

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ГІДРОБІОЛОГІЇ

ЛЯВРІН БОГДАН ЗІНОВІЙОВИЧ

УДК 577.125 : 597.5: 556.53 : 477.84

**ЛІПІДНИЙ ОБМІН У РИБ МАЛИХ РІЧОК
ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ**

03.00.10 – іхтіологія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Київ – 2020

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль

Науковий керівник: доктор біологічних наук, професор
Курант Володимир Зіновійович,
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка,
професор кафедри хімії та методики її навчання

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук,
старший науковий співробітник
Потрохов Олександр Спиридонович,
Інститут гідробіології НАН України,
завідувач відділу біології відтворення риб

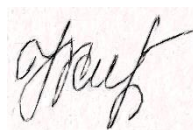
кандидат біологічних наук, доцент
Маренков Олег Миколайович,
Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара,
завідувач кафедри загальної біології та водних
біоресурсів

Захист дисертації відбудеться «10» квітня 2020 р. об 11 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.213.01 в Інституті гідробіології НАН України за адресою: 04210, м. Київ, просп. Героїв Сталінграда, 12.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту гідробіології НАН України за адресою: 04210, м. Київ, просп. Героїв Сталінграда, 12.

Автореферат розісланий « 7 » березня 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор біологічних наук



Н.І. Кірпенко

ВСТУП

Актуальність теми. Малі річки містять основні запаси прісних вод України і відіграють значну роль в економіці населення в їх басейнах. За оцінками спеціалістів, вони формують 60 % сумарних водних ресурсів України (Лесников, 1973; Feder, 1999; Клименко, 2007). Ці водотоки мають низку особливостей, які необхідно враховувати при розробці заходів їх раціонального використання та охорони. Вони є дуже чутливими до антропогенного впливу. Сотні малих річок повністю або частково зникли через природні та природно-антропогенні причини: зміни клімату, трансформацію русел, природні сукцесійні процеси, осушувальну меліорацію, забір води для господарських цілей, зведення водосховищ, вирубування лісів, розорювання земель, розширення площ населених пунктів, розбудову промислових вузлів і транспортних шляхів тощо (Водогрєцкий, 1990; Мольчак, 2004; Бияк, 2013).

Особливо гострою є проблема забруднення малих річок стічними водами промислових підприємств, сільськогосподарського виробництва та комунального господарства. У воду та донні відклади потрапляє велика кількість органічних речовин, сполук фосфору та азоту, пестицидів, важких металів, детергентів, хлоридів, сульфатів тощо (Сніжко, 2001). Погіршення екологічного стану річок та якості води призводить до зниження біопродукційних характеристик водних об'єктів, об'ємів вилову риби та якості рибної продукції (Гандзюра, 1998; Клименко, 2007). Зниження рибопродуктивності малих річок вимагає створення нових технологій вирощування та одержання рибної продукції, постійного впровадження науково-обґрунтованих природоохоронних і екологічних заходів з урахуванням видових особливостей іхтіофауни, а також стану водного середовища (Сташишен, 2010).

Будь-яка зміна хімічного складу води неминує веде до зміни функціональних показників метаболізму гідробіонтів взагалі та риб зокрема (Грициняк, 2010; Бияк, 2013). Зміни в організмі гідробіонтів, які відбуваються за дії цих чинників, дуже різноманітні і можуть бути виявлені морфологічними, гістологічними, фізіологічними та біохімічними методами (Грубінко, 1995; Давыдов, 2001; Костецкий, 2018). Це в свою чергу може бути використано для біоіндикації водних об'єктів (Моисеєнко, 2009).

Ліпіди відіграють важливу роль в процесах життєдіяльності риб. Вміст та співвідношення окремих класів ліпідів в клітинах різних тканин риб – досить лабільна система, яка відображає адаптивні зміни в їх організмі та залежить від умов середовища, кормової бази, рухової активності, віку (Грициняк, 2010; Костецкий, 2018). Тому для пошуку причин зменшення продуктивності риб у забрудненому середовищі варто дослідити в їх організмі зміни метаболізму ліпідів, які є одними з основних структурних і метаболічних сполук, відповідальних за формування адаптивних реакцій.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота була складовою частиною досліджень лабораторії екологічної біохімії кафедри

хімії та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка і виконувалася в рамках науково-дослідницької теми держбюджетної тематики Міністерства освіти і науки України «Фізіолого-біохімічні механізми формування токсикорезистентності в організмі водяних тварин» (2012–2016 рр., номер державної реєстрації 0112U000275).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження було з'ясування особливостей ліпідного обміну в організмі найбільш поширених прісноводних видів риб (коропа *Cyprinus carpio* L., карася *Carassius gibelio* Bloch., окуня *Perca fluviatilis* L. та щуки *Esox lucius* L.) в умовах антропогенного навантаження на малі річки Західного Поділля (Серет, Стрипа, Золота Липа) та встановлення механізмів формування токсикорезистентності риб.

Поставлена мета була реалізована шляхом вирішення таких завдань:

- вивчити вміст металів (Fe, Co, Mn, Zn, Cu) у воді, донних відкладах та береговому ґрунті із річок Серет, Стрипа та Золота Липа;
- вивчити вміст загальних ліпідів, а також їх фракційний склад у зябрах, печінці та м'язах досліджуваних видів риб із річок Західного Поділля;
- провести порівняльну характеристику вмісту продуктів пероксидного окиснення ліпідів у тканинах досліджених видів риб;
- дослідити окремі гематологічні показники риб із малих річок Західного Поділля;
- проаналізувати залежність досліджуваних показників від рівня забруднення водного середовища.

Об'єкт дослідження: особливості ліпідного обміну в тканинах окремих видів риб із малих річок Західного Поділля.

Предмет дослідження: механізми формування токсикорезистентності в організмі прісноводних риб.

Методи дослідження: загальноприйнятні методи відбору зразків тканин, атомно-абсорбційна спектрофотометрія, тонкошарова хроматографія, спектрофотометрія, ультрацентрифугування, гематологічні, іхтіологічні, варіаційно-статистичні методи.

Наукова новизна одержаних результатів. Отримані нові дані щодо вмісту металів (Fe, Co, Mn, Zn, Cu) у воді, донних відкладах та береговому ґрунті річок Серет, Стрипа та Золота Липа, які відмінні за характером антропогенного впливу (Стрипа – умовно чиста, Золота Липа – урбонавантажена, Серет – сільськогосподарськонавантажена зона).

Вперше проведено порівняння міжвидових особливостей вмісту ліпідів та їх фракційного складу в окремих тканинах коропа лускатого, карася сріблястого, окуня звичайного та щуки звичайної. Досліджено закономірності ліпідного складу тканин у організмі зазначених видів риб, виловлених з річок Серет, Стрипа та Золота Липа. Показана важлива роль ліпідів клітинних мембран у процесах адаптації риб до змін гідрохімічного складу води. Проаналізовано процеси пероксидного окиснення ліпідів в організмі досліджених видів риб, а також вивчено їх гематологічні показники. Розширено уявлення про роль ліпідного обміну в формуванні токсикорезистентності

організму риб та розглянуто можливість використання отриманих результатів для оцінки стану оточуючого водного середовища.

Практичне значення одержаних результатів. Враховуючи те, що фізіолого-біохімічні показники тканин риб об'єктивно відображають стан водних організмів у конкретних умовах водного середовища, одержані дані щодо змін ліпідного складу, гематологічних показників та показників пероксидного окиснення ліпідів можуть бути використані для розробки методів виявлення біологічних ушкоджень у риб та оцінки комплексного забруднення водного середовища у ставковому рибництві.

Результати досліджень можуть використовуватися у вузах при викладанні навчальних дисциплін «Водна токсикологія», «Екологічна фізіологія і біохімія», «Експериментальна екологія», «Екологічний моніторинг» для студентів природничих спеціальностей.

Особистий внесок здобувача. Автором самостійно проаналізовано фахову літературу з даної тематики, власноруч виконано експериментальну частину дисертаційної роботи, проведено статистичну обробку результатів. З допомогою наукового керівника здійснено аналіз та узагальнення отриманих результатів, сформульовані висновки і запропоновані рекомендації за результатами проведених досліджень. Друковані праці підготовлені безпосередньо автором з наступним обговоренням зі співавторами.

Апробація результатів роботи. Результати досліджень апробовано на: IV Міжнародній іхтіологічній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології» (Одеса, 2011); Всероссийской конференции с международным участием «Физиологические, биохимические и молекулярно-генетические механизмы адаптации гидробионтов» (Борок, 2012); VIII Международной научно-практической конференции *Pontus Euxinus 2013* по проблемам водных экосистем, посвященной 50-летию Института биологии южных морей НАН Украины (Севастополь, 2013); II регіональній науково-практичній коференції «Дослідження флори і фауни Західного Поділля» (Тернопіль, 2013); VII міжнародній іхтіологічній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології» (Мелітополь, 2014); V Всероссийской конференции по водной экотоксикологии «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы» (Борок, 2014); Всеукраїнській науково-практичній конференції, присвяченій 20-річчю заснування Голицького біостаніонару Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка (Тернопіль, 2018); XII Українському біохімічному конгресі (Тернопіль, 2019); XII Міжнародній іхтіологічній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології» (Дніпро, 2019); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2019» (Тернопіль, 2019); VIII з'їзді гідроекологічного товариства України (Київ, 2019).

Публікації. Результати проведених наукових досліджень опубліковано в 6 статтях у наукових фахових журналах та 11 матеріалах наукових з'їздів, симпозіумів і конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, огляду фахової літератури, матеріалів та методів дослідження, 4 розділів власних досліджень, аналізу отриманих результатів, висновків, списку використаних джерел (230 найменувань, з них 106 латиницею). Роботу викладено на 178 сторінках комп'ютерного тексту та ілюстровано 67 рисунками і 9 таблицями.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ЛІПІДНИЙ ОБМІН В ОРГАНІЗМІ РИБ ЗА ДІЇ РІЗНИХ ЧИННИКІВ ОТОЧУЮЧОГО ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Автором проведено аналіз даних, наявних у фаховій літературі, щодо структурного та функціонального значення ліпідів у організмі риб. Показано роль ліпідів у адаптації гідробіонтів до несприятливих чинників середовища (температура, солоність, хімічне забруднення) шляхом зміни співвідношення окремих класів ліпідів, їх жирнокислотного складу та просторової орієнтації жирнокислотних хвостів у біологічних мембранах. Проаналізовано регуляторну роль ліпідів у функціонуванні мембранних ферментів та можливість їх використання як біомаркерів стану організму риб.

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛИХ РІЧОК ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ

У розділі проведено аналіз екологічного стану річок Серет, Стрипа та Золота Липа (басейн Дністра). Показано характер їх живлення, напрям протікання, основні притоки, зарегульованість та хімічний склад води. Проаналізовано основні чинники та наслідки антропогенного впливу на малі річки: хімічне забруднення, меліорація, регулювання русла, розорювання заплавної землі, надмірний водовідбір тощо. Показано необхідність забезпечення та удосконалення механізмів моніторингу, охорони і відновлення водних екосистем малих річок.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проби води, донних відкладів та берегового ґрунту відбирали із трьох малих річок Західного Поділля: Серету, Стрипи та Золотої Липи. Річки знаходяться в трьох зонах, відмінних за характером антропогенного впливу. Так, річка Стрипа – умовно чиста зона, Золота Липа – урбанавантажена зона, Серет – сільськогосподарськонавантажена зона (Прокопчук, 2017). Визначення гідрохімічних показників проводили за загальноприйнятими методиками (Арсан, 2006). Дослідження вмісту Феруму, Кобальту, Мангану, Цинку та Купруму у воді, донних відкладах та ґрунті проводили методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

Із риб об'єктами дослідження були короп лускатий *Cyprinus carpio* L., щука звичайна *Esox lucius* L., карась сріблястий *Carassius gibelio* Bloch, та окунь звичайний *Perca fluviatilis* L. Для дослідження брали особини масою 290–330 г, 300–350 г, 150–230 г, та 170–230 г відповідно безпосередньо перед експериментом із зазначених вище річок. Відбирали зразки зябер, передньої долі печінки, білих м'язів спини та кров.

Тканини подрібнювали на холоді в скляних гомогенізаторах з наступним екстрагуванням загальних ліпідів з тканин хлороформ-метаноловою сумішшю у відношенні 2:1. Кількість загальних ліпідів у тканині визначали ваговим методом після відгонки екстрагуючої суміші (Кейтс, 1975). Розділення ліпідів на фракції проводили методом висхідної одномірної тонкошарової хроматографії (Копытов, 1983). Кількість неполярних ліпідів визначали дихроматним методом (Прохоров, 1982), вміст фосfolіпідів – за кількістю фосфору спектрофотометрично методом Васьковського (Vaskovsky, 1985). Дослідження вмісту гідропероксидів здійснювали за загальноприйнятою методикою (Миرونчик, 1984), а кількість ТБК-активних продуктів вимірювали після реакції з 2-тіобарбітуровою кислотою (Стальная, 1985).

Досліди проводили відповідно до правил Європейської конвенції про гуманне ставлення до лабораторних тварин (European..., 1986). Результати досліджень були статистично опрацьовані з використанням стандартного пакету програм Microsoft Office 2013 та t-критерію Стьюдента для визначення достовірної різниці ($p < 0,05$) (Лакин, 1990).

ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОХІМІЧНОГО РЕЖИМУ РІЧОК ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ З РІЗНИМ СТУПЕНЕМ НАВАНТАЖЕННЯ

Аналіз гідрохімічних показників показав, що величина рН вод досліджених річок перебуває практично на одному рівні (табл. 1). Найвищий показник твердості спостерігали у р. Серет, а найнижчий – у водах р. Стрипа. Найвище значення перманганатного індексу – у воді із р. Золота Липа, дещо нижче – у водах р. Серет, а у воді із р. Стрипа він у 2,3 рази нижчий, ніж в річці Золота Липа.

Вміст кисню у воді знижується від р. Стрипа до р. Серет та р. Золота Липа. Найвищий вміст нітратів зафіксований у р. Золота Липа, на 23% він нижчий у р. Серет, а найнижчий вміст нітратів – в р. Стрипа, що на 70% менше, ніж у водах р. Золота Липа. Вміст нітритів зростає в низці річок Стрипа→Серет→Золота Липа. Вміст фосфатів в досліджених нами водоймах знаходиться практично на одному рівні та не перевищує встановлених норм.

Таблиця 1

Гідрохімічний стан поверхневих вод малих річок Західного Поділля ($M \pm m, n=5$)

	Серет	Стрипа	Золота Липа
рН	7,32±0,18	7,63±0,13	7,48±0,06
Твердість, мг-екв/дм ³	7,83±0,15	5,82±0,17	6,65±0,45
Перманганатний індекс, мгО/л	7,56±0,29	3,59±0,35	8,32±0,46
Кисень, мгО ₂ /дм ³	6,45±0,34	7,13±0,19	5,41±0,25
Нітрати, мг/л	5,61±0,99	2,24±0,39	7,33±4,16
Нітрити, мг/л ($\times 10^{-1}$)	0,39±0,02	0,31±0,04	0,45±0,05
Фосфати, мг/л	0,20±0,04	0,26±0,02	0,24±0,08

Метали є невід'ємними компонентами природних водойм. Встановлено, що вміст Феруму у всіх водоймах має найбільші значення порівняно з іншими металами. Так, за кількісним вмістом у поверхневих водах метали розподіляються наступним чином: Fe→Mn→Zn→Co→Cu – у річках Серет та Золота Липа, а для р. Срипи низка розподілу металів набуває дещо іншого

характеру – Fe→Co→Mn →Zn →Cu. Підвищений вміст Феруму у всіх річках та Мангану у р. Золота Липа ймовірно спричинений їх надходженням із донних відкладів. Так, найвищий вміст Феруму у валовій формі зафіксовано у донних відкладах р. Стрипа, що на 30% більше, ніж в р. Золота Липа, та на 65% більше ніж в донних відкладах р. Серет. Вміст Мангану у донних відкладах (валова форма) зростає в низці Серет→Стрипа→Золота Липа. Найбільшу кількість Цинку спостерігали у донних відкладах р. Серет, в 2 рази його менше в р. Золота Липа, а найменше – в донних відкладах річки Стрипи. Вміст Купруму та Кобальту у донних відкладах всіх досліджених нами річок знаходився практично на одному рівні. Найвищий вміст валової форми Феруму та Мангану спостерігали в береговому ґрунті Золотої Липи. Найбільшу кількість Цинку виявили у ґрунті берегу Стрипи. Вміст Кобальту знаходився практично на одному рівні у всіх досліджених об'єктах. Концентрація Купруму є однаковою у береговому ґрунті річок Серет та Стрипа, а у р. Золота Липа вона на 30% вища. Щодо вмісту рухомої форми металів берегового ґрунту, то тут спостерігається інша послідовність. Для досліджених нами річок розподіл концентрації металів характеризується низкою: Mn→Fe→Zn→Cu→Co.

В цілому, висока концентрація окремих металів у донних відкладах та береговому ґрунті є джерелом їх надходження у поверхневі води.

АДАПТИВНІ ЗМІНИ ВМІСТУ ЛІПІДІВ ТА ПРОДУКТІВ ЇХ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСНЕННЯ В ОРГАНІЗМІ ДОСЛІДЖЕНИХ ВИДІВ РИБ МАЛИХ РІЧОК ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ

Проаналізовано особливості обміну та вмісту окремих класів нейтральних та фосфоровмісних ліпідів в тканинах досліджуваних видів риб.

Короп. Загальний вміст ліпідів (табл. 2) у зябрах коропа з р. Серет і Стрипа знаходиться практично на одному рівні і значно перевищує його у риб, взятих з р. Золота Липа. Найвищий вміст загальних ліпідів у печінці та м'язах відмічено у коропа із р. Серет, а найнижчий – у риб із р. Золота Липа.

Таблиця 2

Вміст загальних ліпідів в тканинах коропа із малих річок Західного Поділля
(мг/г сирової тканини, $M \pm m$, $n=5$)

Тканина	Серет	Стрипа	Золота Липа
Зябра	26,68 ± 1,53	28,07 ± 1,50	14,67 ± 0,82*
Печінка	71,27 ± 6,13	64,60 ± 4,69*	40,80 ± 7,82*
М'язи	25,43 ± 1,42	24,62 ± 2,18	11,33 ± 0,92*

*-Тут і далі різниця порівняно із даними представників із р. Серет статистично достовірна, $p < 0,05$.

Дані щодо вмісту фракцій нейтральних ліпідів в тканинах зябер коропа із малих річок Західного Поділля показують, що найвища кількість ТАГ є в зябрових клітинах коропів з р. Золота Липа (табл. 3). Їх вміст був нижчим у риб з річок Серет та Стрипа. Найнижчий вміст НЕЖК та МАГ було відмічено у зябрах риб із р. Стрипа. Найвищою частка ХЛ та ФЛ була у зябрах коропів із р.

Стрипа. У зябровому епітелії риб з двох інших досліджених водойм вміст ХЛ був нижчим і майже рівним (16,3 % та 16,5 %).

Аналіз отриманих даних показав, що частки фосфоліпідів у печінці коропів із річок Серет, Стрипа і Золота Липа вірогідно відрізнялися, становлячи відповідно 38,4 %, 36,4 % та 32,1 % від сумарної кількості ліпідів (табл. 3). Щодо вмісту нейтральних ліпідів в тканинах печінки коропа, то вміст ТАГ був найвищим в гепатоцитах коропа із р. Серет (15,82 %), у 2,9 та 13,1 рази він був нижчим у печінці риб з річок Золота Липа та Стрипа. Також відмічено високий вміст НЕЖК та МАГ у печінці коропів із р. Стрипа та Золота Липа. Частка ХЛ в печінці була найвищою у риб, виловлених із р. Стрипа (26,5 %), а найнижчою – у гепатоцитах коропів із р. Серет (21,7 %).

Аналіз отриманих результатів показав, що частки фосфоліпідів у м'язах коропів із річок Серет, Стрипа і Золота Липа становили 47,4 %, 45,7 % та 38,9 %. Найвищим у м'язах коропа був вміст НЕЖК (від 14,5 % у р. Серет до 16,1 % у р. Стрипа) та ХЛ (від 14,7 % у р. Серет до 23,3 % у р. Золота Липа). При цьому вміст ХЛ зростав в низці річок Серет→Стрипа→Золота Липа. Слід відмітити високий вміст МАГ, НЕЖК та найнижчий вміст ТАГ у риб із річки Золота Липа, що вказує на активне використання ліпідів м'язів для енергетичних потреб риб.

Таблиця 3

Фракційний склад ліпідів коропа з малих річок Західного Поділля (M±m, n=5)

		Нейтральні ліпіди, %					Фосфоліпіди, %					
		ТАГ	НЕЖК	ДАГ	ХЛ	МАГ	ЛФХ	ФІ	СФМ	ФХ	ФС	ФХ
1	З	5,3±1,9	7,8±2,7	6,6±1,1	18,9±1,6	5,0±1,3	5,6±0,4	6,1±1,8	8,4±0,5	46,5±1,4	7,3±0,6	26,1±1,3
	П	1,2±0,7	16,4±2,4	3,9±0,9	26,5±2,9	15,5±0,7	4,61±0,3	6,7±1,6	8,1±0,8	40,8±1,2	5,5±0,5	34,3±0,9
	М	9,6±0,6	16,1±1,8	6,4±1,8	17,0±1,1	5,3±0,1	3,5±1,4	6,0±0,5	6,3±0,8	45,2±1,9	3,3±0,4	35,7±1,1
2	З	6,7±1,6	11,8±3,1	6,3±0,6	16,3±2,4	5,3±1,5	3,6±0,4	7,1±0,9	5,8±0,6	50,4±0,7	7,5±0,5	25,5±0,6
	П	15,8±1,0	11,5±1,7	8,2±0,8	21,7±2,1	4,4±0,8	10,5±1,1	4,8±0,8	8,5±1,1	37,5±1,3	7,0±0,4	31,7±0,6
	М	11,2±2,5	14,5±2,5	4,6±2,3	14,7±2,8	7,5±0,8	3,6±0,6	6,5±0,7	5,6±0,6	44,6±0,6	3,3±0,5	36,4±0,9
3	З	10,5±0,8	19,4±3,3	1,3±0,4	16,5±1,8	11,2±0,8	4,2±0,1	3,4±0,5	11,±0,9	35,6±1,0	4,6±0,5	40,9±0,8
	П	5,4±0,6	15,3±4,8	9,2±2,6	22,2±3,0	15,9±4,4	3,7±1,8	7,0±0,6	5,2±0,8	47,9±0,7	11,1±1,2	25,1±1,9
	М	7,2±1,7	15,7±0,9	3,7±0,7	23,3±2,5	11,3±1,0	1,7±1,0	2,7±0,9	7,5±0,7	47,0±1,1	2,5±0,6	39,1±0,9

Примітки. Тут. і в табл. 5,7,9: 1 - умовно чиста зона, р. Стрипа; 2 – сільськогосподарськонавантажена зона, р. Серет; 3- урбонавантажена зона, р. Золота Липа; З-Зябра; П-Печінка; М-М'язи

Частки фосфоліпідів у зябрах коропів з досліджуваних водотоків значно відрізняються (див. табл. 3). Так, частки ФХ, ФС та ФІ у клітинах зябер риб пропорційно зменшувалися, а вміст СФМ зростав у низці Серет-Стрипа-Золота Липа. Частка ЛФХ була найменшою у зябрах риб із р. Серет (3,6 %), а найвищою – у представників, виловлених з р. Стрипа (5,6 %).

Для печінки коропа, порівняно з зябрами, було виявлено інші закономірності фосфоліпідного складу. Так, відмічено максимальну кількість ФХ в гепатоцитах риб, виловлених з р. Золота Липа – 47,9 %, тоді як вміст СФМ був найменшим – 5,2 % від загальної кількості ліпідів. Разом з тим,

мінімальна кількість ФХ та найвища концентрація ЛФХ була відмічена в печінці коропа із р. Серет. Відсотковий вміст ФЕА був найвищий у печінці риб і знижувався в низці представників з річок Стрипа-Серет-Золота Липа. Слід відзначити, що на противагу зябрам в печінці коропів з р. Золота Липа спостерігалася найбільша частка ФІ та ФС – 7,0% та 11,1 % від загальної кількості ліпідів відповідно.

Вміст ФХ та ФЕА у м'язах коропа був найбільшим і становив близько 45–47 та 36–39 % від загального вмісту фосфоліпідів. Найменшу кількість ЛФХ, ФІ та ФС було виявлено у м'язах риб із р. Золота Липа – 1.7 %, 2.3% та 2.5 %, а найбільшу – у м'язовій тканині риб з р. Серет – 3.6 %, 6.5% та 3.3 % відповідно. Частка СФМ була найбільшою у м'язах коропа з р. Золота Липа (7.5 %), а найменшою – в цій тканині риб з р. Серет (5.6 %).

Карась. Загальний вміст ліпідів в тканинах карасів з річок Західного Поділля відрізняється від показників коропа (табл. 4). Так, найвищий вміст загальних ліпідів в зябрах карася спостерігали в представників із р. Стрипа, а найнижчий – у риб із р. Золота Липа. У печінці та м'язах карасів має місце лінійне зниження вмісту ліпідів в низці річок Серет → Стрипа → Золота Липа.

Таблиця 4

Вміст загальних ліпідів в тканинах карася із малих річок Західного Поділля
(мг/г сирової тканини, $M \pm m$, $n=5$)

Тканина	Серет	Стрипа	Золота Липа
Зябра	19,73±2,08	21,20±1,83	9,00±0,58*
Печінка	28,26±1,45	22,53±1,17*	13,33±0,82*
М'язи	21,32±1,97	17,60±1,18	11,17±0,76*

Аналіз фракційного складу ліпідів показав, що концентрація ТАГ та ХЛ в зябрах карасів з досліджених річок практично рівна (табл. 5). Концентрація ФЛ знижувалася у низці Серет→Стрипа→Золота Липа. Вміст НЕЖК у зябрах риб з річок Серет і Стрипа був на одному рівні, тоді як у представників з р. Золота Липа – вищим. Частки ДАГ і МАГ були найвищими у риб, виловлених із р. Золота Липа, що вказує на ліполітичну спрямованість обміну. Найнижчими частки МАГ та ДАГ були у зябрах карасів із р. Серет.

Частка ТАГ в печінці карасів із р. Стрипа була найвищою, а у риб із р. Золотої Липи найнижчою (див. табл. 5). Вміст ХЛ та ФЛ суттєво не відрізнявся, за винятком концентрації ФЛ у карасів із р. Золота Липа. Концентрація НЕЖК у риб із р. Серет та р. Золота Липа знаходилась практично на одному рівні, тоді як у представників із р. Стрипа була значно меншою. Концентрація МАГ була найвищою у гепатоцитах риб з р. Золота Липа, що може свідчити про спрямування обміну в бік розпаду ДАГ та ТАГ.

У м'язах карася, як і в коропа, найнижчим рівень ТАГ був у риб із р. Золота Липа, тоді як вміст НЕЖК та МАГ при цьому був найвищим. Вміст ХЛ у м'язах карася був доволі високим і становив 16,9 %, 19,3 % та 15,2 % від загального вмісту ліпідів для риб із річок Серет, Стрипа та Золота Липа.

Таблиця 5

Фракційний склад ліпідів карася з малих річок Західного Поділля ($M \pm m, n=5$)

		Нейтральні ліпіди, %					Фосфоліпіди, %					
		ТАГ	НЕЖК	ДАГ	ХЛ	МАГ	ЛФХ	ФІ	СФМ	ФХ	ФС	ФЕА
1	З	10,1±2,1	8,0±4,4	6,1±2,0	24,6±2,5	9,32,8	1,9±0,2	3,9±0,4	2,2±0,3	47,9±1,2	6,8±0,3	37,3±1,3
	П	18,8±1,7	10,3±2,1	14,1±1,7	17,0±0,7	10,2±3,5	1,9±0,3	2,9±0,4	2,5±0,4	45,7±0,9	6,9±0,5	40,1±2,5
	М	14,5±3,7	13,0±0,2	7,5±1,6	19,3±2,2	8,8±0,8	5,5±1,9	6,9±1,2	6,0±0,4	42,6±1,6	6,3±0,7	32,7±1,0
2	З	8,2±1,8	7,1±1,7	3,3±0,9	26,0±1,5	5,1±0,8	2,7±0,4	3,4±0,4	3,7±0,9	43,1±2,0	4,7±0,7	42,5±2,2
	П	15,9±1,9	14,2±1,6	10,3±0,8	19,3±2,3	5,8±2,9	2,3±0,2	2,0±0,3	2,7±0,4	45,1±1,0	5,1±0,4	42,8±0,4
	М	15,2±2,2	11,2±1,4	10,4±0,7	16,9±2,9	9,2±1,4	5,2±0,9	4,9±1,7	7,6±0,9	40,7±1,9	6,5±0,4	35,2±0,8
3	З	10,0±1,3	13,0±2,4	7,2±2,4	28,6±2,1	10,3±1,3	4,7±0,4	2,1±0,4	5,4±0,3	37,4±2,3	3,6±0,7	46,7±2,1
	П	8,7±0,4	15,9±1,4	4,7±1,4	17,4±1,6	10,9±0,8	5,8±0,8	1,5±0,7	4,6±1,0	37,2±2,3	4,4±1,8	46,6±0,9
	М	8,9±3,2	17,7±2,3	7,9±1,8	15,2±1,0	18,0±0,3	4,1±0,3	4,3±0,7	9,0±0,3	49,8±0,8	5,4±0,5	27,2±1,4

Найбільший вміст ФХ спостерігали в зябрах карасів із р. Стрипа – 47,9 %, а найменший – у риб із Золотої Липи, 37,4 % (див. табл. 5). Відмічено збільшення вмісту ФЕА в низці Стрипа → Серет → Золота Липа. Встановлено збільшення вмісту ЛФХ в низці Стрипа → Серет → Золота Липа. Вміст ФІ був найнижчим у зябрах карася із р. Золота Липа і становив 2,1 % від загальної кількості.

Аналіз виявив високий вміст ФХ в печінці карасів із річок Серет та Стрипа (близько 45 %) та значно нижчий – у представників із р. Золота Липа (37,2 %). Разом з тим, вміст ЛФХ та СФМ в печінці риб із р. Золота Липа значно вищий, що вказує на деградацію ФХ і може свідчити про несприятливі умови.

У м'язах карася, як і в коропа, найвищими були частки ФХ та ФЕА. Так, відсотковий вміст ФХ у м'язах карася, виловленого із річок Серет, Стрипа та Золота Липа становив 40,6 %, 42,6 % та 49,8 % відповідно. Частки ФЕА булайдещо нижчими – 35,2 % (р. Серет), 32,7 % (р. Стрипа) та 27,2 % (р. Золота Липа). Вміст ФС у м'язах карася зменшувався від р. Серет до р.Стрипа та р.Золота Липа. Разом з тим мінімальне значення вмісту СФМ спостерігалось для м'язової тканини карася із річки Стрипа, а максимальне – для м'язів риб з р. Золота Липа.

Окунь. Вміст загальних ліпідів в тканинах окуня із річок Серет та Стрипа статистично не відрізнявся і знаходився практично на одному рівні (табл. 6). Вміст цих сполук у тканинах риб із р. Золота Липа був значно нижчий, що, очевидно, є наслідком несприятливих умов та активації процесів ліполізу.

Аналіз фракційного складу ліпідів показав, що в зябрах окуня концентрація ТАГ та ФЛ зменшувалася в низці річок Серет→Стрипа→Золота Липа (табл. 7). Концентрація вільного ХЛ була найвищою у окунів з р. Золота Липа.

Частки ТАГ та ФЛ в печінці окуня зменшувалися в низці річок Стрипа–Серет–Золота Липа (табл. 7). Відсоток ХЛ був найвищим у гепатоцитах окунів із річки Золота Липа, тоді як у печінці риб з річок Серет та Стрипа кількість даного ліпідів була практично рівною.

Таблиця 6

Вміст загальних ліпідів в тканинах окуня із малих річок Західного Поділля
(мг/г сирової тканини, $M \pm m$, $n=5$)

Тканина	Серет	Стрипа	Золота Липа
Зябра	22,37±2,04	23,37±1,30	10,43±0,45*
Печінка	39,39±3,82	42,13±3,69	24,40±1,07*
М'язи	20,14±0,92	22,14±1,85	8,37±0,76*

Порівняльна характеристика фракційного розподілу ліпідів у м'язах окуня із досліджених водойм показала, що він має подібний характер із коропом та карасем. Так, було відмічене зниження відсоткового вмісту ТАГ та зростання частки НЕЖК в м'язах окуня у низці річок Серет → Стрипа → Золота Липа.

Слід зазначити, що у м'язовій тканині окуня вміст ФЛ, в цілому, був найвищим серед вивчених видів риб з усіх водотоків і становив 45,7 %, 46,0 та 39,1% відповідно для риб з річок Серет, Стрипа та Золота Липа. Відсоткові частки ДАГ і МАГ у його м'язовій тканині були приблизно однакові для усіх досліджуваних річок.

Таблиця 7

Фракційний склад ліпідів окуня з малих річок Західного Поділля ($M \pm m$, $n=5$)

		Нейтральні ліпіди, %					Фосфоліпіди, %					
		ТАГ	НЕЖК	ДАГ	ХЛ	МАГ	ЛФХ	ФІ	СФМ	ФХ	ФС	ФЕА
1	З	10,2±1,2	8,5±1,8	5,7±0,9	14,0±1,8	13,5±1,3	1,9±0,5	2,7±0,3	1,9±0,4	47,3±1,2	7,6±0,5	38,6±1,1
	П	16,8±3,0	9,7±1,8	1,5±0,5	19,5±3,8	10,7±1,4	2,5±0,4	4,6±0,3	2,9±0,2	48,4±1,0	6,6±0,37	35,0±0,5
	М	14,2±1,4	11,5±2,0	6,9±0,4	16,2±3,3	5,2±0,9	3,3±0,5	3,6±0,8	7,4±0,8	62,4±0,7	6,2±0,7	17,0±0,9
2	З	13,2±2,2	11,5±2,1	5,1±0,9	13,8±1,4	4,6±1,6	2,9±0,7	2,3±0,5	2,7±0,5	43,8±1,2	6,1±0,4	42,2±1,8
	П	12,8±0,9	14,6±1,2	4,4±0,7	21,0±1,7	8,8±1,3	5,5±0,4	2,7±0,4	5,4±0,3	45,6±1,0	3,7±0,3	37,1±1,3
	М	16,4±0,6	9,6±2,3	6,9±2,5	15,6±2,1	6,0±2,0	4,1±0,8	1,3±0,8	8,2±0,2	60,7±0,8	7,3±0,6	18,5±0,8
3	З	8,1±1,2	15,6±2,7	9,1±1,6	17,6±0,4	11,2±2,3	4,2±0,2	1,3±0,2	4,4±0,6	40,1±1,6	4,6±0,4	45,5±1,7
	П	10,2±1,8	14,0±0,1	5,3±0,8	23,4±0,5	11,1±1,4	7,4±1,5	2,2±0,1	6,9±0,6	36,3±1,7	5,2±1,0	42,0±2,8
	М	10,8±2,1	15,6±2,1	6,9±3,9	19,9±1,2	7,7±1,3	3,9±0,9	1,3±0,5	6,5±0,4	58,7±0,6	6,3±0,6	23,3±0,7

Відсоток ФХ у зябрах окуня зростає у низці річок Стрипа-Серет-Золота Липа (табл. 7). Вміст ФЕА в цій тканині із р. Стрипа був найнижчим, а у зябрах риб із р. Золота Липа – найвищим. Частки ФІ та ФС, як і ФХ, в зябрах окунів знижуються у низці річок Стрипа-Серет-Золота Липа. Концентрації ЛФХ та СФМ були найвищими у зябрах окунів із річки Золота Липа. Фракційний розподіл ФЛ в печінці окуня із досліджених водойм має подібний характер з їх розподілом в гепатоцитах карася.

Вміст ФЕА в клітинах м'язів риб із річок Серет, Стрипа і Золота Липа становив 18,5 %, 17,0% та 23,4 % від загального вмісту фосфоліпідів, тоді як частки ФХ у м'язах окуня у цій низці річок становили 60,7 %, 62,4 % та 58,7 %. Найменша частка ЛФХ виявлена в м'язах окунів, виловлених з р. Стрипа (3,3 %), а вміст ФІ в них був найвищим.

Шука. Аналіз отриманих результатів показав, що вміст загальних ліпідів у тканинах шуки з річок Серет і Стрипа знаходиться практично на одному рівні та перевищує їх кількість у тканинах риб з р. Золота Липа (табл. 8).

Таблиця 8

Вміст загальних ліпідів в тканинах щуки із малих річок Західного Поділля
(мг/г тканини, $M \pm m$, $n=5$)

Тканина	Серет	Стрипа	Золота Липа
Зябра	19,42 ± 0,95	21,67 ± 0,98	15,37 ± 1,25*
Печінка	49,60 ± 3,14	52,87 ± 2,60	41,47 ± 2,13
М'язи	18,19 ± 1,21	19,53 ± 1,28	6,20 ± 0,74*

Розподіл окремих класів ліпідів у тканинах *зябер* щуки має подібний з коропом характер (табл. 9). Частки ТАГ практично рівні у риб з р. Серет і р. Золота Липа. Нижчим відсотковий вміст ТАГ був у зябрах риб з р. Стрипа. Було відмічено високий вміст НЕЖК та МАГ у представників з р. Золота Липа. Вміст фосфоліпідів у зябрах щуки із річок Серет, Стрипа та Золота Липа становив 43,4 %, 50,1 % та 39,3 % від загальної кількості ліпідів відповідно.

Вміст ТАГ в *печінці* щуки із р. Серет та р. Золота Липа, як і в коропа, не відрізнявся. Відсоток ДАГ в печінці риб з річок Серет та Стрипа практично рівний, тоді як у риб із р. Золота Липа їх вміст вдвічі нижчий.

Таблиця 9

Фракційний склад ліпідів щуки з малих річок Західного Поділля ($M \pm m$, $n=5$)

		Нейтральні ліпіди, %					Фосфоліпіди, %					
		ТАГ	НЕЖК	ДАГ	ХЛ	МАГ	ЛФХ	ФІ	СФМ	ФХ	ФС	ФЕА
1	З	8,1±2,1	6,4±0,3	7,5±1,1	21,4±0,7	6,6±1,3	10,4±0,8	7,7±1,4	11,6±0,6	35,2±1,9	8,6±0,8	26,5±1,9
	П	4,95±0,5	18,5±2,3	4,9±0,8	24,7±2,6	15,1±2,3	4,2±0,6	10,2±0,7	10,3±0,8	40,5±0,9	7,5±1,0	27,3±1,4
	М	5,3±1,5	12,7±1,9	7,2±1,3	21,3±2,5	11,5±1,1	6,4±0,8	3,8±0,7	7,0±0,9	57,5±1,3	8,4±0,7	17,0±1,9
2	З	12,4±2,7	6,2±1,6	10,3±4,8	19,3±2,7	8,5±2,5	8,8±0,5	5,6±0,6	7,9±0,3	51,2±0,9	4,0±1,0	22,5±0,8
	П	12,3±1,1	21,7±0,8	5,1±1,0	20,8±2,0	4,7±1,6	5,7±0,7	10,5±0,5	9,4±0,8	41,3±0,8	7,7±0,5	25,5±0,6
	М	5,0±1,4	12,0±1,7	10,6±0,7	19,7±2,5	8,7±1,1	5,2±0,9	4,4±0,4	8,4±0,7	55,2±0,9	8,4±0,5	18,4±0,7
3	З	11,8±1,2	14,5±2,1	3,8±0,6	21,5±2,2	9,3±2,4	5,3±1,7	4,2±0,5	13,8±0,7	30,3±0,9	2,8±0,7	43,6±1,7
	П	15,0±4,3	14,0±5,1	2,6±0,6	16,5±1,0	16,2±2,2	5,0±0,2	8,7±0,6	5,4±0,6	48,0±0,7	11,4±0,9	21,6±1,8
	М	8,9±1,2	19,3±4,9	7,0±1,7	27,4±2,9	6,8±2,1	8,1±0,6	4,2±1,1	8,4±0,5	50,0±0,9	6,4±0,6	23,0±1,1

У *м'язах* щуки в низці досліджуваних річок Серет, Стрипа та Золота Липа частка ФЛ зменшувалася (табл. 9). Було відмічене зростання кількості ХЛ, ТАГ та НЕЖК для вищезазначеної послідовності річок. Як і в м'язах коропа та карася, спостерігалися доволі високі концентрації НЕЖК (19,3 %) та МАГ (6,8 %) у щуки із р. Золота Липа, що говорить про несприятливі умови для риб у цій водоймі.

Найвищою частка ФХ була в *зябрах* риб із р. Серет, а найнижчою – у представників із р. Золота Липа. Вміст ФЕА у зябрах риб в низці річок Золота Липа → Стрипа → Серет зростає, а кількість СФМ – знижується. Концентрація ФІ в зябрах щук із р. Золота Липа була найнижчою (4,2 %), тоді як у представників з р. Стрипа вміст ФІ був майже в 2 рази вищим (7,7 %).

Показники співвідношення ліпідів у *печінці* щуки, порівняно з зябрами риб, з малих річок Західного Поділля мали меншу варіабельність. Частки ФХ, ФЕА ФІ, СФМ та ФС в печінці щук з річок Серет та Стрипа значимо не

відрізнялися. Разом з тим у гепатоцитах риб із р. Золота Липа відмічено вищий вмісту ФХ і ФІ та нижчі концентрації ФЕА, ФІ і СФМ.

У м'язовій тканині частка ФХ була найменшою у риб з р. Золота Липа (50,0 %), а найбільшою – у щук з р. Стрипа (57,5 %). Найвищим вміст ФЕА був у м'язах риб з р. Золота Липа, а найнижчим у м'язовій тканині щуки з р. Стрипа. Частки ФІ і СФМ у м'язовій тканині риб усіх груп значимо не відрізнялися.

Отже, спостерігається видова специфіка вмісту ліпідів та їх фракцій у тканинах риб. Коливання у складі структурних ліпідів відіграють важливу роль в процесах адаптації клітинних мембран до дії різних чинників.

Показники пероксидного окиснення ліпідів (вміст ТБК-активних продуктів, гідропероксидів ліпідів) можуть об'єктивно відображати як стан організму риб, так і певною мірою ступінь антропогенного тиску на прісноводні екосистеми (Lushchak, 2011). Аналіз отриманих результатів показав, що вміст ТБК-активних продуктів у зябрах та печінці коропа є найвищим у представників із річки Золота Липа (рис.1).

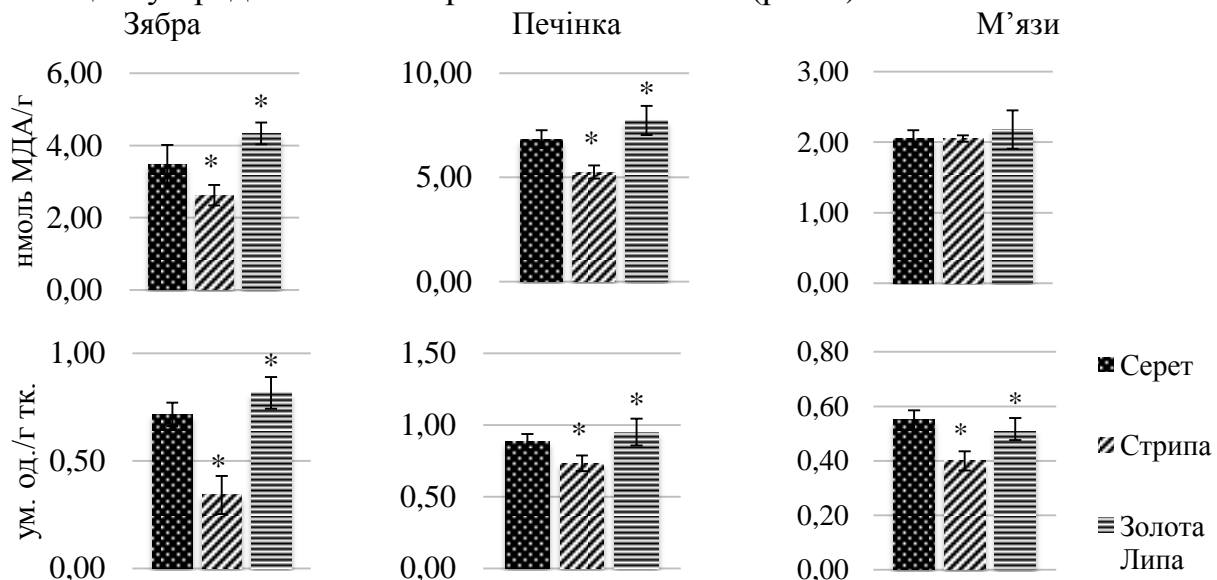


Рис. 1. Вміст ТБК-активних продуктів та гідропероксидів ліпідів у тканинах коропа (M±m, n=5)

Примітка: * – тут і далі зміни порівняно з р. Серет достовірні ($p < 0,05$).

Нижчим є вміст цих продуктів пероксидації у представників р.Серет та найнижчим – у риб із р. Стрипа.

Вміст гідропероксидів ліпідів у зябрах та печінці коропа з досліджених водойм, як і вміст ТБК-активних продуктів, знижується у представників із річок Золота Липа → Серет → Стрипа.

Концентрація ТБК-активних продуктів у м'язах коропа знаходиться практично на одному рівні у представників усіх досліджених водойм. Вміст гідропероксидів найвищим був у м'язах коропа із р.Серет, а найнижчим у представників із р.Стрипа.

Аналіз вмісту ТБК-активних продуктів та гідропероксидів ліпідів у зябрах карася показав, що їх концентрація була вищою у представників із р.Золота Липа та р.Серет порівняно р.Стрипа (рис. 2).

Вміст продуктів ПОЛ у печінці карася має дещо подібний характер з таким у зябрах. Так, вміст ТБК-активних продуктів знижується в ряду представників р.Серет → р.Золота Липа → р.Стрипа. Вміст гідропероксидів ліпідів був найнижчим у печінці та м'язах карася із р.Стрипа.

Вміст ТБК-активних продуктів у м'язах карася лінійно зменшується в низці представників із річок Золота Липа – Стрипа – Серет.

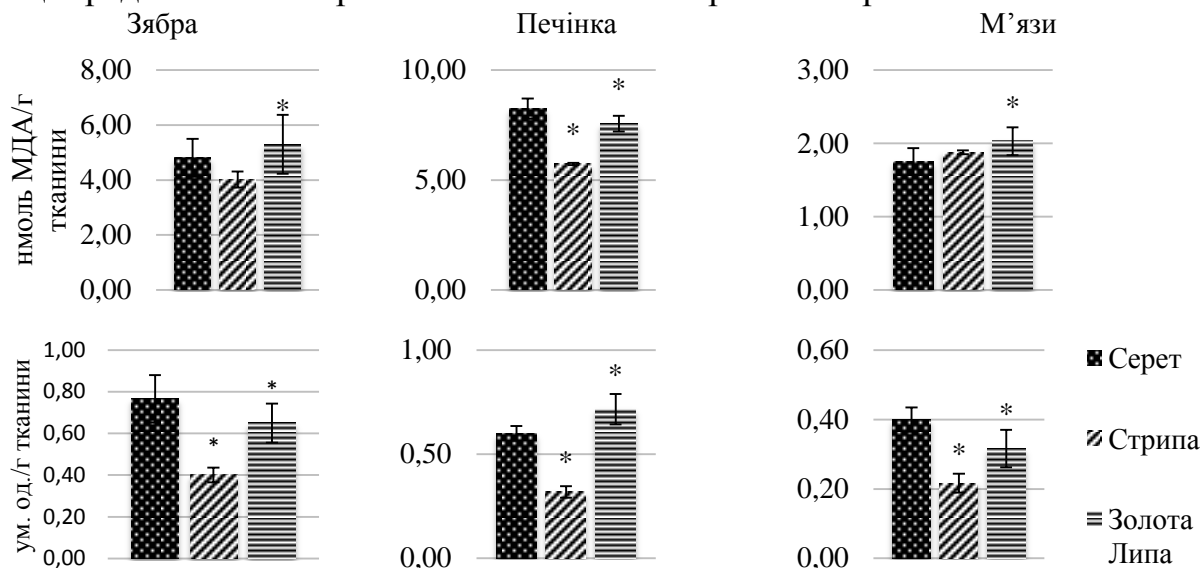


Рис. 2. Вміст ТБК-активних продуктів та гідропероксидів ліпідів у тканинах карася ($M \pm m$, $n=5$)

Отримані дані щодо кількості ТБК-активних продуктів та гідропероксидів ліпідів у зябрах окуня вказують на найвищий їх вміст у риб, виловлених із р.Золота Липа, а найнижчий – у окуня із р.Стрипа (рис. 3).

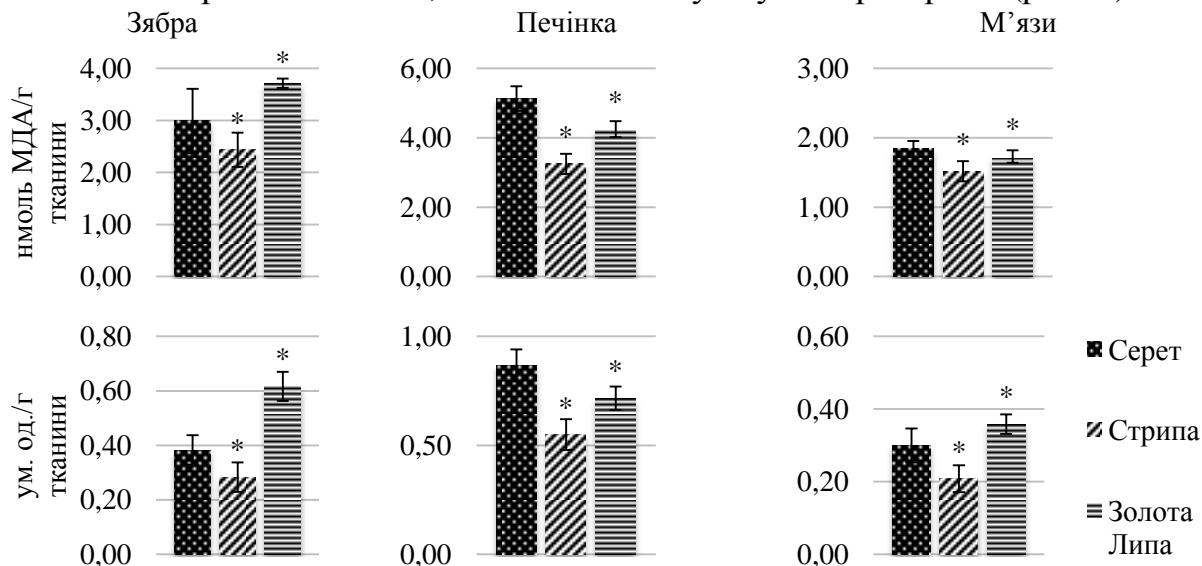


Рис. 3. Вміст ТБК-активних продуктів та гідропероксидів ліпідів у тканинах окуня ($M \pm m$, $n=5$)

В печінці окуня було відмічено зниження вмісту досліджуваних показників ПОЛ в низці Серет → Золота Липа → Стрипа.

Найвища кількість ТБК-активних продуктів була у м'язах окуня із р.Серет, дещо нижчою вона була у риб із р.Золота Липа та найнижчою у

представників із р.Стрипа. Вміст гідропероксидів у м'язах окуня зростає у низці річок Стрипа → Серет → Золота Липа.

Кількість ТБК-активних продуктів у зябрах щуки знижувалася в низці річок Золота Липа → Серет → Стрипа. Вміст гідропероксидів ліпідів в зябрах риб із р.Серет та р.Золота Липа був практично на одному рівні та був достовірно нижчим у риб із р. Стрипа (рис. 4).

Вміст ТБК- активних продуктів у тканинах печінки щуки із річок Серет та Золота Липа достовірно не відрізнявся. Найменше їх спостерігали в печінці у щуки із р.Стрипа, а найбільше – у риб із р. Серет. У представників із р. Стрипа і Золота Липа їх вміст був майже однаковим.

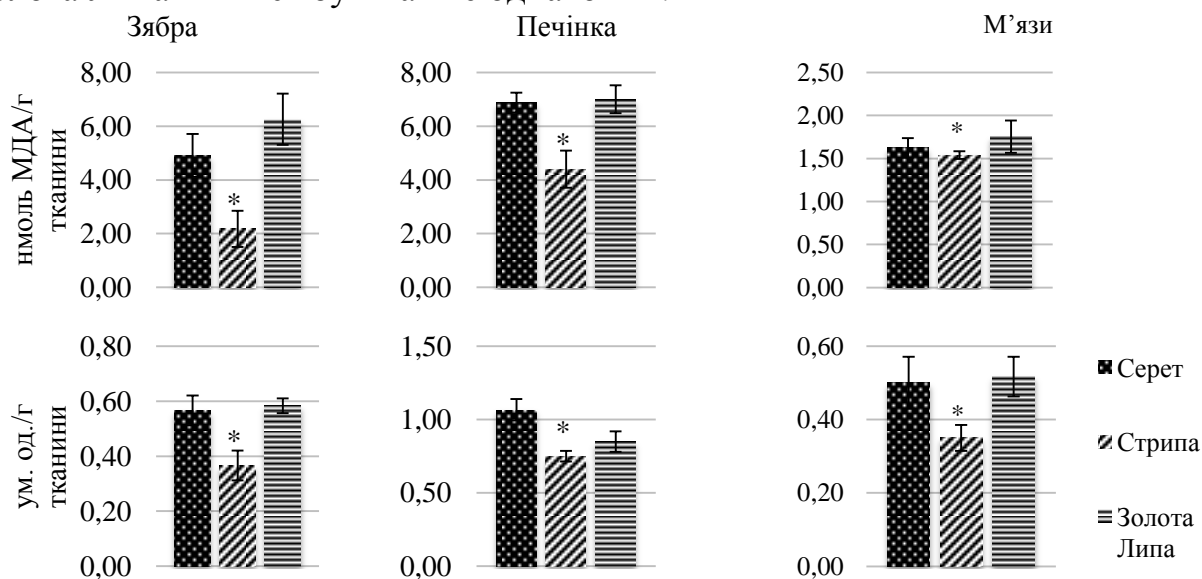


Рис. 4. Вміст ТБК-активних продуктів та гідропероксидів ліпідів у тканинах щуки (M±m, n=5)

Вміст ТБК-активних продуктів та гідропероксидів у тканинах м'язів щуки набував найнижчих значень у представників із р.Стрипа.

Отже, пероксидне окиснення ліпідів у риб із досліджуваних річок характеризується видовими та тканинними особливостями і залежить від екологічних умов існування гідробіонтів. В цілому, найвищими досліджені показники ПОЛ є у тканинах прісноводних риб, виловлених з р. Золота Липа, що вказує на несприятливі екологічні умови в даній річці. Найнижчий рівень ТБК-активних продуктів та гідропероксидів відмічений у представників з р. Стрипа, що, очевидно, обумовлено найменшим антропогенним тиском на даний водотік.

ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ РИБ З РІЧОК ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ

Вміст еритроцитів в крові коропа з р. Серет є найбільшим і становить $1,11 \pm 0,04$ млн/мм³. Він знижується у представників із р. Стрипа та р. Золота Липа, і становить $1,01 \pm 0,06$ млн/мм³ та $0,97 \pm 0,02$ млн/мм³. Кількість еритроцитів в крові щуки зменшується в низці річок Серет–Золота Липа–Стрипа і становить $1,27 \pm 0,06$ млн/мм³, $1,20 \pm 0,02$ млн/мм³ та $1,13 \pm 0,07$ млн/мм³ відповідно. Вміст еритроцитів в крові карася із досліджених рік найбільшого значення набуває в представників із р. Золота Липа – $1,57 \pm 0,02$ млн/мм³, дещо нижчий в карася із р. Стрипа – $1,27 \pm 0,06$ млн/мм³. Найнижчий вміст

еритроцитів спостерігали в крові риб із р. Серет – $0,96 \pm 0,04$ млн/мм³. Кількість еритроцитів в крові окуня вірогідно змінюється в низці рік Серет–Стрипа–Золота Липа: $2,06 \pm 0,13$ млн/мм³, $1,93 \pm 0,04$ млн/мм³ та $1,80 \pm 0,03$ млн/мм³ відповідно.

Аналіз отриманих результатів показав, що найвищим вміст гемоглобіну, серед досліджуваних видів риб, був у крові коропів та становив 209,3 г/л, 244,2 г/л та 209,0 г/л для річок Серет, Стрипа та Золота Липа відповідно. Найнижчим вміст даного білка був у крові карасів та окунів, виловлених із р. Золота Липа і у щук із р. Серет. Його вміст у крові для даних видів риб становив 48,8, 118,6 та 104,6 г/л. Найвищий вміст гемоглобіну був відмічений у крові усіх досліджуваних видів риб, виловлених з р. Стрипа.

Вміст загальних ліпідів в еритроцитах коропа знижується в низці річок Стрипа- Серет – Золота Липа. Вміст ліпідів в еритроцитах щуки та окуня дещо відрізняється. Найбільшим він був у цих видів риб із р. Серет, а найнижчим – у представників із р. Золота Липа.

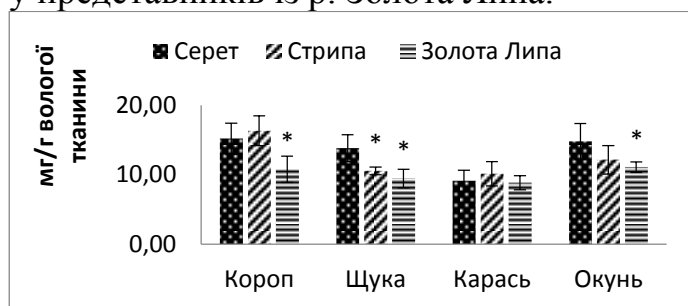


Рис. 5. Вміст загальних ліпідів у еритроцитах риб з малих річок Західного Поділля ($M \pm m$, $n=5$)

Вміст загальних ліпідів в еритроцитах карасів, виловлених із річок Серет, Стрипа та Золота Липа значимо не відрізнявся.

Аналіз отриманих результатів показав, що вміст гідропероксидів ліпідів у еритроцитах усіх видів риб із річки Серет є найвищим, а їх концентрація в еритроцитах риб із р. Стрипа найнижчою (рис. 6).

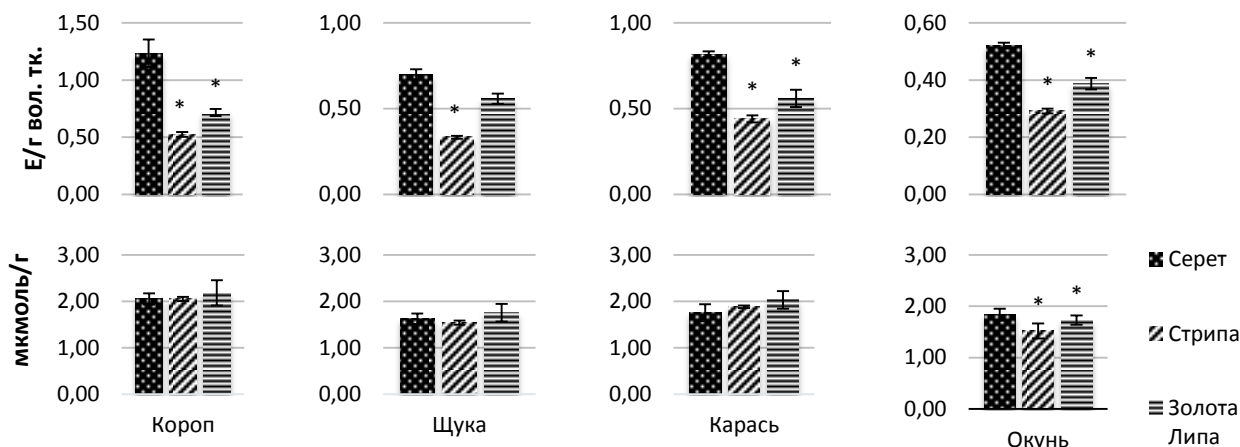


Рис. 6. Вміст гідропероксидів та ТБК-активних продуктів в еритроцитах риб із річок Серет, Стрипа та Золота Липа ($M \pm m$, $n=5$)

Вміст ТБК-активних продуктів у еритроцитах коропа, щуки та карася із досліджуваних річок значимо не відрізнявся. Концентрація ТБК-активних продуктів в еритроцитах окунів найвищого значення набувала у представників із р. Серет, а найнижчого – у еритроцитах окуня з р. Стрипа.

Отже, найбільше продуктів ПОЛ накопичується в еритроцитах риб із р. Золота Липа та Серет. Найменший вміст даних метаболітів спостерігали в еритроцитах представників із р. Стрипа, що свідчить про оптимальне функціонування систем антиоксидантного захисту організму риб, а отже і задовільний стан середовища існування.

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для узагальнення змін ліпідного спектру нами було проаналізовано особливості перозподілу ліпідних компонентів між внутрішньою та зовнішньою поверхнею двохшарової біологічної мембрани досліджуваних тканин риб на основі низки коефіцієнтів (співвідношень): ХС/ФЛ, ФХ/ФС, ФЕА/ФС, СФМ/ФХ та ФХ/ФЕА+ФС+ФІ.

Одним з біохімічних механізмів адаптації біліпідного шару є зміна співвідношення холестерол/фосфоліпиди (ХС/ФЛ), яке вважається одним з показників, що характеризують рідинність мембрани. Підвищення цього індексу за рахунок збільшення кількості ХЛ сприяє зростанню її в'язкості. Аналіз результатів дослідження показав, що значення відношення ХС/ФЛ було найменшим у зябрах риб, виловлених з річок Серет (табл. 9).

Таблиця 9

Відношення холестерол/фосфоліпиди в зябрах риб ($M \pm m$, $n=5$)

Річка	Вид риб			
	Короп	Карась	Щука	Окунь
Серет	0,30±0,04	0,53±0,06	0,46±0,10	0,27±0,01
Стрипа	0,33±0,02	0,58±0,04	0,43±0,03	0,30±0,06
Золота Липа	0,42±0,10	0,93±0,13	0,55±0,05	0,46±0,03

Найвищих значень показник співвідношення ХС/ФЛ досягав у зябровій тканині досліджуваних видів риб з р. Золота Липа. При цьому у зябрах карася та окуня із р. Золота Липа відмічене більш значне, порівняно з коропом та щукою, зростання даного співвідношення – у 1,8 та 1,7 разів щодо представників із р. Серет.

Значення відношення ХС/ФЛ було найменшим у печінці щук і карасів, виловлених з р. Золота Липа та окунів з р. Стрипа (табл. 10). Низьке значення індексу вказує на один з механізмів адаптивної реакції до умов середовища, що зводиться до зміни (підвищення) проникності біомембран, в результаті чого змінюється функціональна активність клітинних рецепторів, а також швидкість транспорту іонів, метаболітів і води (Khelashvili, 2014)

Таблиця 10

Відношення холестерол/фосфоліпиди в печінці риб ($M \pm m$, $n=5$)

Річка	Вид риб			
	Короп	Карась	Щука	Окунь
Серет	0,57±0,07	0,56±0,10	0,59±0,09	0,55±0,07
Стрипа	0,74±0,11	0,58±0,06	0,77±0,04	0,47±0,11
Золота Липа	0,69±0,07	0,41±0,05	0,46±0,02	0,65±0,01

Найвищих значень показник співвідношення ХС/ФЛ досягав у гепатоцитах коропів та щук з р. Стрипа та у печінці коропів та окунів з р. Золота Липа.

Аналіз отриманих результатів показав, що значення відношення ХС/ФЛ у м'язах коропа і окуня було меншим, ніж у карася та щуки, виловлених з річок Серет та Стрипа (табл. 11). Максимальних значень цей показник досягав у м'язовій тканині коропа, щуки та окуня з р. Золота Липа.

Таблиця 11

Відношення холестерол/фосфоліпіди в м'язах риб ($M \pm m$, $n=5$)

Річка	Вид риб			
	Короп	Карась	Щука	Окунь
Серет	0,31±0,03	0,48±0,13	0,46±0,08	0,35±0,07
Стрипа	0,37±0,02	0,53±0,09	0,51±0,07	0,36±0,09
Золота Липа	0,60±0,06*	0,47±0,02	0,91±0,14*	0,51±0,02*

Оцінку змін фосфоліпідного спектру здійснили на основі коефіцієнтів відношення вмісту фракцій цих фосфоліпідів. Було встановлено найнижче значення показника $\text{ФХ}/(\text{ФЕА}+\text{ФС}+\text{ФІ})$ у зябрах усіх досліджуваних видів риб, виловлених із р. Золота Липа, що вказує на посилення деструкції зовнішнього біліпідного шару. Це може розглядатися як адаптивна відповідь на несприятливі чинники середовища, адже відомо, що накопичення фосфоліпідів внутрішнього шару мембрани сприяє зменшенню її плинності та зниженню проникності для токсикантів. Подібна асиметрія розміщення фосфоліпідів сприяє модуляції проникності біомембрани та є реакцією на несприятливі чинники зовнішнього середовища. Опосередкованим підтвердженням цього є загальна тенденція до збільшення співвідношення $\text{ФХ}/\text{ФС}$ та $\text{ФЕА}/\text{ФС}$ у біологічних мембранах зябер риб з р. Золота Липа.

Особливо відчутним є зростання коефіцієнта $\text{ФЕА}/\text{ФС}$ для зябер коропа та щуки з р. Золота Липа, де значення даного індекса перевищує у 2–3 рази ці показники риб, виловлених з річок Серет та Стрипа. Опосередковано це вказує на перетворення ФС та ФХ на ФЕА .

Було відмічено для коропа та щуки в низці річок Серет - Стрипа – Золота Липа достовірне збільшення співвідношення $\text{СФМ}/\text{ФХ}$ у біологічних мембранах зябер, що, очевидно, обумовлено модуляцією каталітичної активності керамідхолінфосфотрансферази та вказує на перерозподіл фракцій фосфоліпідів зовнішнього шару біомембрани.

У цілому досліджені коефіцієнти-співвідношення ліпідних фракцій у зябрах риб насамперед визначаються екологічними умовами існування гідробіонтів.

Печінка є основним органом метаболізму ліпідів, де синтезуються основні їх фракції. Результати аналізу показали, що, на відміну від зябер, у печінці риб встановлено як видові, так і екологічні особливості модуляції індексу $\text{ФХ}/(\text{ФЕА}+\text{ФС}+\text{ФІ})$. Так, було відмічено, що значення показника $\text{ФХ}/(\text{ФЕА}+\text{ФС}+\text{ФІ})$ у печінці досліджених видів риб з річок Стрипа та Серет практично не відрізнялися, тоді як у печінці коропа і щуки з р. Золота Липа дане співвідношення значимо зростало, а у мембранах гепатоцитів карася та окуня – знижувалося.

Було встановлено, що профілі індексів $\text{ФХ}/\text{ФС}$ та $\text{ФЕА}/\text{ФС}$ для печінки риб практично співпадають, проте абсолютні їх значення є нижчими для коропа

та щуки. Так, у печінці коропа та щуки максимальні значення даних співвідношень були відмічені для риб із р. Стрипа, а мінімальні у гепатоцитах риб із р. Золота Липа. Для карасів та окунів найнижче значення цих показників було відмічено в печінці риб з р. Стрипа, що свідчить про зростання частки ФС щодо ФХ та ФЕА.

Найвищого значення індекси ФХ/ФС та ФЕА/ФС набували у печінці окуня з р. Серет – 12,5 та 10,2 відповідно. Очевидно, це пояснюється активною участю ФС як попередника синтезу ФЕА за участю фосфатидилсериндекарбоксилази.

На відміну від зябер, у тканинах печінки коропа та щуки було відмічено протилежний характер змін співвідношення СФМ/ФХ. Так, даний індекс в гепатоцитах коропа та щуки, в цілому, пропорційно знижувався в низці Серет – Стрипа – Золота Липа, що, очевидно, може бути свідченням зростання частки ФХ відносно СФМ у біомембранах печінки риб у даному переліку річок.

Аналіз коефіцієнтів співвідношення вмісту фосфоліпідів у тканинах м'язів риб показав їх більшу видову варіабельність порівняно з зябрами та печінкою. Так, індекс ФХ/ФЕА+ФС+ФІ у м'язовій тканині досліджуваних видів набував вищих значень у хижих риб (від 1,50 до 2,33), порівняно з мирними (від 0,87 до 1,35). Відмічено також залежність даного співвідношення від екологічного стану малих річок. Так, у коропа та карася мало місце зростання вмісту ФХ на фоні зниження суми ФЕА+ФС+ФІ в низці річок Серет-Стрипа-Золота Липа.

Індекси ФХ/ФС та ФЕА/ФС у м'язах риб відзначалися значною видовою варіабельністю. Максимальних значень дані показники досягали у м'язовій тканині коропа та були, у загальному, в 2–3 рази вищими від співвідношення ФХ/ФС в інших видів риб. Разом з тим, найвищого значення цей індекс набував у м'язах усіх видів риб із р. Золота Липа. На відміну від печінки та зябер, у тканинах м'язів співвідношення СФМ/ФХ практично не змінювалося та мало залежало від виду риб та екологічних умов їх існування.

Отже, ліпідний статус може бути одним з показників інтенсивності обмінних процесів в організмі риб і непрямим показником умов їх середовища існування. Пристосування до несприятливих умов забезпечується фізіолого-біохімічними механізмами, що включають перебудови ліпідних систем організму, які є наслідком зміни співвідношень окремих класів ліпідів. На основі проаналізованих співвідношень слід зазначити, що індекси зябер особливо чітко відображають екологічні умови водойми та порівняно мало залежать від виду риб. Так, у зябрах усіх досліджуваних видів риб з р. Золота Липа відмічено найнижчі значення ФХ/ФЕА+ФС+ФІ, тоді як індекси ФЕА/ФС та СФМ/ФХ були максимальними. Співвідношення фосфоліпідів у печінці мають як видову специфіку, так і обумовлені рівнем антропогенного навантаження на водойму. Значення індексів ФХ/ФС та СФМ/ФХ носили різновекторний характер та залежали як від виду риб, так і гідрохімічних характеристик водойми. У м'язовій тканині, як і в печінці, значення досліджуваних індексів залежали від виду риб та екологічних особливостей досліджуваних річок.

ВИСНОВКИ

На підставі порівняння загального вмісту, фракційного складу ліпідів і продуктів їх пероксидного окиснення в тканинах *Cyprinus carpio* L., *Carassius gibelio* Bloch., *Perca fluviatilis* L., *Esox lucius* L з малих річок Західного Поділля (Серет, Стрипа, Золота Липа) встановлено особливості ліпідного обміну та механізми формування резистентності поширених прісноводних видів риби в умовах антропогенного навантаження.

1. Вміст Феруму у воді всіх досліджених річок перебуває майже на одному рівні (76–81 мкг/л). Найвищий вміст Мангану виявлено у воді урбановантаженої р. Золота Липа (45 мкг/л). У цій річці також зафіксовано найвищу концентрацію Цинку, Кобальту та Купруму в донних відкладах (210, 67, 16 та 38 мг/кг відповідно). Відмічений значно нижчий вміст металів у воді, донних відкладах та береговому ґрунті р. Стрипи, яка є умовно чистою.

2. Відзначено вищий вміст загальних ліпідів у тканинах риби з річок Стрипа (умовно чиста зона) та Серет (сільськогосподарськoнавантажена зона). При цьому максимальна кількість загальних ліпідів відмічена в печінці коропа з р. Серет (71,3 мг/г). Найнижчий сумарний вміст ліпідів та фосфоліпідів було відмічено у зябрах, печінці та м'язах усіх видів риби з р. Золота Липа (урбановантажена зона).

3 У зябрах, печінці та м'язах усіх видів риби з р. Золота Липа відмічено високі концентрації моноацилгліцеролів та неестерифікованих жирних кислот, що вказує на переважання ліполітичних процесів у клітинах тканин та активне використання ліпідних резервів для адаптації до токсичних чинників водного середовища.

4. Профілі співвідношення фосфоліпідів у зябрах коропа, карася, щуки та окуня мають подібний характер. У всіх тканинах риби найвищими є частки фосфатидилхоліну та фосфатидилетаноламіну. У зябрах коропа та щуки в низці водотоків Серет→Стрипа→Золота Липа зростає кількість сфінгом'єліну, фосфатидилетаноламіну та зменшується вміст фосфатидилхоліну, у печінці – зростає кількість фосфатидилхоліну та зменшується частка сфінгом'єліну. У м'язах риби з р. Золота Липа, порівняно з річками Серет та Стрипа, відмічена менша кількість триацилгліцеролів та вища частка лізофосфатидилхоліну, що є наслідком антропогенного впливу.

5. Найвищими показники ПОЛ є у тканинах риби, виловлених з р. Золота Липа, що є наслідком підвищених концентрацій токсикантів у даній річці. Найнижчий рівень ТБК-активних продуктів та гідропероксидів відмічений у представників з р. Стрипа, що, очевидно, обумовлено найменшим антропогенним тиском на цей водотік.

6. Вміст гемоглобіну був найвищим у крові коропів з р. Стрипа, а найнижчим у – у карасів та окунів, виловлених із р. Золота Липа і у щук із р. Серет. Найвищою концентрацією гемоглобіну була у крові усіх досліджених видів риби, виловлених з р. Стрипа. Найбільше ТБК-активних продуктів накопичується в еритроцитах риби із р. Золота Липа, а гідропероксидів ліпідів – в клітинах крові представників із р. Серет, що може бути індикатором

антропогенного (токсичного) тиску на рибу. Найменший вміст гідропероксидів ліпідів та вторинних продуктів ПОЛ спостерігали в еритроцитах представників із р. Стрипа з найменшим антропогенним навантаженням.

7. Значення відношення холестерол/фосфоліпідів було найнижчим у зябрах риби, виловленої з річки Серет, а найвищим – у зябровій тканині карася та окуня з найбільш антропогенно трансформованої р. Золота Липа. У печінці відношення холестерол/фосфоліпідів було найменшим у щук і карасів, виловлених з р. Золота Липа та окунів з р. Стрипа. Найвищих значень цей показник досягав у печінці коропів та щук з р. Стрипа, а також коропів та окунів з р. Золота Липа. У м'язах представників усіх досліджених видів риби, за винятком карася, з р. Золота Липа, відмічені найвищі значення відношення холестерол/фосфоліпідів, що вказує на зростання мікров'язкості мембран та зниження їх проникності.

8. Індeksi зябер особливо чітко відображають екологічні умови водойми та порівняно мало залежать від виду риби. У зябрах усіх досліджених видів риби з р. Золота Липа відмічено найнижчі значення ФХ/ФЕА+ФС+ФІ, тоді як індeksi ФЕА/ФС та СФМ/ФХ були максимальними. Співвідношення фосфоліпідів у печінці та м'язах мають як видову специфіку, так і обумовлені рівнем антропогенного навантаження на водойму. Зміни співвідношень ФХ/ФЕА+ФС+ФІ та ФЕА/ФС носять однаковий характер у печінці коропа та щуки і окуня та карася.

9. Згідно результатів гідрохімічного аналізу, найбільш антропогенно трансформованою із досліджених водотоків є р. Золота Липа, а найменш забрудненою – р. Стрипа, що підтверджується змінами показників ліпідного складу тканин риби. Одержані в дисертаційній роботі результати щодо зміни вмісту ліпідів, їх фракцій, активності процесу пероксидного окиснення ліпідів, а також гематологічні показники можуть бути використані як біомаркери інтоксикації організму риби та для біоіндикації забруднення прісноводних водойм.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових виданнях

1. **Ляврін Б. З.**, Хоменчук В. О., Курант В. З., Грубінко В. В. Видові особливості ліпідного складу деяких тканин прісноводних риби Західного Поділля // Доповіді НАН України. – 2014. – № 8. – С. 123-127. *(Участь у проведенні експериментів, обробці даних та написанні статті).*
2. **Ляврін Б. З.**, Бияк В. Я., Хоменчук В. О., Курант В. З. Фосфоліпідний склад клітин печінки та зябер риби як індикатор стану поверхневих вод річок Тернопільщини // Біологія тварин. - 2014. -Т. 16, № 2. - С. 56- 65. *(Проведення експериментів, участь в аналізі даних та написанні статті).*
3. **Ляврін Б. З.**, Хоменчук В. О., Курант В. З. Особливості гідрохімічного стану малих річок Західного Поділля // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. — Тернопіль, 2014. — № 2(59). - С. 38-44. *(Участь у проведенні експериментів, обробці даних та написанні статті).*

4. **B. Z. Liavrin**, Yu. I. Senyk, V. O. Khomenchuk & V. Z. Kurant. Content of Nonpolar Lipids in Liver of Fishes of Small Rivers of the Western Podillya (Ukraine) // *Hydrobiol. Journ.* – 2015. – Vol. 51, № 2. – P. 53-59. (*Відбір та обробка матеріалу, аналіз даних та участь у написанні статті*).
5. Рабченко О.О., Хоменчук В.О., **Ляврін Б.З.**, Курант В.З. Накопичення феруму в організмі прісноводних риб за його підвищеного вмісту у водному середовищі // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. – 2017. – № 1 (68). – С. 96 – 101. (*Проведення експериментів, участь в аналізі даних та написанні статті*).
6. **Ляврін Б.З.** Міжвидові відмінності вмісту та співвідношення фракцій фосфоліпідів деяких видів риб малих річок Західного Поділля // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. — Тернопіль, 2018. — № 2(73). – С. 102-105. (*Проведення експериментів, участь в аналізі даних та написанні статті*).

Матеріали та тези доповідей конференцій

7. **Ляврін Б.З.**, Хоменчук В.О., Бияк В.Я., Курант В.З. Особливості вмісту ліпідів та їх окремих класів у тканинах прісноводних риб // Тези IV міжнародної іхтіологічної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології», Одеса, 2011. — С. 151–153.
8. **Ляврін Б.З.**, Хоменчук В.А., Курант В.З. Особенности липидного состава некоторых тканей карпа (*Cyprinus carpio* L.) // Материалы Всероссийской конференции с международным участием “Физиологические, биохимические и молекулярно-генетические механизмы адаптации гидробионтов” (Борок, 22-27 сентября 2012 г.). — Борок, 2012. — С. 236-239.
9. **Ляврін Б.З.**, Хоменчук В.О., Курант В.З. Вміст гідропероксидів ліпідів в клітинах печінки деяких видів риб малих річок Західного Поділля // Тезиси VIII Международной научно-практической конференции *Pontus Euxinus* 2013 по проблемах водных экосистем, посвященной 50-летию Института биологии южных морей НАН Украины. – Севастополь, 2013. – С. 92-94.
10. **Ляврін Б.З.** Вміст еритроцитів в крові деяких видів риб малих річок Західного Поділля // Матеріали II регіональної науково-практичної конференції «Дослідження флори і фауни Західного Поділля» (Тернопіль, 24-25 травня 2013). - Тернопіль, 2013. — С. 60–61.
11. **Ляврін Б. З.**, Хоменчук В. О., Курант В. З. Вміст загальних ліпідів в еритроцитах деяких видів риб малих річок Західного Поділля // Матеріали VII міжнародної іхтіологічної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології», Мелітополь. - 2014. - С. 146-149.
12. **Ляврін Б. З.**, Сенник Ю. И., Бияк В. Я., Хоменчук В. А., Курант В. З. Содержание неполярных липидов в тканях жабр некоторых видов рыб

- малих рек Західного Подолля // Матеріали V Всеросійської конференції по водній екотоксикології, с приглашением специалистов из стран ближнего зарубежья «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы», Борок. - 2014. - Т. 2. - С. 82-86.
13. **Ляврін Б.З.** Вміст ліпідів в еритроцитах деяких видів риб малих річок Західного Поділля // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Тернопільські біологічні читання — Ternopil Bioscience — 2018» (Тернопіль, 19-21 квітня 2018). – Тернопіль, 2018. – С. 118-120.
 14. **Ляврін Б.З.**, Хоменчук В.О., Пендрак О.А., Курант В.З. Вміст ліпідів в м'язах коропа та щуки із малих річок Тернопільщини// Матеріали XII Українського біохімічного конгресу. (Тернопіль, 30 вересня – 4 жовтня 2019), Медична та клінічна хімія. 2019. - Т.21, №3 (додаток). С. 311-312.
 15. **Ляврін Б.З.**, Хоменчук В.О., Кривенька М.Б., Курант В.З. Ліпідний склад м'язів прісноводних риб із малих річок Західного Поділля // Матеріали XII іхтіологічної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології», Дніпро, 2019. – С. 120-123.
 16. **Ляврін Б.З.**, Парубоча Т.А., Гаврилюк Т.М., Хоменчук В.А., Курант В.З. Вміст неполярних ліпідів у зябрах риб малих річок Тернопільської області // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (Тернопіль, 4-5 листопада 2019). – Тернопіль, 2019. – С. 183-188.
 17. **Ляврін Б.З.**, Хоменчук В.О., Марків В.С., Курант В.З. Особливості пероксидного окиснення ліпідів крові риб малих річок Західного Поділля // Матеріали VIII з'їзду Гідроекологічного товариства України (Київ, 6 – 8 листопада 2019). – Київ, 2019. – С. 134-136.

АНОТАЦІЯ

Ляврін Б.З. Ліпідний обмін у риб малих річок Західного Поділля. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук (доктора філософії) зі спеціальності 03.00.10 «Іхтіологія». – Інститут гідробіології НАН України, Київ, 2020.

Досліджено вміст металів (Fe, Co, Mn, Zn, Cu) у воді, донних відкладах та береговому ґрунті трьох малих річок Західного Поділля (Серет, Стрипа та Золота Липа), їх вплив на ліпідний обмін в організмі коропа, карася, окуня та щуки.

Проведено порівняльний аналіз міжвидових особливостей вмісту загальних ліпідів, їх фракційного складу, а також активності процесів пероксидного окиснення ліпідів у зябрах, печінці та м'язах досліджених видів риб із трьох малих річок.

Показано, що значення досліджуваних показників мають видову та тканинну специфіку і залежать від умов середовища існування риб.

Отримані результати досліджень можуть бути використані для характеристики стану риб в умовах забруднення водного середовища металами, а також для еколого-біохімічного моніторингу рівня забруднення водойм.

Ключові слова: ліпіди, фракційний склад, пероксидне окиснення, метали, прісноводні риби

АННОТАЦИЯ

Ляврин Б.З. Липидный обмен у рыб малых рек Западного Подолья. - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук (доктора философии) по специальности 03.00.10 «Ихтиология». - Институт гидробиологии НАН Украины, Киев, 2020.

Диссертация посвящена исследованию липидного обмена в тканях карпа, карася, окуня и щуки из малых рек Западного Подолья в условиях антропогенной нагрузки.

В работе проведено определение некоторых гидрохимических показателей вод и содержание металлов (Fe, Co, Mn, Zn, Cu) в воде, донных отложениях и береговой почве рек Серет, Стрипа и Золотая Липа.

Установлено, что за гидроэкологическими показателями воды данных рек можно отнести к условно чистым (Стрипа), урбанонагруженным (Золотая Липа) и сельськохозяйственнозагрязненным (Серет).

Поступление в водные экосистемы токсических веществ, особенно антропогенного происхождения, проявляется в изменении метаболизма липидов в организме рыб и является прямым отражением внешних влияний. Проведен сравнительный анализ содержания общих липидов, их фракций, процессов пероксидного окисления липидов в жабрах, печени и мышцах карпа, карася, окуня и щуки, выловленных в исследуемых малых реках. Изучены отдельные гематологические показатели у изучаемых видов рыб.

Для обобщения биологических изменений липидного спектра в работе проанализированы особенности перераспределения липидных компонентов между внутренней и внешней поверхностью биологической мембраны исследуемых тканей рыб на основании ряда коэффициентов (соотношений). Эти показатели могут быть использованы для характеристики качества окружающей водной среды.

Ключевые слова: липиды, фракционный состав, перекисное окисление, металлы, пресноводные рыбы

ABSTRACT

Liavrin B.Z. Lipid metabolism in fishes of small rivers of the Western Podillya. - Qualified scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for obtaining the Doctor of Philosophy degree (PhD) in Biological Sciences, specialty 03.00.10 «Ichthyology». – Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2020.

The content of metals (Fe, Co, Mn, Zn, Cu) in water, sediments and coastal soil of three small rivers of Western Podillya (Seret, Strip and Zoloto Lipa), their influence on lipid metabolism in the organism of carp, crucian carp, perch and pike was studied.

Comparative analysis of interspecific features of total lipids content, their fractional composition, as well as activity of lipid peroxidation processes in gills, liver and muscle of the investigated fish species from three small rivers were made.

It is shown, that the values of the studied parameters have species and tissue specificity and depend on the conditions of the habitat of the fish.

The obtained research results can be used to characterize the state of fish in conditions of pollution of the aquatic environment by metals, as well as for ecological-biochemical monitoring of the level of pollution of water reservoirs.

Key words: lipids, fractional composition, peroxide oxidation, metals, freshwater fish

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТАГ – триацилгліцероли	ЛФХ – лізофосфатидилхолін
НЕЖК – неетерифіковані жирні кислоти	ФС – фосфатидилсерин
ДАГ – диацилгліцероли	ФЕА – фосфатидилетаноламін
ХЛ – холестерол	ФХ – фосфатидилхолін
МАГ – моноацилгліцероли	СФМ – сфінгомієлін
ФЛ – фосфоліпіди	ФІ – фосфатидилінозитол

Підписано до друку 03.03.2020 р. Формат 60×90/16

Гарнітура Times New Roman.

Друк офсетний. Обсяг 0,9 ум. др. арк. Папір офсетний.

Наклад 100. Зам. №3

Тернопільський національний педагогічний університет

Вмені Володимира Гнатюка

Реєстраційне свідоцтво №ТР 241 від 20.11.2004 р.

вул. М. Кривоноса 2, м. Тернопіль, Україна, 46027

