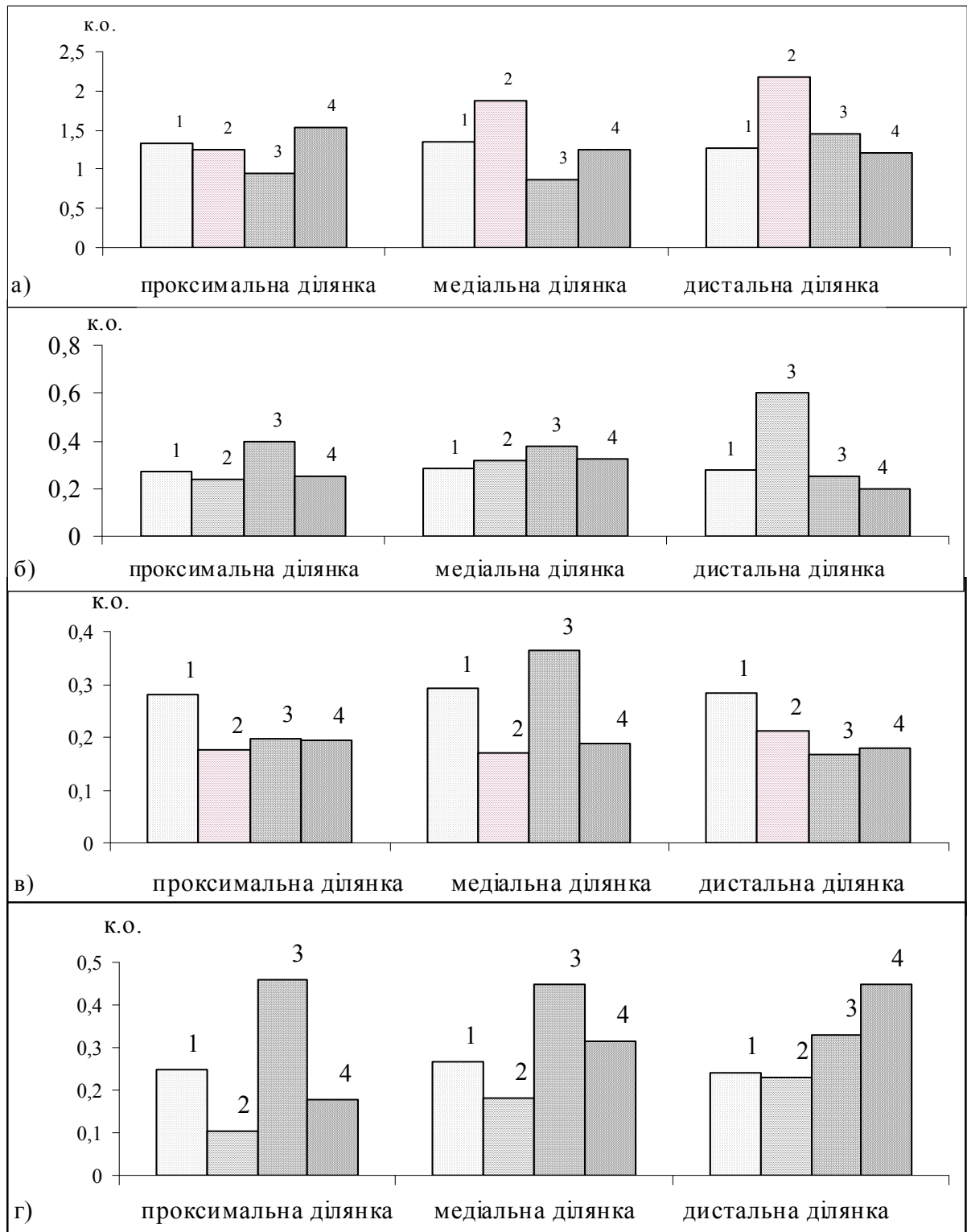


Рис.1. Динаміка активності карбогідраз (мкмоль глюкози × хв<sup>-1</sup> × мг<sup>-1</sup>білка (к.о.)) цьоголіток лускатих коропів, які витримувались у розчині свинцю концентрацією 0,2 мг/л: а) солюбілізованих протягом 5 хв; б) солюбілізованих протягом 30 хв; в) солюбілізованих протягом 60 хв; г) перфузованих із порожнини кишківника: 1 – після 1 доби, 2 – після 3 діб; 3 – після 7 діб; 4 – контроль ( $M \pm m$ ,  $n = 20$ ).

велику кількість ендоцитозних візикул, що свідчить про перебудову гідролітично-транспортної системи. Незважаючи на структурні зміни, захисна система лускатих коропів не дозволяє свинцю чинити суттєвий вплив на карбогідразну активність, від якої залежить екзогенне поступання глюкози, необхідної для боротьби зі стресом.

Протеолітичні ферменти забезпечують гідроліз білків, головного структурного матеріалу клітин. Дослідження впливу міді в концентрації 0,05 мг/л, введеної орально у порожнину кишківника рамчастих і лускатих коропів, виявляється в наступному. Потрапляючи в середину кишківника, вона спочатку інгібує активність протеаз, а через три доби стимулює секрецію мембранних та порожнинних карбогідраз проксимальної ділянки в обох порід, а в лускатих – ще й медіальної. У лускатих коропів протеолітична активність розподілена рівномірно вздовж кишкового тракту. Після трьох діб ентеральної інтоксикації активність протеолізу зростає в медіальній ділянці кишківника у 2,8 рази.

У рамчастих коропів функціональна активність протеолітичних ферментів в медіальній ділянці є найбільш чутливою до ентеральної інтоксикації міддю. У лускатих – аналогічною є активність у дистальній ділянці.

**Узагальнення даних за матеріалами польових спостережень та експериментів.** Мінливість екстер'єрних та інтер'єрних показників, які характеризують рівень живлення, є пристосуванням популяційного угруповання до зовнішнього середовища. Спрямованість відповіді організму риб виявляє величину впливу несприятливих умов. Цьоголіти коропа рамчастої і лускатої груп мають специфічні характеристики екстер'єрних та інтер'єрних ознак. Дія несприятливих умов викликає у них втрату апетиту, яка на фізіологічному рівні виражається в інгібуванні активності травних ферментів. Мінливість екстер'єрних показників визначається лише протягом певного періоду часу, однак у комплексі з фізіологічними показниками вони складають індикаторні системи.

До кожної групи за лускатістю слід ставитись, як до окремого індикатора. Аналіз крові обох груп виявив, що кількість альбумінів у сироватці рамчастих коропів є нижчою, порівняно з лускатими, і служить ознакою зменшення потреби в білках, що виконують транспортну функцію. Підвищений рівень глобулінових фракцій вказує на кращу, порівняно з лускатими цьоголітками, опірність до умов зимівлі (Забитівський Ю.М, Тучапський Я.В., Шемчук В.Р., 2001).

Помічена відмінність у травній системі дозволяє використовувати функціональні характеристики ділянок кишківника для оцінки умов токсичності водного середовища. Комбінація активності мембранних і порожнинних карбогідраз виступає чутливим індикатором наявності у воді токсикантів. Так, через 3 - 4 доби після поміщення рамчастих коропів у токсичне середовище зростає активність карбогідраз у всіх ділянках кишківника. Це показує, що організм перебуває в піковій фазі активної відповіді на стрес, викликаний небезпечною інтоксикацією. Якщо активність

висока лише після однієї доби впливу, а далі вона нормалізується – це говорить про невисоку токсичність середовища.

Постійне зростання протягом семи діб активності мембранних карбогідраз, після чого настає її різке спадання, говорить про високу токсичність води, до якої важко адаптуватись. Активність мембранних і порожнинних ферментів у різних ділянках кишківника доповнює токсикологічну картину.

## ВИСНОВКИ

1. У цьоголіток коропа у водоймах рекреаційного і рибогосподарського призначення Західного регіону України спостерігається різноякісність складу популяцій за екстер'єрними та інтер'єрними ознаками. Гетерогенність складу - пристосувальна відповідь угруповання на дефіцит розчиненого у воді кисню і погіршення умов живлення. Кількісне значення ознак, які зв'язані з цими мінливими чинниками середовища, є показовим у груп модального класу.

2. Лускаті коропи краще ніж рамчасті пристосовані до засвоєння їжі з підвищеним вмістом важкотравного білка, оскільки активність протеолітичних ферментів рівномірно розподілена вздовж кишкової трубки, що збільшує термін розщеплення білкових молекул. Рамчасті коропи відрізняються від лускатих високою карбогідразною і протеазною активністю. У дистальній ділянці кишківника добре розвинута система "резервного" гідролізу вуглеводів і білків, яка включається при інтенсивному навантаженні кишківника.

3. За сприятливих умов вирощування в ставах типова група (Мо) цьоголіток рамчастого коропа представлена особинами з більшою масою, яку використовують як корм представників бентофауни. У цьоголіток лускатого коропа такою групою є планктофаги з малою масою.

4. Адаптивність травної системи цьоголіток коропа проявляється у варіації абсолютної і відносно маси гепатопанкреасу і кишківника. Мінливими і відповідно чутливими до відсутності їжі в порядку спадання виявились такі екстер'єрні показники: маса риб, товщина і висота тіла на рівні перших променів грудного і анального плавців. Зниження цих показників корелює ( $r > 0,7$ ) з масою риб.

5. Карбогідразна і протеолітична активність у кишківнику чутлива до дії важких металів. При дії концентрації міді 0,002 мг/л протягом 15 діб у цьоголіток рамчастого коропа активність мембранних карбогідраз знижується в 2,3 рази, порожнинних - 9,2 рази; у цьоголіток лускатого активність мембранного і порожнинного травлення знижується відповідно в 1,3 - 1,5 разів. При впливі у воді міді в концентрації 0,005, свинцю - 0,2 і 5,0 мг/л ширина діапазону граничних значень активності карбогідраз зростає в 0,2 - 46,5 і протеаз - в 1,3 - 16,4 разів.

6. Функціональна активність травного тракту цьоголіток коропа за дії міді в концентрації 0,002 і 0,005 мг/л змінюється згідно каскадного механізму адаптації: через 1-2 доби



спостерігається первинна відповідь, через 4-5 діб – максимальна відповідь, через 7 діб – вихід на новий функціональний рівень з посиленою відповіддю організму, через 14-15 діб – стабілізація гомеостазу.

При концентрації йонів міді 0,002 мг/л у цьоголіток рамчастого коропа після 15 діб експозиції завдяки регуляторним механізмам зберігається такий же функціональний рівень карбогідразного ланцюга, як в контролі. У лускатого коропа подібна інтоксикація пригнічує активність цієї групи ферментів в проксимальній та дистальній ділянках.

Мідь в концентрації 0,005 мг/л після 14 – 16 добової інтоксикації у рамчастого коропа знижує функціональну активність мембранних та порожнинних карбогідраз відповідно в 24,0 і 18,0 разів, виводячись при цьому з кишківника, в лускатого – стимулює карбогідразну активність мембранного травлення в 2,0 рази, накопичуючись в кишківнику.

7. Травна система цьоголіток коропа стійка до змін довкілля в широких межах. У відповідь на вплив свинцю в концентрації 0,2 мг/л зростає синтез карбогідраз ентероцитного походження у всіх ділянках кишківника, після трьох діб - в медіальній ділянці. Після семи діб інтоксикації свинцем в медіальній ділянці настає загальна активація процесів порожнинного та мембранного травлення.

Свинець в концентрації 5 мг/л у воді після доби впливу на лускатого коропа стимулює активність мембранних карбогідраз у всіх ділянках кишківника, призводячи до їх інтенсивної секреції у порожнину. Після сьомої доби інтоксикації це спричиняє миттєве підвищення, а пізніше є причиною зниження активності карбогідраз в компенсаційній дистальній ділянці.

8. Порушення під впливом свинцю функціонування гідролітично-транспортної системи підтверджують електронно-мікроскопічні дослідження. Після восьми діб інтоксикації свинцем в концентрації 5 мг/л мікроворсинки ентероцитів деформуються, з'являється велика кількість ендоцитозних візукул, що говорить про порушення синтезу та секреції ферментів і зростання активності ендоцитозу, як альтернативного способу транспорту нутрієнтів.

9. По завершенні однієї доби після орального введення, мідь в концентрації 0,05 мг/л безпосередньо стимулює секрецію порожнинних та інгібує активність мембранних протеаз у рамчастих та лускатих коропів.

10. Морфологічні ознаки і динаміка активності травних ферментів цьоголіток коропа з різним лускатим покривом є чутливим індикатором стану угруповань риб в нестабільних умовах існування.

### **Список опублікованих праць за темою дисертації:**

Ялынская Н.С., Забытиский Ю.М. Гетерогенность популяций сеголеток карпа при различных условиях выращивания // Гидробиол. журн. – 2000. - Т. 36, № 1. - С.56 - 63. (Забитівським Ю.М.

виконано дослідження угруповання цьоголіток коропа в рибгоспі “Великий Любін” , проведено обробку даних і графічне оформлення).

Забитівський Ю.М., Тучапський Я.В., Шемчук В.Р. Особливості біології лускатої і рамчастої порід українського коропа любінського внутрішньопорідного типу // Рибне господарство - К. - 2001. Вип. 59-60. - С. 22 - 29. (Забитівським Ю.М. досліджено і описано закономірності травлення цьоголіток коропа обох порід, проведений аналіз фізіологічних даних з врахуванням рибничих показників, оформлення).

Забитівський Ю.М. Функціональна активність карбогідраз цьогорічок коропів любінського внутрішньопорідного типу при інтоксикації свинцем // Наукові записки Тернопільського педуніверситету ім. Володимира Гнатюка. Серія “Біологія”. - 2001. № 3 (14). - С. 193 - 195.

Забитівський Ю.М. Пластичність цьогорічок коропів в мінливих умовах вирощування // Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини імені С. З. Гжицького. - 2001. Т.3, № 1. - С. 11 - 16.

Забитівський Ю.М. Вплив сублетальних концентрацій свинцю на активність травних ферментів цьогорічок коропів // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. - 2002. Вип. 28. - С. 215 - 226.

Забитівський Ю.М. Карбогідразна активність кишківника рамчастої та лускатої порід коропа любінського внутрішньопорідного типу під впливом міді // Наукові записки Тернопільського педуніверситету ім. Володимира Гнатюка. Серія: біологія, № 2 (17). – 2002. – С. 105 – 109.

Ялинська Н.С., Олексів І.Т., Андрущишин О.П., Думич О.Я., Єдинак О.П., Хамар І.С., Забитівський Ю.М. Групове пристосування тварин в ставах при коливанні факторів середовища, які виходять за межі видової норми реакції // Тези доповідей другого з'їзду гідроекологічного товариства України. Том 1.- К.,1997. - С. 95 - 96.

Забитівський Ю.М. Про пристосувальну мінливість екстер'єрних показників цьогорічок коропа в умовах голодування // Тези доповідей другого з'їзду гідроекологічного товариства України. Том 2. - К., 1997. - С. 19 - 20.

Забитівський Ю.М. Про ферментну активність мембранного та порожнинного травлення цьогорічок коропів під впливом важких металів // Тези міжнар. конф. “Питання біоіндикації і екології. - Запоріжжя., 1998. - С. 94.

Забитівський Ю.М. Морфо-фізіологічні показники стану травної системи цьогорічок коропа при порушенні видової норми реакції // Матеріали I Всеукр. наук. конф. “Екологічний стрес і адаптація в біологічних системах”. - Тернопіль: Тернопільський держ. педагог. університет ім. В.Гнатюка, 1998. - С. 82 - 83.

Забитівський Ю.М. М'нлив?сть морфолог?чних ознак і активності травлення у коропа залежно в?д умов існування. - Рукопис.

Дисертац?я на здобуття наукового ступеня кандидата б?олог?чних наук за спец?альн?стю 03.00.10 - ?хт?олог?я. ?нститут рибного господарства УААН, Ки?в. - 2003.

Дисертац?я присвячена вивченню пристосувально? м?нливост? морфолог?чних показник?в цьоголіток коропа ? активност? ?х травних процес?в п?д впливом нестаб?льних умов вирощування: низьк? температури, деф?цит розчиненого у воді кисню, недостатн?сть природної кормово? бази, ? за д?? важких метал?в – м?д? та свинцю.

В робот? продемонстровано пристосувальну м?нлив?сть б?ох?м?чних процес?в в кишковому тракт? до р?знотерм?ного впливу сублетальних концентрац?й важких метал?в. Показано узгоджену д?ю мембранних та порожнинних г?дрол?тичних фермент?в, яка найактивн?ше спрацьову? на 4-5 добу ?нтотоксикац??. Виявлено, що м?нлив?сть цьогор?чок люб?нського коропа рамчасто? ? лускато? пор?д обумовлена р?зною локал?зац?єю ? функц?ональною активн?стю травних фермент?в, що беруть участь в г?дрол?з? вуглевод?в ? б?лк?в.

**Ключов? слова:** м?нлив?сть, цьоголітка, короп, травлення, карбог?дрази, протеази, ?нтотоксикац?я, м?д?, свинець, адаптац?я.

Забывитский Ю.М. Изменчивость морфологических показателей и активности пищеварения у карпа зависимо от условий существования. - Рукопись.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.10 - ихтиология. Институт рыбного хозяйства УААН, Киев, - 2003.

Диссертация посвящена изучению приспособительной изменчивости морфологических показателей сеголеток карпа и активности их пищеварения под влиянием нестабильных условий выращивания: при низкой температуре, дефиците растворенного в воде кислорода, недостаточности кормовых ресурсов и под влиянием тяжелых металлов (меди и свинца).

Сеголетки карпа Западного региона Украины используют приспособительную изменчивость для эффективного использования естественной кормовой базы водоемов, а также для выживания в ухудшающихся условиях существования, таких как кратковременная гипоксия, а также зимний анабиоз. В процессе летнего голодания выявлено, что наиболее вариабельными являются показатели массы карпа, толщины и высоты тела на уровне первого луча спинного и брюшного плавника.

В основании приспособительной изменчивости морфологических показателей карпа лежит функциональная активность пищеварительных ферментов – карбогидраз и протеаз. Исследование

мембранного и полостного пищеварения показало зависимость процессов адаптации от локализации ферментной активности.

Продemonстрировано приспособительную изменчивость биохимических процессов в кишечнике к разновременному влиянию сублетальных концентраций тяжёлых металлов. Показано совместное функционирование мембранных и полостных гидролитических ферментов, которое наиболее деятельно на 4 - 5 сутки интоксикации.

Найдено, что изменчивость любинского карпа рамчатого и чешуйчатого групп обусловлена разной локализацией и неоднотипной функциональной активностью пищеварительных ферментов, участвующих в гидролизе углеводов и белков. Карпы, отличающиеся чешуйчатым покровом, обладают разными системами детоксикации, о чем говорит различие в процессах накопления меди. После 15 суток интоксикации, у рамчатых карпов медь выводится с тканей кишечника, у чешуйчатых – наблюдается накопление.

В процессе интоксикации свинцом сублетальной концентрации, пищеварение осуществляется также за счет эндоцитозного пути, о чем свидетельствуют эндоцитозные везикулы в апикальной области энтероцита.

Обсуждается возможность использовать морфофизиологические показатели сеголетков карпа, включая активность мембранного и полостного пищеварения, в индикаторных целях при проведении биомониторинга водоемов.

**Ключевые слова:** изменчивость, сеголетка, карп, пищеварение, карбогидразы, протеазы, интоксикация, медь, свинец, адаптация.

Zabytivs'kiy Y.M. The changeability of the morphological indices and digestion activity of one year living carps in dependence on growth conditions. - Manuscript

Dissertation for competition on scientific degree of candidate of biological sciences on the speciality 03.00.10 - ichthyology. Ukraine academy of agrarian science, Institute of fisheries, Kyiv, 2003.

Dissertation is dedicated to the study of adaptive changeability of morphological indices of one year living carps and activity of digestive processes under the influence of non-stable growth conditions: low temperatures, dissolved oxygen deficite, fodder's unsufficiency and under the action of heavy metals: copper and lead.

The adaptive changeability of biochemical processes to different term influence of heavy metals sublethal concentrations in digestive tract was demonstrated in the thesis. Coordinated action of membrane and cavity hydrolytical enzymes which is most active on the 4-5 th day of intoxication was shown. It was revealed that changeability of one year living two subraces Lyubin's carps is conditioned on different localization and functional activity of digestive enzymes which take part in hydrolysis of carbohydrates and proteins.

Key words: carp, digestive, carbohydrazase, protease, chaevy metals, cooper, lead.

Підписано до друку 1.08.2003 р.

Формат 60 X84/16. Офс. Друк.

Тираж 100 прим.

---

Відділ наукового маркетингу,

Інститут рибного господарства УААН

03164 м.Київ, вул. Обухівська, 135