

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

БІБЧУК КАТЕРИНА В'ЯЧЕСЛАВІВНА

УДК 577.12:597.551.2

**ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ТА ВУГЛЕВОДНО-
ПРОТЕЇНОВОГО ОБМІНУ В КОРОПІВ РІЗНОГО ВІКУ
ЗА ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ**

03.00.04 «Біохімія»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано в Національному університеті «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор біологічних наук, професор
Жиденко Алла Олександрівна,
Національний університет
«Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка,
завідувач кафедри біологічних основ
фізичного виховання, здоров'я і спорту

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук, доцент
Калачнюк Лілія Григорівна,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
професор кафедри біохімії і фізіології тварин
імені академіка М. Ф. Гулого

доктор біологічних наук, професор
Столяр Оксана Борисівна,
Тернопільський національний педагогічний
університет імені Володимира Гнатюка,
професор кафедри хімії та методики її навчання

Захист відбудеться «27» квітня 2018 року о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.08 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розіслано « » березня 2018 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

В. І. Цвіліховський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Останнім часом широкого розповсюдження набули інтенсивні технології виробництва продукції рослинництва, які ґрунтуються на використанні широкого спектру агрохімікатів, що призводить до накопичення в ґрунтах та воді їх залишкових кількостей. Потрапляючи до природних водойм, ці речовини переміщуються по харчових ланцюгах та накопичуються в органах і тканинах водних організмів (Лук'яненко В. І., 1967; Брагінський Л. П. та співавтори, 1970; Метелев В. В. та співавтори, 1971; Врочинський К. К. та співавтори, 1980). Ці агрохімікати та продукти їх біотрансформації впливають на фізіолого-біохімічні процеси в організмі гідробіонтів, зокрема риб, викликаючи, залежно від концентрації, як адаптивні процеси (Малиновська М. В., 1988; Грубінко В. В., 2002; Силкіна Н. І., Микряков В. Р., 2006; Афанасьєв С. О., 2010), так і токсичну дію, що було предметом наукових пошуків багатьох вітчизняних та зарубіжних учених (Мельничук С. Д. та співавтори, 2007; Martinez С. В. R. та співавтори, 2008, 2010; Larriera А. та співавтори, 2009, 2012). Зокрема, за дії пошкоджуючих чинників водного середовища спостерігаються зміни в метаболічних процесах у тканинах риб (Маляревська А. Я., 1979; Столяр О. Б. та співавтори, 2004; de Boeck G. et al, 2006; Жиденко А. О., 2009; Terpstra А. Н. М., 2015), окисне ураження ліпідів (Mommсен Т. Р., 2002; Мусаєв Б. С. та співавтори, 2009; Голованова І. Л., 2010). Відомо, що механізм токсичної дії гербіцидів пов'язаний з порушенням проникності клітинних мембран, зміною активності цитоплазматичних і мітохондріальних ензимів, зокрема активацією реакцій біотрансформації цих ксенобіотиків за участю цитохрому Р-450, а також їх кон'югації з глюкуроною та сульфатною кислотами (Немова Н. Н., Висоцька Р. У., 2004; Горбатюк Л. О., 2010; Євтушенко М. Ю., 2016). Ряд авторів рекомендує використовувати ці зміни як специфічні діагностичні тести води для виявлення токсичності дії різних ксенобіотиків для гідробіонтів (Синюк Ю. В., 2003; Руднева І. І. та співавтори, 2004; Дорохова І. І., 2012, 2013 та ін.).

Разом з тим, для поглиблення розуміння механізмів впливу гербіцидів та розроблення заходів щодо запобігання їхньої негативної дії на гідробіонтів важливим є вивчення загальних проявів реакції на стрес, зокрема змін у енергетичному та ензиматичному забезпеченні метаболізму вуглеводів, протеїнів, амінокислот, а також їх особливостей у риб різного віку. Такий підхід може бути теоретичною основою для розроблення ефективних методів профілактики виявлених порушень метаболічних процесів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Результати дисертаційної роботи були складовою частиною держбюджетних науково-дослідних тем Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка: «Комплексна оцінка дії гербіцидів, які застосовуються в Україні, на гідробіонтів, пошук біоіндикаторів» (номер державної реєстрації 0109U001298, 2009 р.); «Морфофізіологічні адаптації різновікових груп *Suyprius carpio* L. за несприятливої дії екологічних факторів» (номер державної реєстрації 0109U000799, 2009 р.); «Зменшення негативного впливу

пестицидного навантаження на гідробіонтів за допомогою мікробних препаратів – пробіотиків» (номер державної реєстрації 0111U001178, 2011–2012 рр.).

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційної роботи – дослідити процеси енергетичного та вуглеводно-протеїнового обміну в коропів різного віку під впливом гербіцидів різного механізму дії та пробіотика БПС-44.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі було передбачено вирішення наступних завдань:

– дослідити показники обміну вуглеводів і протеїнів у тканинах мальків, цьоголіток і дворічок коропа;

– з’ясувати вплив 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру на показники вуглеводно-протеїнового та енергетичного обміну в тканинах коропів;

– дослідити показники вуглеводно-протеїнового та енергетичного обміну в тканинах коропів різного віку за дії метрибузину;

– вивчити показники вуглеводно-протеїнового та енергетичного обміну в тканинах коропів різного віку за дії гліфосату;

– визначити вміст Феруму в тканинах коропів за дії метрибузину і гліфосату;

– з’ясувати ефективність використання пробіотика БПС-44 для профілактики негативного впливу гліфосату на корошових риб та розробити пропозиції щодо його застосування.

Об’єкт дослідження – вплив гербіцидів на обмін вуглеводів, протеїнів, аденілатів і Феруму в організмі коропа різного віку.

Предмет дослідження – показники обміну вуглеводів, протеїнів, аденілатів і Феруму в тканинах коропів різного віку в нормі, за дії 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру, метрибузину і гліфосату та профілактики їх впливу на риб пробіотиком БПС-44.

Методи дослідження: біохімічні – визначення вмісту глюкози, глікогену, протеїну, вільних амінокислот, Феруму, аденілатів, фракційного складу білків, активності ензимів (амілолітична, глюкозо-6-фосфатазна, лактатдегідрогеназна, ізоцитратдегідрогеназна, глюкозо-6-фосфатдегідрогеназна, аланін- та аспартатамінотрансферазна); гідрохімічні – дослідження показників води; статистичні – обробка результатів досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі проведених досліджень одержано нові дані, які поглиблюють розуміння процесів енергозабезпечення клітин, обміну вуглеводів та протеїнів у коропів різного віку (мальки, цьоголітки, дворічки). Показано, що основним енергетичним субстратом у цьоголіток є глікоген печінки. Важливу роль у забезпеченні енергетичної стабільності організму риб відіграють вуглеводи та протеїни білих м’язів, що підтверджується високим вмістом цих сполук.

Вперше здійснено порівняльне дослідження впливу гербіцидів 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру, метрибузину та гліфосату на різні вікові групи коропа. Доведено сталість показників вмісту вуглеводів за дії 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру на

дворічок коропа на тлі активації мітохондріальної ізоцитратдегідрогенази та цитоплазматичної глюкозо-6-фосфатази, що свідчить про адаптивний характер відповіді.

Встановлено, що дія метрибузину водного середовища призводить до зменшення енергетичних запасів у вигляді глюкози та глікогену печінки дворічок коропа, глюкози білих м'язів цьоголіток і дворічок. Активація ізоцитратдегідрогеназної активності в печінці риб є спільною ознакою реакції на дію метрибузину цьоголіток і дворічок коропа.

Вперше встановлено активацію аеробного та анаеробного метаболізму за дії гліфосату в цьоголіток коропа, переважно за рахунок вуглеводів, зміни в метаболізмі амінокислот та протеїнів печінки, Феруму червоних м'язів.

Доведено, що пробіотик БПС-44 зменшував дисбаланс фракційного складу сироватки крові та печінки цьоголіток коропа, викликаний дією гліфосату.

Практичне значення одержаних результатів. Виявлені зміни показників енергетичного та вуглеводно-протеїнового обміну в тканинах коропа, зокрема рівня глікогену, глюкози, вмісту аденілатів, активності ферментів, фракційного складу білків сироватки крові можуть бути біомаркерами при оцінці екологічного стану водойм.

Показано позитивний вплив пробіотика БПС-44 для підвищення стійкості риб до дії гліфосату, що свідчить про можливість його застосування рибогосподарськими підприємствами з метою підвищення рибопродуктивності водойм.

Результати дослідження використовуються при викладанні навчальних дисциплін «Біохімія», «Біохімія патологічних процесів», «Біохімічні основи токсикології» на базі Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, при викладанні дисциплін «Адаптація біологічних систем», «Екотоксикологія, біоіндикація та експертиза» на базі Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка та в навчальному процесі кафедри екології та охорони природи при проведенні занять з курсів «Основи екології» і «Загальна гідробіологія» на базі Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, що засвідчено актами впровадження.

Наукова новизна та практичне значення одержаних результатів підтверджено патентом України на корисну модель «Застосування визначення відношень активності ферментів аспартатамінотрансферази до аланінаміно-трансферази як способу оцінки гербіцидного навантаження на прісноводних риб».

Особистий внесок здобувача полягає в опрацюванні наукової літератури за темою дисертації, в спільному з науковим керівником плануванні експериментів, в особистому здійсненні біохімічних досліджень, одержанні експериментальних даних та проведенні статистичної обробки результатів досліджень, підготовці дисертації та автореферату. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, в дисертації використано лише ті ідеї та положення, які є результатом особистої роботи здобувача.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертації було представлено на Всеукраїнській науковій конференції студентів та молодих вчених «Дослідження в галузі природничих наук» (м. Чернігів, 2005 р.); Міжнародній науковій конференції «Актуальні проблеми екологічної фізіології, біохімії та генетики тварин» (м. Саранськ, Російська Федерація, 2005 р.); II–III Всеукраїнських наукових конференціях студентів і аспірантів «Сучасні проблеми природничих наук» (м. Ніжин, 2007–2008 рр.); II–V міжнародних наукових конференціях студентів і аспірантів «Молодь та поступ біології» (м. Львів, 2006–2009 рр.); Міжнародній науковій конференції «Біологія XXI століття: теорія, практика, викладання» (м. Черкаси, 2007 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні проблеми водних екосистем» (м. Дніпропетровськ, 2007 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Озера та штучні водойми України: сучасний стан й антропогенні зміни» (м. Луцьк, 2008 р.); молодіжній школі-конференції «Оцінка екологічного стану водойм та адаптація гідробіонтів» (м. Тернопіль, 2008 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Стратегия развития аквакультуры в современных условиях» (м. Мінськ, Республіка Білорусь, 2008 р.); II Міжнародній іхтіологічній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології» (м. Севастополь, 2009 р.); V Міжнародній науковій конференції «Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах» (м. Дніпропетровськ, 2009 р.); VII International Parnas Conference (м. Ялта, 2009 р.); Міжнародній науковій конференції «Біологічні основи управління водними біоресурсами» (м. Київ, 2009 р.); IX та X Українському біохімічному з'їзді (м. Харків, 2006 р.; м. Одеса, 2010 р.); Міжнародній конференції «Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб» (м. Санкт-Петербург, Російська Федерація, 2010 р.); III Міжнародній конференції «Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб» (м. Борок, Російська Федерація, 2011 р.); Всеросійській науковій конференції з міжнародною участю «Экологические проблемы пресноводных рыбхозхозяйственных водоемов России» (м. Казань, Російська Федерація, 2011 р.); V, VII міжнародних іхтіологічних науково-практичних конференціях «Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології» (м. Чернівці, 2012 р.; м. Мелітополь – Бердянськ, 2014 р.); VII з'їзді Гідроекологічного товариства України (м. Київ, 2015 р.); VIII Міжнародній науковій конференції «Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології», присвяченій 175-річчю кафедри фізіології та анатомії Київського національного університету імені Тараса Шевченка (м. Київ, 2017 р.).

Публікації. За результатами проведених досліджень опубліковано 37 наукових праць, з яких 7 статей у наукових фахових виданнях України, стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних, стаття у науковому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних, патент України на корисну модель, 27 тез наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, огляду літератури, матеріалів та методів дослідження, результатів

експериментальних досліджень, аналізу та узагальнення результатів дослідження, висновків, пропозицій виробництву, списку використаної літератури, що включає 248 джерел, з них 59 латиницею, та додатків. Дисертацію викладено на 201 сторінці комп'ютерного тексту, ілюстровано 16 таблицями та 45 рисунками.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Огляд наукової літератури. В розділі охарактеризовано хімічний склад, вуглеводно-протеїновий та енергетичний обмін у кісткових риб у нормі та в умовах забруднення водойм ксенобіотиками, розглянуто біохімічні механізми адаптації риб до дії токсичних речовин, зокрема гербіцидів, вказано на доцільність застосування пробіотиків з метою захисту іхтіофауни від токсикантів.

Матеріали та методи дослідження. Експерименти за темою дисертації виконано на базі лабораторії екологічної біохімії водних організмів Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка впродовж 2005–2016 рр. Загальну схему дослідження наведено на рис. 1. У досліді використовували коропів (*Cyprinus carpio*) різного віку: мальків, цьоголіток і дворічок, вирощених в ПрАТ «Чернігіврибгосп», породи український лускатий. Додатково перевірялася чутливість до гербіцидів коропів породи український рамчатий. Маса тіла риб, відібраних для дослідження, коливалась в межах 20–40 г (мальки), 60–100 г (цьоголітки) та 150–300 г (дворічки). Всі експерименти на рибах виконували відповідно до «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах», ухвалених на Першому Національному конгресі України з біоетики (м. Київ, 2001 р.). Всього в експериментах було використано 736 риб. Під час дослідження коропів утримували в акваріумах об'ємом 200 дм³, які заповнювали відстояною водопровідною водою із розрахунку 10 дм³, 20 і 40 дм³ води на 1 екземпляр відповідно для мальків, цьоголіток і дворічок коропа. Підтримували постійний гідрохімічний режим води, а саме: величину рН (7,80±0,38), вміст кисню (5,58±0,87 мг/дм³) та температуру (в осінньо-зимовий період близько +10 °С (досліди з цьоголітками і дворічками), влітку +18 °С (досліди з мальками). Риб контрольної та дослідних груп під час експериментів не годували.

Дослідження здійснювали в наступні етапи (див. рис. 1):

I етап. З'ясування особливостей обмінів вуглеводів, протеїнів та енергетичних процесів у тканинах коропів різного віку – мальків, цьоголіток і дворічок на 1, 7, 14 та 21 добу перебування в акваріумі.

II етап. Вивчення показників вуглеводно-протеїнового обміну в тканинах цьоголіток і дворічок коропа за дії 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутиловий естер. Тривалість експозиції риб становила 14 діб. Концентрація гербіциду у воді становила 0,008 мг/дм³, що досягалося внесенням 1,6 мг токсиканта на 200 дм³ води.

III етап. Дослідження показників обміну вуглеводів та протеїнів у тканинах мальків, цьоголіток і дворічок коропа за дії метрибузину (4-аміно-

6-трет-бутил-3(метилгіо)-1,2,4-триазин-5(4Н)-он). Тривалість експозиції риб становила 7, 14 і 21 добу. Концентрація гербіциду в воді акваріумів об'ємом 200 дм³ становила 0,2 та 0,4 мг/дм³ і досягалася внесенням відповідно 57,2 і 114,4 мг препарату «Зенкор» (комерційний препарат, «Байєр») з вмістом 70,0 % метрибузину.

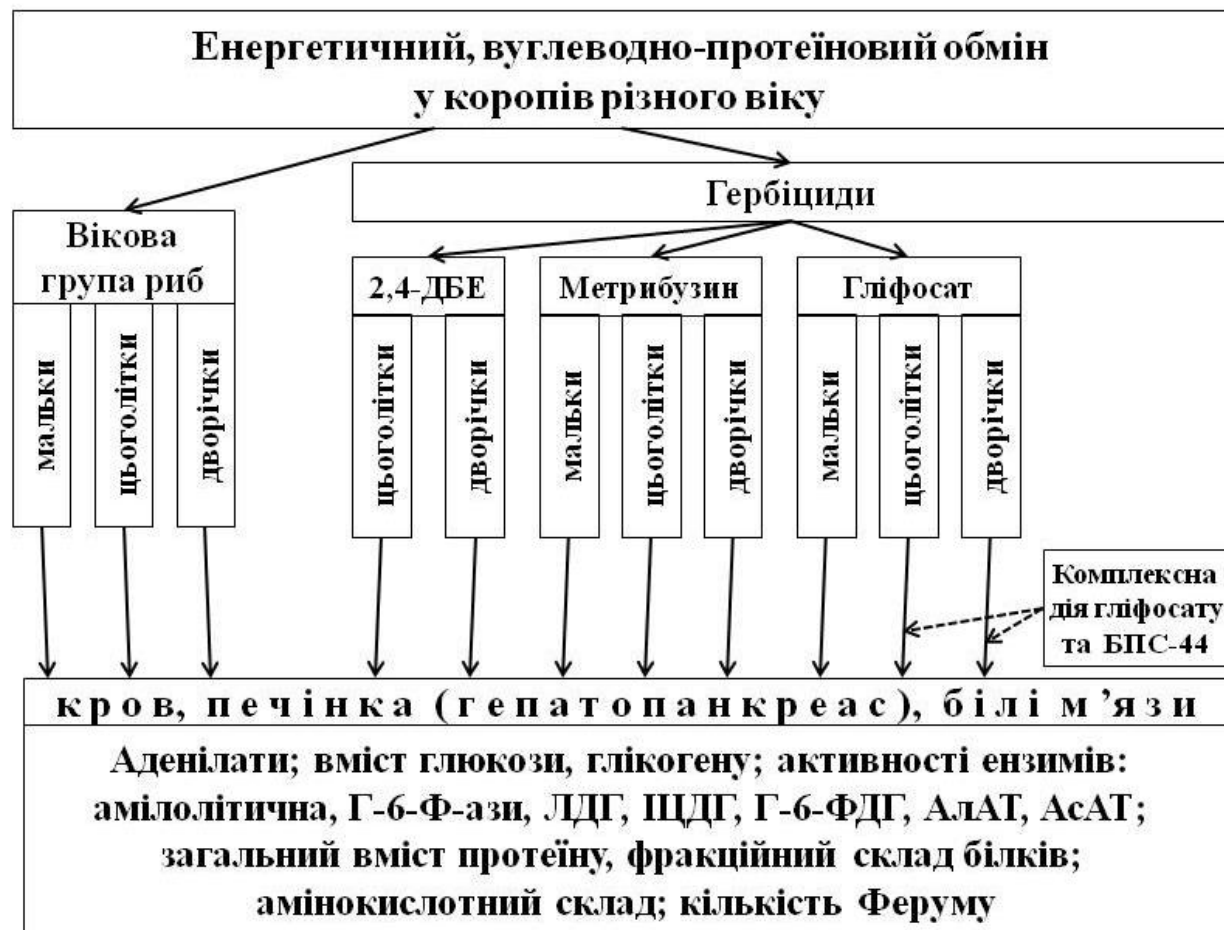


Рис. 1. Схема проведення експерименту

IV етап. Вивчення дії гліфосату (N – (фосфонометил) гліцин) на процеси вуглеводного та протеїнового обміну, а також аденілатів у тканинах мальків, цьоголіток і дворічок коропа різного віку. Тривалість експозиції риб становила 7, 14 і 21 добу. Концентрація гербіциду (комерційний препарат «Раундап», «Монсанто») в воді акваріумів становила 0,04 і 0,08 мг/дм³.

Через три доби проведення експерименту воду в усіх акваріумах для риб контрольної та дослідних груп змінювали, вносячи ту ж саму кількість гербіцидів.

V етап. Дослідження ефективності застосування пробіотика БПС-44 (*Bacillus subtilis 44-p*, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН) для профілактики порушень метаболізму в коропів різного віку (цьоголітки і дворічки) за дії гліфосату. Пробиотик БПС-44 в концентрації $0,125 \times 10^9$ КУО/дм³ води додавали в акваріуми риб дослідної групи за одну добу до внесення гліфосату в концентрації 0,04 мг/дм³.

Матеріалом для досліджень були печінка, м'язова тканина (білі та червоні м'язи) та кров риб. Кров для дослідження відбирали шляхом пункції із серця виловленої риби. В місці проколу слиз попередньо видаляли сухим ватним тампоном, а потім протирали 70,0 % спиртом. У крові визначали вміст глюкози, протеїну, гемоглобіну, активність аланінамінотрансферази (ЕС 2.6.1.2) і аспартатамінотрансферази (ЕС 2.6.1.1), (Давыдов О. Н. и др., 2005). Вміст глюкози та глікогену в печінці та м'язах риб контролювали за методом Р. Trinder (1969), а рівень протеїну – за О. Н. Lowry et al (1951). У печінці риб визначали також вміст аденілатів методом тонкошарової хроматографії, використовуючи систему розчинників, яка складалася з 1,4-діоксану, ізопропанолу, аміаку та води в співвідношенні 4:2:1:4 (Маляревская А. Я., 1985), рівень вільних амінокислот – за методом Т. С. Пасхиної (1964). Фракційний склад білків сироватки крові та гомогенатів печінки риб визначали за турбідиметричним методом (Колб Г., 1976). Вміст Феруму, загальну та ненасичену залізов'язувальну здатність трансферину в тканинах коропа контролювали за L. L. Stookey (1970). Амілолітичну активність печінки (гепатопанкреасу) коропів визначали за W. T. Saraway (1959), цитата за Г. Колб (1976), активність лактатдегідрогеназної (ЕС 1.1.1.27) і глюкозо-6-фосфатдегідрогеназної (ЕС 1.1.1.49) цитоплазматичної фракції, ізоцитратдегідрогеназної (ЕС 1.1.1.41) мітохондріальної фракції гепатоцитів визначали за методами, описаними в *Biochemica information* (1975). З метою встановлення рівнів активності ензимів різних шляхів вуглеводного обміну (глюкозо-6-фосфатдегідрогеназна, ізоцитратдегідрогеназна, лактатдегідрогеназна активність) гомогенат тканин готували на 0,25 М сахарозі у співвідношенні 1:10. Ядра, мітохондрії та мікросоми відділяли за загальноприйнятими методиками з урахуванням деяких особливостей фракціонування гомогенатів тканин риб (Schachman Н. К., 1959; Зинич В. Н., 1986). Крім того, активність глюкозо-6-фосфатази (ЕС 3.1.3.9) цитоплазматичної фракції гепатоцитів контролювали за методом Лоурі-Лопеса (Lowry О. Н., Lopez S. А., 1946; Скулачев В. П., 1962), а активність аланінамінотрансферази і аспартатамінотрансферази цитоплазматичної фракції гепатоцитів печінки та сироватки крові риб – за методом S. Reitman, S. Frankel (1957), цитата за Г. Колб (1976).

Одержані результати досліджень оброблено загальноприйнятими методами варіаційної статистики з використанням комп'ютерної програми MS Excel і критерію достовірності Стьюдента (Медведев Л. Н., 2004; Кобзарь А. И., 2006). Розходження між порівнюваними групами вважали вірогідними за умови $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Показники обміну вуглеводів у коропів різного віку. В результаті проведених досліджень виявлено, що вміст глюкози та глікогену в тканинах коропів залежить від вікової групи риб і тривалості їх перебування у воді

акваріумів. Встановлено, що найвищий вміст глікогену спостерігався в печінці цьоголіток коропа на початку експерименту, тобто на першу та 7 добу (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив терміну інкубації у лабораторних умовах за відсутності корму на вміст глюкози та глікогену в тканинах коропа різного віку, $M \pm m$

Період дослідження, доба	Вікова група риб					
	мальки (n=18)		цьоголітки (n=12)		дворічки (n=6)	
	глюкоза, ммоль/кг	глікоген, ммоль/кг	глюкоза, ммоль/кг	глікоген, ммоль/кг	глюкоза, ммоль/кг	глікоген, ммоль/кг
печінка						
1	63,81±4,53	51,75±4,00*	56,34±5,97	388,13±40,00	54,94±5,63	63,38±7,60*
7	49,05±0,48 [#]	34,72±3,47 [#]	56,99±1,60	394,72±29,01	53,28±6,31	56,75±3,13*
14	75,02±2,71 ^{*#}	20,42±0,26 [#]	53,42±0,17	203,94±9,27 [#]	78,43±0,11 ^{*#}	29,65±3,84 ^{*#}
білі м'язи						
1	0,81±0,06	15,50±1,63*	1,09±0,12	87,90±9,00	0,66±0,06	20,25±2,13*
7	0,54±0,04 [#]	17,71±0,60*	1,03±0,01	97,34±13,91	0,88±0,09 [#]	19,38±1,50*
14	2,60±0,08 ^{*#}	15,31±0,89*	1,42±0,04 [#]	129,78±4,64 [#]	1,17±0,07 [#]	16,43±0,53 ^{*#}

Примітки: * відмінність відносно показників цьоголіток коропа вірогідна, $p \leq 0,05$; [#] відмінність відносно першої доби дослідження вірогідна, $p \leq 0,05$.

На 14 добу рівень глікогену в печінці цьоголіток коропа знизився в 1,9 раза, порівняно з його вмістом на початку дослідження, що пов'язано, ймовірно, з його використанням для забезпечення енергетичних процесів у організмі за відсутності корму (Крючков В. Н., 2005). Вміст глікогену в печінці мальків, порівняно з цьоголітками, виявився значно нижчим у всі періоди дослідження, що зумовлено низькою глікогендепонуючою функцією цього органу на початковій стадії онтогенезу та значними витратами даного метаболіту на підтримання рівня глюкози в крові на фізіологічному рівні. За відсутності надходження поживних речовин з кормом, рівень глікогену в печінці мальків знизився в 1,5 раза на 7 добу експерименту і в 2,5 раза на 14 добу порівняно з аналогічними даними у риб на першу добу дослідження. Одержані результати свідчать про те, що у риб, як і в теплокровних тварин, глікоген печінки відіграє важливу роль в енергозабезпеченні організму (Романенко В. Д., 1978). Цей висновок підтверджено результатами досліджень вмісту глікогену в печінці дворічок коропа, рівень якого в даному органі виявився також значно нижчим, ніж у цьоголіток. Його вміст у печінці дворічок коропа протягом дослідження зменшувався, особливо на 14 добу, що склало 53,2 % порівняно з початком експерименту. Подібні зміни вмісту глікогену зареєстровані і в білих м'язах коропів різного віку.

Найвищий рівень глікогену в білих м'язах, як і в печінці, виявлено в цьоголіток, порівняно з аналогічними показниками мальків і дворічок коропа (див. табл. 1; табл. 2). У білих м'язах цьоголіток, на відміну від печінки, рівень цього полісахариду упродовж 14 днів експерименту зріс у 1,5 раза, а в мальків і дворічок коропа практично не змінювався. Виявлені особливості вмісту глікогену в білих м'язах коропа різного віку, ймовірно, пов'язані з різною

руховою активністю риб, де м'язовій тканині належить провідна роль (Романенко В. Д., 1978).

Таблиця 2

Вплив терміну інкубації у лабораторних умовах за відсутності корму на вміст глюкози, протеїну в крові та печінці, амілолітичну активність печінки коропів різного віку, $M \pm m$

Показник	Вікова група риб		
	мальки (n=18)	цьоголітки (n=12)	дворічки (n=6)
кров			
Протеїн (сироватка крові), г/л	–	11,03±0,10	4,49±0,15*
Глюкоза (цільна кров), ммоль/л	–	20,39±2,18	0,71±0,05*
печінка			
Протеїн, г/кг	10,18±0,60*	69,73±3,26	18,70±1,10*
Амілолітична активність, г/год×кг:			
1 доба	50,60±4,90*	80,10±8,50	85,90±7,80
7 доба	55,70±5,70*	84,49±3,88	89,70±8,80
14 доба	43,20±4,30*	122,22±6,94 [#]	110,67±4,65 ^{*#}

Примітки: * відмінність відносно показників цьоголіток коропа вірогідна, $p \leq 0,05$; [#] відмінність відносно першої доби дослідження вірогідна, $p \leq 0,05$.

Показано, що вік риб мав значно менший вплив на рівень глюкози в печінці та білих м'язах, на відміну від вмісту глікогену в тканинах. Так, рівень глюкози в печінці мальків, цьоголіток і дворічок коропа на першу та 7 добу експерименту вірогідно не відрізнявся, а на 14 добу виявився вищим в мальків і дворічок на 40,4 і 46,8 % відповідно, порівняно з аналогічними показниками цьоголіток. Більш суттєві зміни для кожної вікової групи риб спричинила тривалість їх утримання в лабораторних умовах. Показано, що в цьоголіток коропа вміст глюкози в білих м'язах в період експерименту (з першої по 14 добу) зріс на 30,3 %, у мальків – в 3,2 раза, а у дворічок на 77,3 %.

Виявлені зміни вмісту глюкози в білих м'язах коропів різного віку узгоджуються з рівнем глікогену в м'язовій тканині й пов'язані, ймовірно, з процесами гліколізу і глікогенолізу у риб. Це може свідчити про те, що в цьоголіток коропа резерв запасних вуглеводів у тканинах вищий, що забезпечує даній віковій групі риб більшу стійкість до впливу токсичних чинників. У дворічок коропа встановлено менший в 2,5 раза вміст протеїну в сироватці крові та в 3,7 раза в печінці порівняно з цьоголітками на 14 добу експерименту (див. табл. 2), що пов'язано зі зниженням білоксинтезуючої функції печінки риб за відсутності корму.

Проведеними дослідженнями показано, що вік риб практично не впливає на амліолітичну активність гепатопанкреаса (печінки) коропа. У мальків коропа цей показник протягом періоду досліджень не змінювався, а в цьоголіток і дворічок збільшився на 52,6 і 28,8 % відповідно, порівняно з аналогічними даними на першу добу експерименту. Отже, в тканинах коропа різного віку виявлено ряд особливостей обміну вуглеводів, які залежать від віку риб і пов'язані з тканинною специфічністю, функціональною активністю та депонуючою здатністю печінки та білих м'язів коропа. При цьому ці

особливості проявляються по-різному протягом 14 діб експозиції у лабораторних умовах за відсутності корму. Відповідно, можна очікувати, що різні вікові групи риб мають різний рівень толерантності до дії ксенобіотиків.

Показники обміну вуглеводів і протеїнів у коропа за дії 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру. Дослідженнями не виявлено суттєвого впливу 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру на показники вуглеводного обміну в печінці дворічок коропа, про що свідчать дані щодо вмісту глікогену та глюкози в цьому органі риб дослідної групи, порівняно з контролем. Рівень цих субстратів у печінці риб дослідної групи на 14 добу експерименту залишився без змін, попри виявлені відмінності в активності ряду ензимів, що беруть участь у їх перетворенні (табл. 3). Встановлено зростання в 1,9 раза активності мітохондріальної ізоцитратдегідрогенази в печінці дворічок коропа дослідної групи, порівняно з контролем. Беручи до уваги роль даного ензиму в функціонуванні циклу трикарбонових кислот, можна допустити вплив 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру на окисно-відновні процеси, пов'язані з перетворенням ізоцитрату та утворенням NADPH·H. Зростання в печінці риб дослідної групи в 3,8 раза активності цитоплазматичної глюкозо-6-фосфатази можливо пов'язано з впливом даного гербіциду на процеси глюконеогенезу, що корелює із вмістом глюкози в цьому органі.

Таблиця 3

Вміст глюкози, глікогену та питома активність ензимів у печінці дворічок коропа за дії 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру, $M \pm m$, $n=6$

Показник	Контроль	Дослід
печінка		
Глюкоза, ммоль/кг	78,43±0,11	70,33±9,70
Глікоген, ммоль/кг	29,65±3,84	18,50±6,59
цитоплазма		
ЛДГ, мкмоль NADH/ хв×мг протеїну	0,22±0,01	0,23±0,07
Г-6-ФДГ, мкмоль NADPH/ хв×мг протеїну	0,14±0,02	0,09±0,01*
Г-6-Ф-аза, мкмоль Pi/ хв×мг протеїну	0,59±0,11	2,23±0,35*
Амілолітична, г/год×кг	110,67±4,65	127,25±26,08
мітохондрії		
ІЦДГ, мкмоль NADPH/ хв×мг протеїну	0,12±0,01	0,23±0,02*

Примітки: * відмінність відносно показників контрольної групи вірогідна, $p \leq 0,05$; ЛДГ – лактатдегідрогеназа; Г-6-ФДГ – глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа; Г-6-Ф-аза – глюкозо-6-фосфатазна; ІЦДГ – ізоцитратдегідрогеназа.

Виявлено, що 2,4-дихлорфеноксиоцтова кислота бутилового естеру у концентрації 0,008 мг/дм³ знижує в 1,6 раза активність цитоплазматичної глюкозо-6-фосфатдегідрогенази порівняно з контролем. Одержані дані можуть бути наслідком впливу даного гербіциду на процеси пентозофосфатного шунту та, ймовірно, свідчать про гальмування процесу утворення пентоз і коферментів.

Дослідження активності одного із ключових ферментів анаеробного шляху окиснення вуглеводів, а саме цитоплазматичної лактатдегідрогенази у дворічок і цьоголіток коропа показало, що цей показник у риб дослідної групи порівняно з контролем не змінюється. Одержані дані свідчать, що за концентрації 0,008 мг/дм³ дія 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру вірогідно не пов'язана з впливом на реакції анаеробного шляху окиснення вуглеводів, натомість, як вказує С. В. Яблонська та співавтори (2008), можливо йде процес впливу на Mg²⁺,Ca²⁺-АТФазну активність плазматичної мембрани гепатоцитів.

У печінці цьоголіток коропа за концентрації 0,008 мг/дм³ 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру найбільшою мірою зріс вміст таких глюкогенних амінокислот, як треонін – в 3,8 раза та аланін – в 3 рази. Одночасно в печінці знижувався рівень ряду кетогенних амінокислот, а саме: лізину – в 3,5 раза, лейцину та ізолейцину – в 2,7 раза та фенілаланіну – в 2,5 раза. Вміст інших амінокислот, а саме аспарагінової кислоти та гістидину за цих умов не змінювався. Амінокислоти, особливо глюкогенні, здатні підтримувати високий рівень глюкози в печінці риб, що корелює з глюкозо-6-фосфатазною активністю цитоплазматичної фракції печінки.

У печінці дворічок коропа за цих же умов вміст гліцину підвищився в 1,3 раза, а вміст валіну знизився в 1,9 раза. Одержані дані щодо вмісту ряду вільних амінокислот у печінці риб можуть бути частково пов'язані з віком риб, а також із впливом 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру на процеси їх перетворення.

Таким чином, гербіцид 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру в концентрації 0,008 мг/дм³ не вплинув на вміст глюкози та глікогену в тканинах дворічок коропа, але змінював активність ряду ензимів цитоплазматичної та мітохондріальної фракцій печінки, а також вміст значної кількості глюкогенних та кетогенних амінокислот.

Вплив метрибузину на показники вуглеводно-протеїнового обміну коропа. Витримування риб протягом 14 діб у воді акваріуму з концентрацією метрибузину 0,4 мг/дм³ знижувало рівень глюкози білих м'язів мальків і цьоголіток коропа в 6,6 і 2,5 раза відповідно. Зареєстровано також зниження рівня глюкози в печінці дворічок коропа на 13,7 % і глікогену в білих м'язах на 35,2 % порівняно з контролем (табл. 4). Вміст глікогену в печінці мальків, цьоголіток і дворічок дослідної групи, а також глікогену білих м'язів цьоголіток, глюкози білих м'язів дворічок порівняно з контролем не змінювався.

Амілолітична активність гепатопанкреасу (печінки) дворічок коропа за цих умов зростала меншою мірою, ніж за дії 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру, підвищуючись в середньому на 27,7 % порівняно з контролем.

Показано, що на 7 добу метрибузин в концентрації 0,4 мг/дм³ води зменшував цитоплазматичну амілолітичну активність гепатопанкреасу цьоголіток коропа на 44,9 % порівняно з контролем. На 14 добу даний показник

теж був нижчим від контролю на 24,8 %, а на 21 добу метрибузин сприяв зростанню амілолітичної активності в середньому на 32,9 % (рис. 2).

Таблиця 4

Вміст глюкози і глікогену в тканинах коропа різного віку за дії метрибузину, ммоль/кг, $M \pm m$

Група	Вікова група риб					
	мальки (n=18)		цьоголітки (n=12)		дворічки (n=6)	
	глюкоза	глікоген	глюкоза	глікоген	глюкоза	глікоген
печінка						
Контроль	75,02±2,71	20,42±0,26	53,42±0,17	203,94±9,27	78,43±0,11	29,65±3,84
Дослід	64,70±2,81	21,88±1,26	55,13±0,07	222,48±32,11	67,70±0,98*	24,28±3,34
білі м'язи						
Контроль	2,59±0,08	15,31±0,89	1,42±0,04	129,78±4,64	1,17±0,07	16,43±0,53
Дослід	0,39±0,04*	12,47±0,25	0,57±0,04*	111,24±16,06	1,34±0,02	10,64±0,12*

Примітка. * відмінність відносно показників контрольної групи вірогідна, $p \leq 0,05$

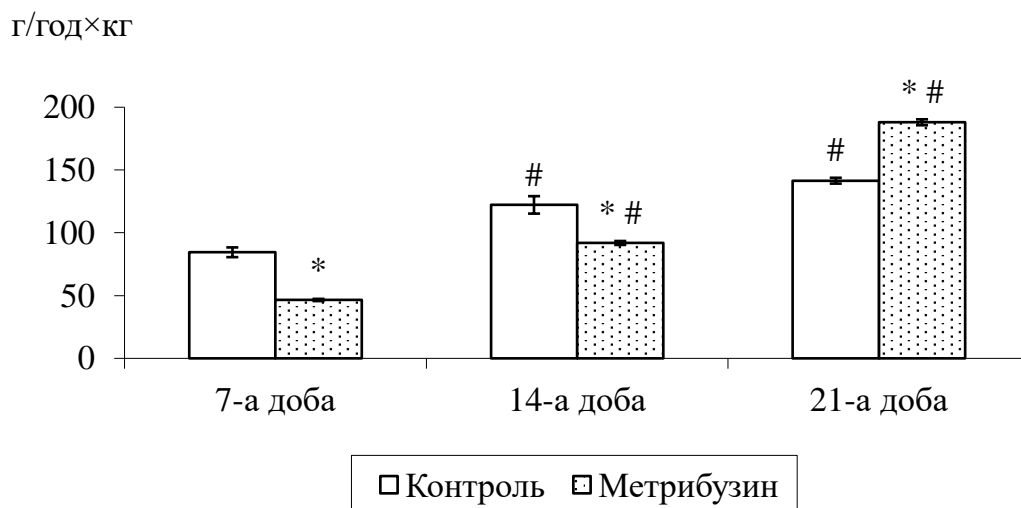


Рис. 2. Амілолітична активність гепатопанкреасу цьоголіток коропа за дії метрибузину, $M \pm m$, $n=12$

Примітки: * відмінність відносно показників контрольної групи вірогідна, $p \leq 0,05$; # відмінність відносно 7 доби дослідження вірогідна, $p \leq 0,05$.

Метрибузин, доданий у воду в концентрації 0,4 мг/дм³, зменшував у 2,6 раза суму кетогенних амінокислот у печінці цьоголіток коропа на 14 добу дії, зокрема знизився вміст лізину в 3,2 раза (табл. 5).

Зареєстровано зниження також і рівня деяких глікогенних амінокислот у печінці цьоголіток дослідної групи: валіну – в 2 рази, цистеїну – в 5 разів за одночасного зростання вмісту аланіну – в 3,1 раза, треоніну – в 4 рази, глутамінової кислоти – на 39,4 %, гістидину – в 1,8 раза. Вказані зміни вмісту вільних амінокислот у печінці риб дослідної групи вірогідно пов'язані з тим, що триазини, до яких відноситься і метрибузин, є антиметаболітами піримідинових основ і викликають антифолієвий ефект внаслідок блокади дигідрофолатредуктази (Печникова І. О., 2013).

Вміст вільних амінокислот у печінці коропа за дії метрибузину, $M \pm m$

Амінокислота, мкмоль/г	Вікова група риб			
	цьоголітки (n=12)		дворічки (n=6)	
	контроль	дослід	контроль	дослід
Аланін	0,17±0,02	0,52±0,07*	0,49±0,08	1,04±0,19*
Валін	0,04±0,01	0,02±0,01	0,23±0,03	0,16±0,03*
Гліцин	3,09±0,40	3,00±0,44	3,27±0,52	4,76±0,86*
Треонін	0,20±0,03	0,80±0,12*	1,22±0,20	0,81±0,15*
Цистеїн	1,24±0,20	0,25±0,04*	1,40±0,22	1,41±0,23
Аспарагінова	0,39±0,06	0,36±0,05	0,78±0,13	1,18±0,20*
Глутамінова	1,75±0,26	2,44±0,37*	2,97±0,48	3,83±0,57*
Гістидин	0,28±0,05	0,50±0,08*	0,91±0,15	0,75±0,11
Аргінін	0,50±0,07	0,50±0,07	сліди	сліди
Лізін	2,19±0,28	0,69±0,10*	3,25±0,52	1,88±0,34*
Лейцин+Ізолейцин	0,11±0,02	0,18±0,03*	0,55±0,09	0,55±0,08
Фенілаланін	0,10±0,01	0,08±0,01*	0,24±0,04	0,15±0,03*
Сума глюкогенних	7,65	8,31	11,27	13,93
Сума кетогенних	2,30	0,87	3,80	2,43
Загальна сума	10,05	9,26	15,31	16,51

Примітка. * відмінність відносно показників контрольної групи вірогідна, $p \leq 0,05$

Подібні за характером зміни вмісту вільних амінокислот за дії метрибузину зареєстровані в печінці дворічок коропа. Так, збільшилася концентрація аланіну – в 2,1 раза, гліцину – на 45,6 %, аспарагінової кислоти – на 51,3 %, глутамінової кислоти – на 29,0 %, в той же час зменшився вміст валіну – на 30,4 %, треоніну – на 33,6 %, лізину – на 42,2 %, фенілаланіну – на 37,5 % за сталих значень рівнів цистеїну, гістидину, лейцину та ізолейцину. Зростання ряду замісних амінокислот узгоджується зі зниженням активності цитоплазматичної аланінамінотрансферази в тканинах дворічок коропа.

Метрибузин знижував активність мітохондріальної ізоцитратдегідрогенази печінки цьоголіток коропа порівняно з контролем в 8,8 раза, одночасно підвищуючи цей показник у дворічок в 1,6 раза (рис. 3).

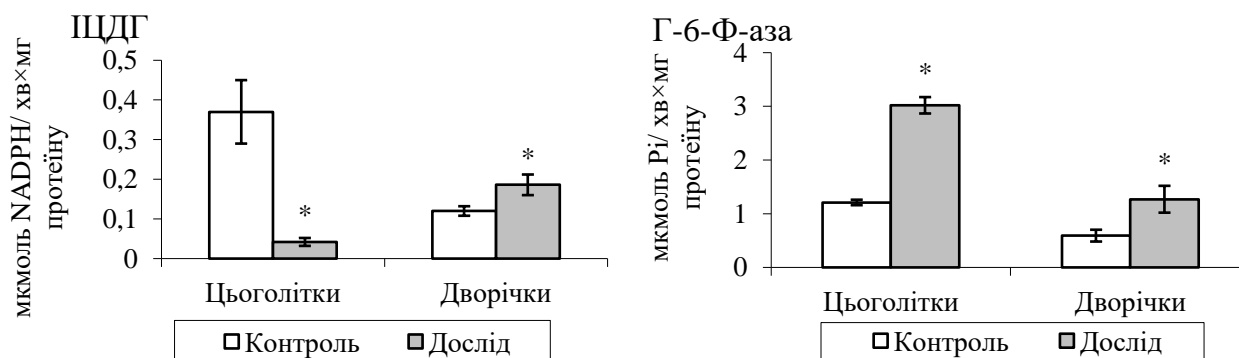


Рис. 3. Питома активність ізоцитратдегідрогенази та глюкозо-6-фосфатази печінки коропа за дії метрибузину, $M \pm m$, n=12 (цьоголітки), n=6 (дворічки)

Примітки: * відмінність відносно показників контрольної групи вірогідна, $p \leq 0,05$; ІЦДГ – ізоцитратдегідрогеназа; Г-6-Ф-аза – глюкозо-6-фосфатаза

Дослідження цитоплазматичної глюкозо-6-фосфатази печінки цьоголіток коропа показало, що її активність під дією метрибузину зростала в 2,5 раза, а в дворічок – в 2,2 раза. Отже, порівняно з контролем, метрибузин у концентрації 0,4 мг/дм³ викликав у дворічок коропа суттєві зміни вмісту вільних амінокислот та активності ряду цитоплазматичних і мітохондріальних ензимів печінки, концентрації глюкози та глікогену в печінці та білих м'язах, що свідчить про комплексний вплив даного токсиканта на процеси вуглеводно-протеїнового обміну в короїв різного віку.

Вплив гліфосату на вуглеводно-протеїновий обмін у коропа. Гліфосат – розповсюджений гербіцид, а його концентрація в природних водоймах може досягати значень 5,2 мг/дм³ води (Мельничук С. Д. та співавтори, 2007). Додавання гліфосату у воду акваріума в концентрації 0,04 мг/дм³ знижувало рівень глюкози в печінці мальків на 14 добу експерименту на 20,1 %, а в цьоголіток – на 11,7 % і не впливало на її вміст у дворічок коропа (табл. 6).

Таблиця 6

**Вміст глюкози і глікогену в тканинах коропа різного віку
за дії гліфосату, ммоль/кг, М±m**

Група	Вікова група риб					
	мальки (n=18)		цьоголітки (n=12)		дворічки (n=6)	
	глюкоза	глікоген	глюкоза	глікоген	глюкоза	глікоген
печінка						
Контроль	75,02±2,71	20,42±0,26	53,42±0,17	203,94±9,27	78,43±0,11	29,65±3,84
Дослід	59,91±0,21*	25,52±0,73*	47,17±0,57*	259,54±4,63*	78,34±0,61	34,33±0,20
білі м'язи						
Контроль	2,59±0,08	15,31±0,89	1,42±0,04	129,78±4,64	1,17±0,07	16,43±0,53
Дослід	1,64±0,29*	12,69±0,22	1,99±0,04*	74,16±4,64*	1,74±0,16*	16,50±1,24

Примітка. * відмінність відносно показників контрольної групи вірогідна, $p \leq 0,05$

У печінці риб за цих же умов виявлено вищий, порівняно з аналогічним показником контрольної групи, рівень глікогену: у мальків – на 25,0 %, у цьоголіток – на 27,3 %, а у дворічок – на 15,8 %. Одержані дані можуть свідчити про вплив гліфосату на реакції глікогенолізу, а також на активність ключових ензимів даного процесу. Подібні за напрямом впливу зміни концентрації глюкози та глікогену одержано за дії гліфосату і в білих м'язах мальків, цьоголіток і дворічок коропа.

Під впливом гліфосату цитоплазматична амілолітична активність гепатопанкреасу цьоголіток коропа знижувалась лише на 21 добу, а зростання даного показника на 14 добу співставлялось зі зменшенням вмісту глікогену в білих м'язах (табл. 7).

У печінці цьоголіток коропа гліфосат підвищував активність цитоплазматичної лактатдегідрогенази в 2 рази, мітохондріальної ізоцитрат-дегідрогенази в 4,4 раза, активність глюкозо-6-фосфатдегідрогенази – в 2,7 раза, натомість, знижував на 23,8 % активність глюкозо-6-фосфатази та в 3 рази – активність аспаратамінотрансферази. Одержані результати вказують

на посилення окисно-відновних реакцій у тканинах риб як відповідь на дію гліфосату, що може бути одним із шляхів детоксикації даного гербіциду.

Таблиця 7

**Питома активність ензимів печінки коропа різного віку
за дії гліфосату, $M \pm m$**

Активність	Вікова група риб			
	цьоголітки (n=12)		дворічки (n=6)	
	контроль	дослід	контроль	дослід
цитоплазма				
ЛДГ, мкмоль NADH/хв×мг протеїну	0,13±0,01	0,26±0,02*	0,11±0,02	0,12±0,02
Г-6-ФДГ, мкмоль NADPH/хв×мг протеїну	0,27±0,03	0,74±0,14*	0,06±0,01	0,08±0,01*
Г-6-Ф-аза, мкмоль Pi/хв×мг протеїну	0,21±0,03	0,16±0,01*	0,99±0,15	0,38±0,02*
Амілолітична, г/год×кг	122,22±6,94	180,24±3,10*	110,67±4,65	123,78±0,61
АлАТ, мкмоль/год×мг протеїну	0,03±0,01	0,02±0,01	4,86±0,06	3,62±0,07*
АсАТ, мкмоль/год×мг протеїну	0,12±0,02	0,04±0,01*	0,79±0,03	1,42±0,05*
мітохондрії				
ЩДГ, мкмоль NADPH/хв×мг протеїну	0,61±0,01	2,71±0,08*	0,02±0,01	0,04±0,01

Примітки: * відмінність відносно показників контрольної групи вірогідна, $p \leq 0,05$; ЛДГ – лактатдегідрогеназа; Г-6-ФДГ – глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа; Г-6-Ф-аза – глюкозо-6-фосфатазна; АлАТ – аланінамінотрансфераза; АсАТ – аспаратамінотрансфераза; ЩДГ – ізоцитратдегідрогеназа.

У печінці дворічок коропа гліфосат підвищував в 1,3 раза активність цитоплазматичної глюкозо-6-фосфатдегідрогенази, що, ймовірно, свідчить про активізацію реакцій пентозофосфатного шунту, а зростання в середньому в 2 рази активності ізоцитратдегідрогенази вказує на посилення реакцій циклу трикарбонових кислот. В експериментах зареєстровано збільшення в 1,8 раза активності аспаратамінотрансферази та зниження в 1,3 раза активності аланінамінотрансферази печінки дворічок за дії гліфосату.

Рівень АТР у печінці цьоголіток коропа за дії гліфосату був у 1,6 раза нижчим від контролю (табл. 8). Обраховані індекси аденілатної системи як у цьоголіток, так і в дворічок коропа під впливом гліфосату теж були нижчими, ніж у контрольної групи, що загалом свідчить про додаткові витрати енергії для детоксикації гліфосату та вичерпання запасів АТР в цих умовах. Встановлено зниження енергетичного фосфатного потенціалу ($АТР/АДР \times P_i$) в 2 рази та в 2,5 рази в цьоголіток і дворічок коропа відповідно. Зменшення аденілатного енергетичного заряду під впливом гліфосату, ймовірно, вказує на незаповненість енергетичного заряду системи в печінці обох вікових груп коропа.

Гліфосат в концентрації 0,04 мг/дм³ змінював фракційний склад білків печінки цьоголіток коропа. Так, фракція альбумінів у печінці цьоголіток коропа зростає в середньому в 1,2 раза, вміст γ -глобулінів підвищився в середньому в 1,4 раза, що можливо пов'язано з токсичним впливом даного гербіциду на

білоксинтезуючу функцію печінки. Показники решти білкових фракцій у печінці цьоголіток, а саме: α_1 -глобуліни, α_2 -глобуліни, β -глобуліни залишилися на рівні контролю.

Таблиця 8

Вміст аденілатів в печінці коропа різного віку за дії гліфосату, $M \pm m$

Показник	Вікова група риб			
	цьоголітки (n=12)		дворічки (n=6)	
	контроль	дослід	контроль	дослід
АТР, ммоль/кг	0,45±0,03	0,28±0,06*	0,45±0,06	0,23±0,07
ADP, ммоль/кг	0,55±0,03	0,46±0,03	0,43±0,09	0,36±0,03
AMP, ммоль/кг	1,00±0,06	1,19±0,19	0,77±0,08	0,93±0,09
Сумма AD, ммоль/кг	2,00	1,92	1,66	1,51
АТР/ADP	0,81	0,60	1,05	0,64
АТР/(ADP×P _i)	1,31	0,67	0,20	0,08
АЕЗ	0,36	0,26	0,40	0,23
ДМ _{АК}	1,48	1,56	1,90	1,67
P _i , ммоль/кг	0,62±0,05	0,90±0,10*	5,17±0,09	8,42±0,01*

Примітка. * відмінність відносно показників контрольної групи вірогідна, $p \leq 0,05$

Попереднє додавання у воду акваріуму пробіотика БПС-44 до внесення гліфосату знижувало в печінці цьоголіток коропа вміст білків фракції α_1 -глобулінів у 1,8 раза і підвищувало в 3,1 раза рівень білків фракції α_2 -глобулінів. Решта фракцій білків печінки риб, а саме: альбуміни, β -глобуліни та γ -глобуліни, залишились на рівні контролю, що може свідчити про позитивну роль даного пробіотика до підвищення стійкості риб до дії гербіциду.

Гліфосат у концентрації 0,04 мг/дм³ води також впливав на фракційний склад білків сироватки крові цьоголіток коропа (табл. 9). Вміст білків фракції α_1 -глобулінів зріс в 9,4 раза, γ -глобулінів – в 2,5 раза; рівень альбумінів знизився в 1,8 раза, білків фракції β -глобулінів – в 2,6 раза. Поряд з цим, залишився на рівні контролю вміст білків α_2 -глобулінової фракції.

Таблиця 9

Фракційний склад білків сироватки крові цьоголіток коропа за дії гліфосату та пробіотика БПС-44, $M \pm m$, n=12

Фракції білків, %	Контроль	Гліфосат	Гліфосат + БПС-44
Альбуміни	45,70±0,02	25,88±0,12*	50,01±0,50
α_1 -глобуліни	2,49±0,05	23,53±1,18*	12,50±0,13*
α_2 -глобуліни	41,81±5,88	39,53±0,12	27,01±0,27*
β -глобуліни	6,83±0,07	2,59±0,01*	6,31±0,06
γ -глобуліни	3,39±0,05	8,47±0,12*	4,20±0,04*

Примітка. * відмінність відносно показників контрольної групи вірогідна, $p \leq 0,05$

Попереднє застосування в якості протектора пробіотика БПС-44 сприяло нормалізації фракційного складу сироватки крові, про що свідчать показники альбумінів, β - і γ -глобулінів у цьоголіток коропа. Однак за дії БПС-44 вміст

α_2 -глобулінів у сироватці крові цього літоку знизився в 1,5 раза, а рівень α_1 -глобулінів залишився в 5 разів вищим відносно контрольної групи.

Пробіотик БПС-44, внесений у воду акваріума перед додаванням гліфосату, призвів до підвищення в сироватці крові цього літоку коропа активності цитоплазматичних амінотрансфераз, а саме аланінамінотрансферази в 1,6 раза та аспартатамінотрансферази в 2,3 раза порівняно з цим показником за дії гліфосату.

У механізмі знешкодження ксенобіотиків активну роль відводять цитохромам P-450 та b5, молекули яких містять атом Феруму (Немова Н. Н., Висоцька Р. У., 2004). Визначення вмісту Феруму показало, що цей показник у мальків за дії гліфосату в печінці незначно зріс (на 9,4 %), а в червоних м'язах знизився в 1,3 раза. У цього літоку коропа під впливом гліфосату вміст Феруму був нижчим, порівняно з контролем: в печінці на 15,5 %, в білих м'язах у 4 рази, в червоних м'язах у 1,5 раза. Дія пробіотика БПС-44 сумісно з гліфосатом у тканинах цього літоку коропа призвела до вирівнювання показника вмісту Феруму в білих м'язах. У печінці в цих умовах спостерігалося зростання даного показника в середньому на 16,5 %, а в червоних м'язах – зниження в 2,8 раза, порівняно з контролем.

Отже, проведені дослідження вказують на особливості енергетичного та вуглеводно-протеїнового обміну коропових риб і свідчать про різні механізми дії 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти бутилового естеру, метрибузину та гліфосату в печінці, крові та м'язах коропів різного віку. Найбільш негативний вплив на вуглеводно-протеїновий обмін цього літоку і дворічок коропа здійснив метрибузин, а в мальків – гліфосат. Пробіотик БПС-44, внесений у воду акваріума за одну добу до додавання гліфосату, позитивно вплинув на процеси обміну протеїнів у риб, підвищивши стійкість коропів до дії гліфосату.

ВИСНОВКИ

Досліджено процеси енергетичного та вуглеводно-протеїнового обміну в тканинах коропів різного віку в нормі, за дії 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти бутилового естеру, метрибузину, гліфосату та профілактики їхнього впливу пробіотиком БПС-44. Встановлено особливості вуглеводно-протеїнового обміну в печінці, крові та м'язах коропів. Виявлено, що ступінь впливу гербіцидів на процеси вуглеводно-протеїнового та енергетичного обміну залежить від механізму їх токсичної дії на організм, виду та дози токсиканта, віку риб і тривалості їх перебування в даних умовах. Механізм токсичного впливу досліджених гербіцидів на риб пов'язаний зі змінами ряду показників вуглеводно-протеїнового та енергетичного обміну, активності цитоплазматичних та мітохондріальних ензимів, вмісту вільних амінокислот та аденілатів.

1. Виявлено, що вміст глікогену в печінці та білих м'язах цього літоку коропа вищий, ніж у мальків та дворічок, а за рівнем глюкози різниці не встановлено. Вміст глікогену в печінці мальків, цього літоку і дворічок коропа в динаміці перших 14 діб експерименту знижувався. В білих м'язах риб на

14 добу даний показник у цьоголіток підвищувався, в дворічок знижувався, а в мальків не змінювався.

2. З'ясовано, що в цьоголіток вища амілолітична активність, більший вміст протеїну в печінці та в сироватці крові, а також вища концентрація глюкози в печінці та білих м'язах порівняно з мальками і дворічками коропа.

3. За дії 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутилового естеру в концентрації $0,008 \text{ мг/дм}^3$ у дворічок коропа збільшувалася активність цитоплазматичної глюкозо-6-фосфатази в 3,8 раза, зростала активність мітохондріальної ізоцитратдегідрогенази в 1,9 раза, знижувався рівень амінокислот на фоні сталих значень глюкози та глікогену в печінці та білих м'язах.

4. У печінці дворічок коропа під впливом метрибузину в концентрації $0,4 \text{ мг/дм}^3$ підвищувалася в 2,2 раза активність глюкозо-6-фосфатази та зростала в 1,6 раза ізоцитратдегідрогеназна активність, зменшувався вміст глюкози на 13,7 % та глікогену на 18,1 % за сталих значень лактатдегідрогенази та глюкозо-6-фосфатдегідрогенази в печінці як дворічок, так і цьоголіток коропа. Активація ізоцитратдегідрогеназної активності в печінці риб є спільною ознакою реакції на дію метрибузину дворічок та цьоголіток коропа.

5. Гліфосат, доданий у воду акваріума в концентрації $0,04 \text{ мг/дм}^3$, підвищував у 4,4 раза активність мітохондріальної ізоцитратдегідрогенази, в 2,7 раза – глюкозо-6-фосфатдегідрогенази, в 2 рази – лактатдегідрогенази, знижував на 23,8 % активність глюкозо-6-фосфатази в цитоплазмі та на 11,7 % – вміст глюкози в печінці цьоголіток коропа.

6. Встановлено підвищення в печінці дворічок коропа в 1,3 раза активності глюкозо-6-фосфатдегідрогенази та в 2 рази мітохондріальної ізоцитратдегідрогенази, зниження в 2,6 раза активності глюкозо-6-фосфатази за дії гліфосату. Знижувався також рівень протеїну сироватки крові на 10,2 % та печінки на 22,5 %.

7. У дворічок коропа за концентрації гліфосату $0,04 \text{ мг/дм}^3$ у воді акваріума активність аспартатамінотрансферази у печінці зростала в 1,8 раза, а активність аланінамінотрансферази знижувалась в 1,3 раза.

8. Встановлено, що гліфосат призвів до зниження вмісту Феруму в печінці, білих та червоних м'язах цьоголіток коропа. В мальків показник Феруму знизився в 1,3 раза в червоних м'язах на фоні зростання на 9,4 % в печінці.

9. З'ясовано, що пробіотик БПС-44, внесений у воду акваріума за одну добу до додавання гліфосату, зменшував дисбаланс фракційного складу сироватки крові та печінки цьоголіток коропа, викликаний дією гліфосату. Однак вміст α_2 -глобулінів у сироватці крові цьоголіток знизився в 1,5 раза, а рівень α_1 -глобулінів залишився в 5 разів вищим відносно контрольної групи. Одержані дані підтверджують доцільність застосування пробіотика БПС-44 у водоймах як засобу захисту організму коропових риб від негативного впливу гербіцидів.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Відношення активності аспаратамінотрансферази до аланін-амінотрансферази сироватки крові риб може бути рекомендовано для біотестування екологічного стану водойм, у тому числі за гербіцидного навантаження. Зменшення цього коефіцієнта в 1,5 раза і більше, порівняно з контролем, вказує на токсичний рівень забруднення.

2. Зростання активності мітохондріальної ізоцитратдегідрогенази у печінці дворічок коропа за дії 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти бутилового естеру, метрибузину та гліфосату може бути використано як діагностичний тест токсичного впливу гербіцидів на риб.

3. Рибогосподарським організаціям пропонується для профілактики негативного впливу гліфосату за вирощування коропових риб застосовувати пробіотик БПС-44 із розрахунку $0,125 \times 10^{12}$ КУО/м³ води за одну добу до ймовірного потрапляння токсиканта в водойму.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Бібчук К. В. Показники білкового обміну в печінці коропа за умов впливу гербіцидів зенкору і раундапу. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 2008. № 3 (37). С. 11–14.

2. Жиденко А. О., Мехед О. Б., Бібчук К. В. Залежність показників вуглеводного обміну в тканинах коропа від дії гербіцидів різної хімічної структури. Вісник Запорізького національного університету. Серія: Біологічні науки. 2008. № 1. С. 88–93. *(Здобувач провела визначення показників вуглеводного обміну в печінці та білих м'язах мальків коропа за дії 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти бутилового естеру і метрибузину та підготувала матеріали до друку).*

3. Бібчук К. В., Жиденко А. О. Вплив гербіцидів раундапу і зенкору на вміст заліза у тканинах коропа та можливість його компенсації пробіотиком БПС-44. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. 2009. № 1–2 (39). С. 81–84. *(Здобувач провела визначення показників вмісту Феруму в червоних, білих м'язах та печінці цьоголіток коропа за дії гербіцидів, вивчила можливість компенсації коливань вмісту Феруму за допомогою пробіотика БПС-44 та підготувала матеріали до друку).*

4. Жиденко А. А., Бібчук Е. В., Мехед О. Б., Кривопиша В. В. Влияние гербицидов различной химической структуры на углеводный обмен в организме карпа. Гидробиологический журнал. 2009. Т. 45. № 5. С. 70–81. *(Здобувач провела визначення показників вуглеводного обміну в печінці та білих м'язах дворічок коропа за дії 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти бутилового естеру, метрибузину і гліфосату та підготувала матеріали до друку).*

5. Барбухо Е. В., Бібчук Е. В., Жиденко А. А., Божок Л. В. Использование пробиотика с целью компенсации негативного влияния

гербицидної нагрзуки на рыб. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. 2010. № 920. С. 47–53. *(Здобувач провела вивчення можливості профілактики коливань показників вуглеводного обміну за дії гліфосату за допомогою пробіотика БПС-44 в сироватці крові, печінці та білих м'язах цьоголіток коропа, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

6. Жиденко А. О., **Бібчук К. В.**, Полетай В. М., Кривопиша В. В. Значення показників метаболізму печінки для адаптації рыб в умовах гербицидного забруднення водойм. Біологічні системи. 2012. Т. 4. Вип. 4. С. 433–437. *(Здобувач провела визначення показників білкового обміну в сироватці крові цьоголіток коропа за дії гліфосату, аналіз одержаних даних та брала участь у написанні статті).*

7. Жиденко А. А., **Бибчук Е. В.**, Барбухо Е. В. Влияние глифосата на энергетический обмен в органах карпа. Український біохімічний журнал. 2013. Т. 85. № 3. С. 22–30. *(Здобувач провела визначення активності ферментів вуглеводного обміну та вмісту аденілатів у печінці дворічок коропа за дії гліфосату, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

**Стаття у науковому фаховому виданні України,
включеному до міжнародних наукометричних баз даних**

8. **Бібчук К. В.**, Жиденко А. О. Стан коропових рыб в умовах інтенсивного застосування гербицидів. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Гідроекологія. 2015. № 3–4 (64). С. 74–78. *(Здобувач провела визначення змін у тканинах рыб за дії високої концентрації гліфосату, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

**Стаття у науковому виданні України,
включеному до міжнародних наукометричних баз даних**

9. **Бибчук Е. В.**, Жиденко А. А. Состояние организма карпа в условиях действия гербицидов, нормализация пробиотическим препаратом БПС-44. ScienceRise. 2015. № 10/6 (15). Р. 6–11. *(Здобувач провела узагальнення впливу гліфосату на біохімічні процеси в печінці коропа та підготувала матеріали до друку).*

Патент України на корисну модель:

10. Жиденко А. О., **Бібчук К. В.** Патент України на корисну модель 107998, МПК (2016.01) G01N 33/12. Застосування визначення відношень активності ферментів аспартатамінотрансферази до аланінамінотрансферази як способу оцінки гербицидного навантаження на прісноводних рыб; заявники і патентовласники А. О. Жиденко, К. В. Бібчук; № u 2016 00285; заявлено 14.01.2016; опубліковано 26.06.2016; Бюл. № 12. *(Здобувач виконала експериментальну частину щодо вивчення можливості застосування активності аспартатамінотрансферази і аланінамінотрансферази сироватки крові коропа за дії метрибузину і гліфосату як показника забруднення водойм гербицидами та підготувала матеріали до патентування).*

Тези наукових доповідей:

11. Жиденко А. А., Мехед О. Б., **Бибчук Е. В.** Влияние пестицидов на качественное и количественное содержание аденилатов в тканях карпа. Актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных: Международная научная конференция, г. Саранск, Российская Федерация, 10 марта 2005 года: тезисы доклада. Саранск, 2005. С. 68–70. *(Здобувач провела визначення вмісту аденілатів в тканинах дворічок коропа за дії 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти амонійної солі та метрибузину та підготувала матеріали до друку).*

12. Бібчук К. В. Вплив пестицидів на якісний та кількісний вміст аденілатів у тканинах коропа. Дослідження в галузі природничих наук: Екологічна конференція студентів та молодих вчених, м. Чернігів, 15 квітня 2005 року: тези доповіді. Чернігів, 2005. С. 3–4.

13. **Бібчук К. В.**, Жиденко А. О. Особливості впливу гербіцидів на вуглеводний обмін у тканинах коропа. Вісник Чернігівського державного педагогічного університету. Серія: Біологічні науки. Всеукраїнська наукова конференція, м. Чернігів, 10 лютого 2006 року: тези доповіді. Чернігів, 2006. Вип. 40. № 1. С. 87–91. *(Здобувач провела визначення показників вуглеводного обміну в тканинах дворічок коропа під впливом 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти бутилового естеру, метрибузину і гліфосату та підготувала матеріали до друку).*

14. **Бібчук К. В.**, Жиденко А. О. Вплив гербіцидів на вуглеводний обмін коропа. Молодь та поступ біології: II Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів, м. Львів, 21–24 березня 2006 року: тези доповіді. Львів, 2006. С. 175. *(Здобувач провела визначення показників вуглеводного обміну в печінці та білих м'язах дворічок коропа за дії 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти амонійної солі, метрибузину і гліфосату та підготувала матеріали до друку).*

15. Жиденко А. О., **Бібчук К. В.** Особливості вуглеводного обміну в тканинах коропа в умовах гербіцидного навантаження. IX Український біохімічний з'їзд, м. Харків, 24–27 жовтня 2006 року: матеріали з'їзду. К., 2006. Т. 1. С. 124. *(Здобувач провела визначення показників вуглеводного обміну в тканинах дворічок коропа за дії 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти бутилового естеру, метрибузину і гліфосату та підготувала матеріали до друку).*

16. **Бібчук К. В.**, Жиденко А. О. Зміни вмісту глюкози і глікогену в тканинах коропа (0+) під впливом раундапу і зенкору. Молодь та поступ біології: III Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів, м. Львів, 23–27 березня 2007 року: тези доповіді. Львів, 2007. С. 33–34. *(Здобувач провела визначення показників вуглеводного обміну в тканинах цьоголіток коропа за дії метрибузину і гліфосату та підготувала матеріали до друку).*

17. Жиденко А. А., Мехед О. Б., **Бибчук Е. В.** Зависимость показателей углеводного обмена в тканях карпа от действия гербицидов разной химической структуры. Біологія ХХІ століття: теорія, практика, викладання: Міжнародна наукова конференція, м. Черкаси – м. Канів, 1–4 квітня 2007 року: тези доповіді. К., 2007. С. 51–52. *(Здобувач провела визначення активності*

ферментів вуглеводного обміну в печінці цьоголіток коропа за дії метрибузину і гліфосату та підготувала матеріали до друку).

18. **Бібчук К. В.**, Мирна Ю. П. Вплив гербіцидів на показники вуглеводного обміну в печінці молоді коропа. Сучасні проблеми природничих наук: II Всеукраїнська наукова конференція студентів і аспірантів, м. Ніжин, 25–26 квітня 2007 року: тези доповіді. Ніжин, 2007. С. 82–83. *(Здобувач провела визначення показників вуглеводного обміну в тканинах цьоголіток коропа за дії 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти амонійної солі, метрибузину і гліфосату, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

19. **Бібчук К. В.**, Жиденко А. О. Зміни активності аланін- і аспартат-амінотрансферази в організмі коропа за умов гербіцидного навантаження. Сучасні проблеми водних екосистем: Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Дніпропетровськ, 18 жовтня 2007 року: тези доповіді. Дніпропетровськ, 2007. С. 6–7. *(Здобувач провела визначення активності аланінамінотрансферази і аспартатамінотрансферази в сироватці крові та печінці дворічок коропа за дії метрибузину і гліфосату, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

20. **Бібчук К. В.**, Жиденко А. О. Зміни активності аланін- та аспартат-амінотрансферази в тканинах коропа за умов впливу гербіцидів, концентрація яких складає 2 і 4 ГДК. Молодь та поступ біології: IV Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів, м. Львів, 7–10 квітня 2008 року: тези доповіді. Львів, 2008. С. 415–416. *(Здобувач провела визначення активності аланінамінотрансферази і аспартатамінотрансферази в сироватці крові та печінці дворічок коропа за дії підвищеної концентрації метрибузину і гліфосату, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

21. Третяк Л. В., **Бібчук К. В.** Активність ферментів АлАТ і АсАТ як показник стану білкового обміну в печінці коропа за умов гербіцидного забруднення водойми. Сучасні проблеми природничих наук: III Всеукраїнська наукова конференція студентів і аспірантів, м. Ніжин, 23–24 квітня 2008 року: тези доповіді. Ніжин, 2008. С. 90–91. *(Здобувач провела визначення активності аланінамінотрансферази і аспартатамінотрансферази в сироватці крові та печінці дворічок коропа за дії метрибузину і гліфосату в різних концентраціях, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

22. Бібчук К. В. Вміст глюкози і глікогену у тканинах коропа в умовах гербіцидного забруднення водойми. Озера та штучні водойми України: сучасний стан й антропогенні зміни: I Міжнародна науково-практична конференція, м. Луцьк, 22–24 травня 2008 року: тези доповіді. Луцьк, 2008. С. 364–367.

23. **Бибчук Е. В.**, Жиденко А. А. Закономерности изменений содержания глюкозы и гликогена в тканях карпа в условиях гербицидного загрязнения водоема. Стратегия развития аквакультуры в современных условиях: Международная научно-практическая конференция, г. Минск, Республика Беларусь, 11–15 августа 2008 года: тезисы доклада. Минск, 2008. Вып. 24. С. 384–386. *(Здобувач провела узагальнення визначених показників вуглеводного*

обміну в тканинах коропа різного віку за дії метрибузину і гліфосату, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).

24. **Бібчук К. В.**, Міщенко Т. В. Окремі біохімічні показники в печінці коропа за умов впливу гербіцидів раундап і зенкор. Екологічні проблеми сільськогосподарського виробництва: II науково-практична конференція молодих учених, м. Київ, 9–11 вересня 2008 року: тези доповіді. К., 2008. С. 88–89. *(Здобувач провела визначення вмісту протеїну та глюкози в тканинах дворічок коропа за дії метрибузину і гліфосату, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

25. Бібчук К. В. Показники вмісту заліза і залізовв'язувальної здатності в діагностуванні хронічного отруєння гербіцидами раундап і зенкор у мальків коропа. Молодь та поступ біології: V Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів, м. Львів, 12–15 травня 2009 року: тези доповіді. Львів, 2009. Т. 1. С. 41–42.

26. Жиденко А. А., **Бібчук Е. В.** Изменения биохимических показателей в печени карпа в условиях действия раундапа. Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології: II Міжнародна іхтіологічна науково-практична конференція, м. Севастополь, 16–19 вересня 2009 року: тези доповіді. Севастополь, 2009. С. 50–52. *(Здобувач провела визначення біохімічних показників печінки цьоголіток і дворічок коропа за дії гліфосату, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

27. **Bibchuk K.**, Mishchenko T., Zhydenko A. AlAT, AsAT and GGT activity in carp hepar under herbicide roundup influence and the opportunity of its compensation with probiotic BPS-44. VII International Parnas Conference, м. Ялта, 3–7 жовтня 2009 року: тези доповіді. К., 2009. Т. 81. № 4. С. 286. *(Здобувач провела визначення активності аланінаміотрансферази і аспартатаміотрансферази в печінці цьоголіток коропа за дії гліфосату, вивчила можливість застосування пробіотичного препарату БПС-44 для профілактики порушень метаболізму коропа, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

28. **Бібчук Е. В.**, Жиденко А. А. Белковые фракции в сыворотке крови карпа в условиях гербицидной нагрузки и компенсаторного действия пробиотика БПС-44. Биоразнообразие и роль животных в экосистемах: V Международная научная конференция, г. Днепропетровск, 12–16 октября 2009 года: тезисы доклада. Днепропетровск, 2009. С. 97–98. *(Здобувач провела визначення білкових фракцій в сироватці крові цьоголіток коропа за дії гліфосату та БПС-44, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

29. Жиденко А. О., **Бібчук К. В.** Зміни вмісту білкових фракцій в печінці та крові цьоголіток коропа за умов дії гербіциду раундап і пробіотичного препарату БПС-44. Біологічні основи управління водними біоресурсами: Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 10–13 листопада 2009 року: тези доповіді. К., 2009. Вип. 67. С. 22–25. *(Здобувач провела визначення білкових фракцій в печінці та сироватці крові цьоголіток коропа за дії гліфосату та БПС-44, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

30. Жиденко А. А., Мищенко Т. В., Кривопиша В. В., **Бибчук Е. В.** Влияние пробиотика БПС-44 на показатели карпа в условиях действия раундапа. Біологічні основи управління водними біоресурсами: Міжнародна наукова конференція, м. Київ, 10–13 листопада 2009 року: тези доповіді. К., 2009. Вип. 66. С. 56–60. *(Здобувач провела визначення показників вмісту Феруму в печінці та м'язах цьоголіток коропа за дії гліфосату та БПС-44, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

31. Жиденко А. А., **Бибчук Е. В.**, Мищенко Т. В. Показатели метаболизма рыб как биоиндикаторы экологической оценки состояния водоемов. Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб: Международная конференция, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 20–22 апреля 2010 года: тезисы доклада. СПб., 2010. С. 63–65. *(Здобувач провела визначення активності аланінаміотрансферази і аспаратаміотрансферази в сироватці крові та печінці цьоголіток коропа за дії гліфосату, вивчила можливість застосування пробіотичного препарату БПС-44 для профілактики порушень метаболізму коропа, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

32. **Бибчук Е. В.**, Барбухо Е. В., Жиденко А. А. Применение пробиотика БПС-44 для компенсации отрицательного действия раундапа на печень карпа. Український біохімічний журнал: Х Український біохімічний з'їзд, м. Одеса, 13–17 вересня 2010 року: матеріали з'їзду. К., 2010. Т. 52. № 4 (додаток 2). С. 232. *(Здобувач провела визначення фракційного складу білків сироватки крові та печінки цьоголіток і дворічок коропа за дії гліфосату, вивчила можливість застосування пробіотичного препарату БПС-44 для профілактики порушень метаболізму коропа, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

33. Жиденко А. А., **Бибчук Е. В.**, Кривопиша В. В. Использование пробиотика БПС-44 с целью предупреждения токсического влияния гербицидов на рыб. Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб: III Международная конференция, г. Борок – г. Москва, Российская Федерация, 18–22 июля 2011 года: тезисы доклада. М., 2011. С. 246–250. *(Здобувач провела визначення фракційного складу білків тканин коропа різного віку за дії гліфосату, вивчила можливість застосування пробіотичного препарату БПС-44 для профілактики порушень метаболізму коропа, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

34. Жиденко А. А., **Бибчук Е. В.**, Кривопиша В. В., Барбухо Е. В. Изменение энергетических показателей печени карпа в условиях гербицидной нагрузки разной интенсивности. Экологические проблемы пресноводных рыбхозхозяйственных водоемов России: Всероссийская научная конференция с международным участием, посвященная 80-летию Татарского отделения «ГосНИОРХ», г. Казань, Российская Федерация, 19–21 октября 2011 года: тезисы доклада. СПб., 2011. С. 140–144. *(Здобувач провела визначення змін показників вуглеводного обміну та вмісту аденілатів у печінці дворічок коропа за дії гербіцидів та підготувала матеріали до друку).*

35. Жиденко А. О., **Бібчук К. В.**, Полетай В. М., Кривопиша В. В. Значення показників метаболізму печінки для адаптації риб в умовах гербіцидного забруднення водойм . Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології: V Міжнародна іхтіологічна науково-практична конференція, присвячена пам'яті І. Д. Шнаревича, м. Чернівці, 13–16 вересня 2012 року: тези доповіді. Чернівці, 2012. С. 189–192. *(Здобувач провела визначення та узагальнення змін показників обмінів вуглеводів та протеїнів у тканинах цьоголіток і дворічок коропа за дії метрибузину і гліфосату та підготувала матеріали до друку).*

36. Бібчук К. В. Індокси печінки і селезінки як показник гербіцидного отруєння риб. Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології: VII Міжнародна іхтіологічна науково-практична конференція, м. Мелітополь – м. Бердянськ, 10–13 вересня 2014 року: тези доповіді. Херсон, 2014. С. 30–33.

37. **Бібчук К. В.**, Жиденко А. О. Зміни вмісту вільних амінокислот у печінці коропа в умовах забруднення водного середовища гербіцидами. Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології: VIII Міжнародна наукова конференція, присвячена 175-річчю кафедри фізіології та анатомії Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, 17–20 жовтня 2017 року: тези доповіді. К., 2017. С. 21–22. *(Здобувач провела визначення вмісту вільних амінокислот у печінці цьоголіток і дворічок коропа за дії гліфосату, аналіз одержаних даних та підготувала матеріали до друку).*

АНОТАЦІЯ

Бібчук К. В. Особливості енергетичного та вуглеводно-протеїнового обміну в коропів різного віку за дії гербіцидів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук зі спеціальності 03.00.04 «Біохімія». Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2018.

Дисертаційне дослідження дозволило встановити особливості вуглеводного обміну коропа різного віку, пов'язані із вмістом глюкози і глікогену в печінці, в крові та в білих м'язах риб, відмінності в амінокислотному складі печінки, активності окремих ферментів. Було показало залежність величин біохімічних показників і процесів енергетичного забезпечення організму коропа від виду тканини, модельних умов утримання, віку риби, природи та механізму дії гербіцидів.

Виявлено, що вміст глікогену в печінці та білих м'язах цьоголіток коропа вищий, ніж у мальків та дворічок, а за рівнем глюкози різниці не встановлено. Показано, що за впливу 2,4-дихлорфеноксоцтової кислоти бутилового естеру, подібно до дії метрибузину, нормальний рівень глюкози печінки дворічок коропа підтримувався за рахунок збільшення активності цитоплазматичної глюкозо-6-фосфатази (в 3,8 раза). Виявлено, що механізм дії гліфосату проявлявся в зниженні активності цитоплазматичної глюкозо-6-фосфатази, в зростанні цитоплазматичної глюкозо-6-фосфатдегідрогенази у печінці цьоголіток і дворічок. Енергетичні витрати цьоголіток коропа за впливу

гліфосату забезпечувалися за рахунок катаболізму вуглеводів: йшло підвищення активності цитоплазматичної лактатдегідрогенази, мітохондріальної ізоцитратдегідрогенази та зниження вмісту глюкози печінки. Головними енергетичними субстратами в даних умовах у дворічок можна вважати метаболіти обміну протеїнів, що підтверджується високим рівнем процесів трансамінування, змінами фракційного складу протеїнів крові та печінки, збільшенням активності мітохондріальної ізоцитратдегідрогенази на фоні сталої цитоплазматичної лактатдегідрогенази.

Пробіотичний препарат БПС-44 загалом позитивно вплинув на вміст білкових фракцій у сироватці крові та печінці цьоголіток коропа, наблизивши їх величини до контрольних параметрів порівняно з дією гліфосату.

Ключові слова: короп, вік, гербіциди, 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти бутиловий естер, метрибузин, гліфосат, пробіотик, БПС-44, обмін вуглеводів та протеїнів, енергетичний обмін.

АННОТАЦІЯ

Бибчук Е. В. Особенности энергетического и углеводно-протеинового обмена у карпов разного возраста при действии гербицидов. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.04 «Биохимия». Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2018.

Диссертационное исследование позволило установить особенности углеводного обмена карпа разного возраста, связанные с содержанием глюкозы и гликогена в печени, в крови и в белых мышцах рыб, различия в аминокислотном составе печени, активности отдельных ферментов. Было показано зависимость величин биохимических показателей и процессов энергетического обеспечения организма карпа от вида ткани, модельных условий содержания, возраста рыбы, природы и механизма действия гербицидов.

Выявлено, что содержание гликогена в печени и белых мышцах сеголеток карпа выше, чем у мальков и двухлеток, а по уровню глюкозы разницы не установлено. Показано, что под влиянием 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты бутиловый эфир, подобно действию метрибузина, нормальный уровень глюкозы в печени двухлеток карпа поддерживался за счет увеличения активности цитоплазматической глюкозо-6-фосфатазы (в 3,8 раза). Выявлено, что механизм действия гліфосата был противоположен метрибузину и проявлялся в снижении активности цитоплазматической глюкозо-6-фосфатазы, в росте цитоплазматической глюкозо-6-фосфатдегідрогенази в печени сеголеток и двухлеток. Энергетические затраты сеголеток карпа под влиянием гліфосата обеспечивались за счет катаболизма углеводов: шло повышение активности цитоплазматической лактатдегідрогенази, мітохондріальної ізоцитратдегідрогенази и снижение содержания глюкозы в печени. Главными энергетическими субстратами в данных условиях у двухлеток можно считать

метаболиты белкового обмена, что подтверждается высоким уровнем процессов трансаминирования, изменениями фракционного состава белков крови и печени, увеличением активности митохондриальной изоцитрат-дегидрогеназы на фоне постоянной цитоплазматической лактатдегидрогеназы.

Пробиотический препарат БПС-44 в целом положительно повлиял на содержание белковых фракций в сыворотке крови и печени сеголеток карпа, приблизив их значения к контрольным параметрам по сравнению с действием глифосата.

Ключевые слова: карп, возраст, гербициды, 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты бутиловый эфир, метрибузин, глифосат, пробиотик, БПС-44, обмен углеводов и протеинов, энергетический обмен.

ANNOTATION

Bibchuk K. V. Features of energy and carbohydrate-protein metabolism in different age carps under the action of herbicides. – The Manuscript.

Thesis for a candidate degree in biological studies. Speciality 03.00.04 «Biochemistry». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2018.

The dissertation research has revealed the peculiarities of the carbohydrate metabolism of different age carps (*Cyprinus carpio*) related to the content of glucose and glycogen of the liver, blood and white muscles of fish, and also the differences of the amino acid composition of the liver, and activities of individual enzymes. The dependence of the dimension of biochemical indicators and processes of energy supply of the carp organism on the type of tissue, model conditions, age of fish, nature and mechanism herbicides action has been demonstrated. In normal conditions, the greatest changes of carbohydrate metabolism among the tissues of different age carp appeared in liver of this year carps (388.13-394.72 mmol/kg glycogen content of the liver in 1st and 7th day of the exposure). These data attest the carbohydrates as the appropriate energy source for the exploitative adaptation.

The exposures to selected herbicides provoked the changes in carbohydrate metabolism in the piscine tissues: the decrease of glucose content under the influencing of glyphosate in tissues of fry on 15.11 mmol/kg (by 20.1 %) in a liver and on 0.95 mmol/kg (by 36.7 %) in white muscles on 14th day in comparison with 7th day of the exposure. The direction of the changes under 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid butyl ester action was similar to that caused by the metribuzin but control parameters did not change through the use of all available energy substrates of two year old *C. carpio*. The exposure to metribuzin caused quite significant changes of the amino acid composition in the liver of two years old carps. The changes of carbohydrate metabolism in tissues under metribuzin influence on this year carps on 7th day of the exposure only started, but at the 14th day they gained a substantial degree.

The energy costs for maintaining the survival of this year carps and the detoxification of glyphosate were mainly ensured by carbohydrate catabolism, as it is evident from the increase of the cytoplasmic lactatedehydrogenase and mitochondrial

isocitratdehydrogenase activities, and a decrease of the level of glucose in the liver. The protein metabolites can be considered the main energy substrates in these conditions for two year old *C. carpio*, that is confirmed by the high level of transamination processes, the activity of aminotransferases, changes of the fractional composition of blood and liver proteins, and the increase in activity of isocitratdehydrogenase against the background of constant lactatedehydrogenase activity. The glyphosate action caused the opposite effect compare to metribuzin and manifested itself in the decrease the activity of glucose-6-phosphatase and in the growth of glucose-6-phosphate dehydrogenase of the liver of both age groups of carp.

Obtained results highlighted that the action of glyphosate caused negative changes in to the protein metabolism of carp: maintenance of γ -globulins grows in blood and in the liver. In addition, in blood the maintenance of albumins and β -globulins goes down considerably, and in a liver – α_2 -globulins.

Changes at glucose content in two year old carps tissues at 4 maximum allowed concentration of metribuzin were similar to effect of 2 maximum allowed concentration, whereas glyphosate in high concentrations allowed to develop the adaptation (16.3 % increase of glucose level in liver at 4 maximum allowed concentration of glyphosate but 13.7 % decrease at 4 maximum allowed concentration of metribuzin in comparison with control). Influence of glyphosate in a concentration off 4 maximum allowed concentration led to increase of protein level in liver. Values of alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase activity, and also aspartate aminotransferase / alanine aminotransferase ratio, can be used in biotesting as indicators of fishes defeat by herbicides. Particularly, under effect of glyphosate, aspartate aminotransferase / alanine aminotransferase ratio in blood of this year carps decreased by 6.9 times, in blood of two year old carps – by 2.6 times, attesting the toxic impact on the fish organism.

Probiotic preparation BPS-44 had positive effect on the levels of protein fractions in blood serum and liver of this year carps approximating them to control parameters (except α_2 -globulins in blood and α_1 -and α_2 -globulins in the liver) confirming the suitability of its application to offset the glyphosate impact on fish.

Key words: scaly carp, age, herbicides, 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid butyl ester, glyphosate, metribuzin, probiotic, BPS-44, carbohydrate, protein, metabolism, ATP.