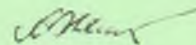


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені І.І. МЕЧНИКОВА

ЖИДЕНКО Алла Олександрівна



УДК 574.64+597.551.2:591.[1/5]

МОРФОФІЗІОЛОГІЧНІ АДАПТАЦІЇ РІЗНОВІКОВИХ ГРУП
CYPRINUS CARPIO L. ЗА НЕСПРИЯТЛИВОЇ ДІЇ
ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

03.00.16. – екологія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора біологічних наук

Одеса – 2009

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Чернігівському державному педагогічному університеті імені Т.Г. Шевченка, МОН України

Науковий консультант: доктор біологічних наук, професор
Грубінко Василь Васильович,
Тернопільський національний педагогічний
університет імені Володимира Гнатюка,
завідувач кафедри загальної біології, м. Тернопіль

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук,
член-кореспондент НАН України, професор
Шульман Георгій Степанович,
Інститут біології підривних морів НАН України,
головний науковий співробітник, м. Севастополь.

доктор біологічних наук, професор
Ареви Орест Михайлович,
Інститут гідробіології НАН України,
завідувач відділу екотоксикології, м. Київ

доктор біологічних наук, професор,
Курант Володимир Зиновійович,
Тернопільський національний педагогічний
університет імені Володимира Гнатюка,
декан хіміко-біологічного факультету,
м. Тернопіль.

Захист відбудеться 12 червня 2009 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.051.06 при біологічному факультеті Одеського національного університету імені І.І. Мечникова за адресою 65058, Україна, м. Одеса, Шампанський провулок, 2.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Одеського національного університету імені І.І. Мечникова за адресою: 65082, Україна, м. Одеса, вул. Преображенська, 24.

Автореферат розісланий 8 травня 2009 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 41.051.06
доктор біологічних наук, професор



Т.О. Філіпова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Протягом життя гідробіонти постійно зазнають дії несприятливих екологічних чинників. До тих з них, що ритмічно повторюються – абіотичні (критичні межі та флуктуації температури, рН, іонний склад води тощо) та біотичні (голодування, хижацтво, конкуренція тощо) – у риб сформувалися адаптації. Результати їх вивчення опубліковані в численних роботах Г.Є. Шульмана (1972), М.Р. Лава (1976), П. Хочачки, Дж. Сомеро (1988, 2002), В.С. Сидорова (1985, 1998), В.Д. Романенка (1974-1987, 2004), М.Д. Озернюка (1985, 2003), Н.М. Немової (2004), Г.Е. Shulman and R.V. Love (1999) та ін. На відміну від природних чинників, антропогенні стресори, особливо хімічні, становлять для водяних організмів більшу небезпеку.

Кількість виділених з природних джерел і синтезованих токсичних речовин уже перевищило 6 млн. і продовжує збільшуватися щорічно приблизно на 5% [Романенко В.Д., 2004]. Водне середовище забруднюється промисловими стічними водами, осіданням на водну поверхню повітряних викидів промисловості, надходженням отрутохімікатів, фосфатів і нітратів з сільськогосподарських угідь з ґрунтовим стоком і через атмосферу з опадами тощо [Брагінський Л.П. та співавт., 1990]. Як наслідок високої швидкості цих процесів в організмі гідробіонтів не встигають активізуватися наявні та швидко сформуватися нові системи захисту до токсикантів у зв'язку з їх неспецифічністю і багатоваріантністю дії.

Одним з найбільш небезпечних хімічних забруднювачів сьогодення є пестициди. Їх навантаження на 1га обробленої площі становить 0,6-1,2 кг, а порушення умов зберігання та утилізації призводить до забруднення ними питної води та ґрунтів, а також водоймищ. Найбільш поширеними є гербіциди, до яких вимоги безпеки формально низькі. Актуалізують проблему також відомості про те, що забруднення гербіцидами прибережних вод [Major R.M., 2003] впливає на фотосинтез та окисні процеси у зелених водоростей, а вживання в їжу риби, забрудненої гербіцидами [Hertz-Picciotto I. et al., 2008], призводить до зниження вмісту імуноглобулінів в крові і збільшує ризики захворювань. Пестициди, як і іони важких металів, здатні накопичуватися в рибі, що може призвести до змін їх ембріонального і постембріонального розвитку, порушень біохімічних і фізіологічних процесів. Ці ефекти часто є причиною зниження рибопродуктивності внутрішніх водойм.

Вивченню впливу токсичних речовин на гідробіонтів присвячені роботи Е.А. Веселова (1957-1965), М.С. Строганова (1968-1971), В.В. Метелєва (1971), В.І. Лук'яненка (1967-1989), К.К. Врочинського (1979-1987), О.М. Арсана (2007) та ін. Сформовано теорію про динаміку пошкодження хімічними токсикантами організму риб, згідно з якою дія отрут на організм є фазовою: за Е.А. Веселовим (1957) – це такі фази: індиферентна (байдужості),

стимуляції, депресії, сублетальна та летальна; В.І. Лук'яненко (1967) виділяє такі фази реакції гідробіонтів на токсикант: бескомпенсаційна, повної компенсації, неповної компенсації, критична фази. Строганов М.С. (1971) запропонував універсальний закон дії токсичного чинника на організм, в основі якого лежить етапність реагування організму як цілого на цей чинник. Разом з тим, динаміка фізіолого-біохімічних і морфологічних особливостей організму риб в процесі інтоксикації відповідно до фаз її розвитку системно не досліджена, унаслідок чого невирішеною є проблема оцінки токсикотолерантності риб і прогнозування їх виживання та біопродуктивності за токсичного навантаження.

Окремі механізми адаптації риб до дії токсичних речовин описані в роботах А.І. Путінцева (1981), Ф.З. Мессона (1981), О.Ф. Філенка (1984), Б.А. Флєрова (1989), М.Д. Озернюка, (1992), В.В. Грубінка (1995), В.З. Куранта (2003) та ін. Біохімічні механізми, що визначають якісну і кількісну своєрідність мегаболічних функцій організмів, висвітлені в працях П. Хочачки і Дж. Сомеро (1988, 2002), що запропонували розглядати термінові відповіді організмів і їх структур на дію стресових факторів як «компенсаторну» адаптацію, що здійснюється за рахунок наявних в момент дії фактору фізіолого-біохімічних компонентів клітин, а тривалі (довготермінову) глибокі зміни, що відбуваються за рахунок активації генів та глибокої структурно-функційної перебудови обміну речовин, які надають організмам у змінених умовах нових властивостей, як «наступальну (експлуатативну)» адаптацію, котра розширює функціональні можливості організмів порівняно з вихідним станом і завдяки цьому дає їм можливість активно використовувати чинники середовища на свою користь. Гандзюра В.П. та Грубінко В.В. (2008) запропонували каскадний механізм організації біохімічної адаптації у гідробіонтів до токсикантів, суть якого полягає в тому, що несприятлива дія в біосистемах викликає короткотривалий стимулюючий ефект, що чергується зі станом пригнічення функцій системи, а результат дії чинника та відповідь біологічної системи на нього є підсумком взаємодії процесів пошкодження (деструкції) і компенсаторно-адаптивних реакцій системи, що перебігають одночасно.

Отже, при вивченні забруднення водних екосистем і формування адаптації у гідробіонтів системно досліджено лише вплив антропогенних чинників на динаміку чисельності і запаси економічно корисних видів риб, запропоновано критерії ранньої діагностики відхилень від норми, окремі біохімічні механізми дії токсичних речовин на організм риб. Проте, співвідношення реакцій-відповідей риб на поведінковому, морфологічному, фізіологічному та біохімічному рівнях в комплексі за дії токсичних речовин, особливо гербіцидів, в органах риб різного віку в процесі розвитку і формуванні адаптацій вивчені недостатньо, що і стало предметом цього дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота була складовою частиною досліджень лабораторії екологічної біохімії водяних організмів Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г.Шевченка і виконана в рамках тематики держбюджетних науково-дослідницьких робіт на замовлення Міністерства освіти і науки України: «Дослідження механізмів адаптації прісноводних риб до токсикантів водного середовища, розробка на їх основі методів біологічного моніторингу і модельних екосистем для очищення забруднених вод» (№ держреєстрації 0198U000339); «Оцінка комплексного впливу токсикантів і природних фізичних факторів на екосистему малої річки (на прикладі річок Чернігівського Полісся)»; «Комплексна оцінка дії гербіцидів, які застосовуються в Україні, на гідробіонтів, пошук біоіндикаторів» (№ держреєстрації 0109U001298).

Мета і завдання досліджень. На підставі дослідження закономірностей морфологічних, фізіологічних і біохімічних змін встановити адаптації в організмі *Cyprinus carpio* L. різного віку до дії органічних токсикантів, іонів свинцю і зимового голодування.

Реалізацію мети здійснювали через вирішення таких завдань:

- вивчити поведінкові реакції риб як етап термінової відповіді організму на дію токсикантів;
- встановити швидкість проникнення і ступінь накопичення зенкору, похідних 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти, раундапу в органах риб різного віку та морфологічні зміни в них за дії гербіцидів з плином часу;
- виявити механізм формування адаптації системи крові цюголіток і двохлаіток коропа за дії гербіцидів;
- дослідити взаємозв'язок хімічної будови гербіциду та метаболізму вуглеводів, ліпідів, білків і енергетичного обміну в органах коропа різного віку;
- дати комплексну оцінку стану організму двохлаіток коропа за токсичного навантаження;
- встановити залежність між природою токсиканту (іони свинцю, фенол, гербіциди) і показниками енергетичного обміну в органах коропа;
- з'ясувати механізми адаптаційного процесу у коропів різного віку до низьких температур і зимового голодування та порівняти особливості формування адаптивних реакцій в двохлаіток коропа до дії природних і антропогенних чинників;
- встановити роль катіонів кальцію в формуванні адаптивних реакцій в організмі коропа до гербіцидів, а також вплив амінокислотного складу кормів на життєздатність молоді риб в стресових умовах.

Об'єкт дослідження: реакція-відповідь *Cyprinus carpio* L. різного віку на дію екологічних чинників природного та антропогенного походження.

Предмет дослідження: динаміка поведінкових, морфологічних і метаболічних показників в організмі коропа за дії токсикантів різної хімічної природи, зимового голодування і формування адаптації до них.

Методи дослідження: гідрохімічні, іхтіологічні, гістологічні, гематологічні, біохімічні, морфометричний аналіз, мікроскопія, ультрацентрифугування, фотоелектроколориметрія, спектрофотометрія, хроматографія, статистично результати оброблено загальноприйнятими методами за стандартними комп'ютерними програмами.

Наукова новизна і теоретичне значення роботи. В дисертаційній роботі здійснено теоретичне узагальнення і проведено порівняння механізмів формування адаптації коропа до токсичних чинників (гербіциди, фенол, іони свинцю), а також до низьких температур та зимового голодування. Вперше здійснено комплексне дослідження впливу токсичних речовин органічної природи на *Cyprinus carpio* L. різного віку на фізіологічному, структурному і біохімічному рівнях.

На підставі виявлених морфологічних змін органів і тканин встановлено вікові особливості реакції риб на гербіцидне навантаження. Вперше показано взаємозв'язок між хімічною будовою гербіциду, його здатністю проникати в організм з плином часу (4 – 7 – 14 діб) та гістологічними змінами в органах коропа (язбра, кишечник, мозок, білі м'язи, печінка). Вплив гербіцидів виявляється в значних змінах структур печінки, язбер, а особливо мозку риб за дії аміної солі 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти; печінки і білих м'язів – за дії раундапу і язбер – за дії зенкору. Для встановлення швидкості проникнення досліджуваних гербіцидів в організм риб запропоновано і вперше розраховано коефіцієнти ліпофільності: для раундапу $\text{Log } P = -2,36 \pm 0,64$, для зенкору $\text{Log } P = 1,3 \pm 0,21$, для 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти $\text{Log } P = 2,60 \pm 0,35$, для розчину бутилового ефіру 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти $\text{Log } P = 4,26 \pm 0,34$.

Вперше показано взаємозв'язок між хімічною будовою гербіциду і мірою його впливу на спрямованість вуглеводного обміну в коропа.

Дано комплексну оцінку розвитку адаптивних реакцій у відповідь на дію стрес-чинників з плином часу (1 – 14 – 21 доби перебування риб в токсичних умовах) на метаболічному, клітинному, тканинному і морфологічному рівнях.

Вперше показана залежність формування адаптації певного типу від віку: компенсаторної як відповідь на дію шкідливого чинника середовища у цьоголіток і експлуатативної (наступальної) у двохліток коропа.

Практичне значення одержаних результатів. Детальне вяснення патоморфологічної і гістологічної картини інтоксикації гербіцидами двохліток коропа рекомендовано використовувати для встановлення причин і попередження загибелі риб. Результати роботи також можуть бути використані для оцінки рівня забруднення водойм і профілактики інтоксикацій у риб в природних водоймах і рибовирощувальних ставах.

На відкритих колекторно-дренажних і дренажних каналах та зрошувальних системах рекомендовано заборонити застосування гербіцидів, до складу яких як діюча речовина входить ізопропіламінна сіль гліфосату або гліфосат в формі кислоти, а також похідні 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти.

На основі запропонованої концепції етапності формування адаптації у риб до досліджуваних чинників обґрунтовано формування критичного стану організму двохліток коропа на 7 добу дії стрес-чинника. Запропоновано спосіб корекції обміну речовин у коропа в умовах гербіцидного забруднення за допомогою термінового внесення розчинних солей кальцію з розрахунку 2-3 ц вапна або вапняку на 1 га водної поверхні.

Теоретичні положення і практичні результати роботи можуть бути використані при викладанні навчальних дисциплін фізіологічного, екологічного, гідробіологічного та іхтіологічного змісту. Авторкою роботи вони використані в курсах «Екотоксикологія», «Біохімічна адаптація гідробіонтів», «Антропогенне сигрофування водоїм», «Основи аквакультури» у Чернігівському державному педагогічному університеті імені Т.Г. Шевченка, що засвідчено відповідними актами впровадження.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною роботою авторки. Здобувачкою проаналізовано відповідну літературу, особисто розроблено програму і методику досліджень, проведено експериментальну роботу і статистичну обробку отриманих даних. При спільному виконанні дослідів з співробітниками лабораторії екологічної фізіології і біохімії водяних організмів Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка співвиконавці наводяться як співавтори відповідних публікацій. Аналіз результатів, їх узагальнення, інтерпретація і формулювання основних положень і висновків, а також друковані праці підготовлено безпосередньо авторкою.

Авторка вдячна науковому консультанту за допомогу в обговоренні та інтерпретації висновків.

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень, що викладені в дисертаційній роботі, апробовано на: 5 Всесоюзному біохімічному з'їзді (Київ, 1986); 5-9 Українських біохімічних з'їздах (Івано-Франківськ, 1986; Київ, 1992; 1997; Чернівці, 2002, Харків 2006); Першому та Другому Всесоюзних симпозиумах з екологічної біохімії риб (Ярославль, 1987; 1990); Всесоюзній нараді «Екологічна енергетика тварин» (Суздаль, 1988); 7-му з'їзді Українського мікробіологічного товариства (Чернівці, 1989); Другій Всесоюзній конференції з рибогосподарської токсикології (С.-Петербург, 1991); 7 і 8 Всесоюзних конференціях з екологічної фізіології і біохімії риб (Ярославль, 1989; Петрозаводськ, 1992); 6 Ростовській обласній науково-практичній школі-семінарі (Ростову-на-Дону, 1990); 2-4 з'їздах Гідроекологічного товариства України (Київ, 1997; Тернопіль, 2001; Карадаг, 2005); Міжнародній науковій конференції «Екотоксикологія і біоіндикація» (Дніпропетровськ, 1993); 17 International Congress of

Biochemistry and Molecular Biology (San-Francisco, 1997), 5 International Amino Acids Congress (Chalkidiki, Greece, 1997); 1 Всеукраїнській науковій конференції «Екологічний стрес і адаптація в біологічних системах» (Тернопіль, 1998); Міжнародній конференції «Біологія XXI: теорія, практика, викладання» (Київ, Черкаси, Канів, 2007); 2 науковій конференції за участю країн СНД «Сучасні проблеми фізіології і біохімії водних організмів» (Петрозаводськ, 2007); IV міжнародній науковій конференції «Біорізноманітність і роль тварин у екосистемах» (Дніпропетровськ, 2007); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні проблеми водних екосистем» (Дніпропетровськ, 2007), Міжнародній науково-практичній конференції «Стратегія розвитку аквакультури в сучасних умовах» (Мінськ, 2008), Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Біорізноманіття водних екосистем: проблеми і шляхи вирішення» (Дніпропетровськ, 2008), IV Міжнародній науковій конференції «Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології» (Київ, 2008).

Публікації: за результатами досліджень опубліковано 73 наукових праці, з них 25 статей у фахових виданнях, 42 – у матеріалах конференцій, з'їздів, 3 – рекомендації рибництву.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, огляду літератури (1 розділ), методики і методів дослідження (1 розділ), експериментальної частини (5 розділів), підсумків і висновків. Робота викладена на 354 сторінках машинописного тексту, ілюстрована 125 рисунками, 31 таблицями, налічує 516 літературних джерел, включно 121 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Огляд літератури

У розділі розглядаються основні закономірності дії несприятливих екологічних чинників водних екосистем на морфофізіологічні показники і поведінку риб. Зокрема, з точки зору стратегічних та тактичних завдань водної токсикології проаналізовані головні джерела забруднення водойм і шляхи та механізми надходження токсикантів; охарактеризовані основні фази дії токсичних речовин, включно пестицидів, на риб та особливості їх реакцій-відповідей в залежності від віку та впливу абіогічних чинників. Розглянуто можливості формування і механізми адаптації у гідробіонтів до токсичних речовин. На підставі аналізу даних літератури показано, що в порівняльному аспекті формування адаптації до абіогічних й антропогенних чинників у риб досліджено недостатньо. Не дано також комплексної оцінки дії на риб на всіх рівнях їх організації різних за хімічною будовою гербіцидів, насамперед похідних 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти і гліфосату, що останнім часом широко використовуються, що може бути небезпечним для життєдіяльності водних тварин і людей.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження впливу антропогенних чинників здійснено на мальках, цьоголітках і двохлітках коропа *Cyprinus carpio* L., вирощених у ВАТ «Чернігіврибгосп» впродовж 1991-2007 років. Експерименти з вивчення впливу токсичних речовин проводили у 200-літрових акваріумах, в які рибу розміщували з розрахунку 1 екз. на 10 л води (мальки масою 7-13 г), на 20 л (цьоголітки масою 40-105 г), на 40 л води (двохлітки масою 150-300 г). Експерименти тривали 7, 14 та 21 доби. Воду змінювали щотридобово. У всіх випадках використовували контрольну групу риб і підтримували постійний гідрохімічний режим: значення рН становило $7,80 \pm 0,28$; вміст кисню $5,8 \pm 0,5$ мг/л, температура води відповідала природній $+5 - +19^\circ\text{C}$. Як токсиканти застосовували гербіциди, що дозволені для використання в Україні і вироблені в Україні, Китаї, Угорщині, Польщі, Австрії, Швейцарії, США: 1) зенкор – метрибузин (4-аміно-6-*мет*рбутил-3(метилгіо)-1,2,4-тріазин-5(4Н)-он); 2) раундап – гліфосат, фосулен (N-фосфометилгліцин); 3) 2,4-дихлорфеноксиоцетова кислота (2,4-Д), амінна сіль 2,4-Д (2,4-ДА), розчин 2,4-Д бутилового естеру (2,4-ДБЕ); фенол; катіони свинцю. Концентрацію досліджуваних гербіцидів (2 ГДК) створювали внесенням розрахованих кількостей 70% порошку зенкору ($0,2 \text{ мг/дм}^3$) [Методичні вказівки з ..., 2003] похідних 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти; аміної солі ($0,2 \text{ мг/дм}^3$), розчину 2,4-Д бутилового естеру ($0,008 \text{ мг/дм}^3$) [Врочинський К.К., 2006] і 36% водного розчину раундапу ($0,04 \text{ мг/дм}^3$) [Перелік пестицидів і ..., 2001]. Дію фенолу досліджували додаванням у воду $0,002 \text{ мг/дм}^3$ кристалічного попередньо розчиненого фенолу (2 ГДК). Іони свинцю ($\text{Pb}^{2+} - 0,2 \text{ мг/дм}^3$, 2 ГДК), вносили в воду у вигляді нітратної солі $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Така концентрація обрана з огляду на можливість простежити всі морфофункціональні та біохімічні зміни в організмі риб, не допустивши її загибелі. Застосована в експериментах кількість токсиканту 4 ГДК (для зенкору і раундапу) дозволила простежити зміни вмісту катіонів кальцію у сироватці крові і печінці двохліток коропа. Вплив кожної токсичної речовини на організм риб досліджували не менше, ніж в трьох повторях; кількість риб в кожному досліді залежала від його змісту, маси і віку риб. Так, для двохліток коропа кількість риб в контролі і в досліді з вивчення токсичної дії становила не менше 6 особин, кількість мальків і цьоголіток в кожному досліді становила 25-30 особин. Загальна кількість досліджених риб – біля 15000 особин.

Для вивчення морфометричних характеристик проводили такі заміри риб [Правдін І.Ф., 1966; Справочник по физиологии рыб, 1986; Нікіфоров А.І., 2008]: L – вся довжина тіла, l – промислова довжина (до кінця лускового покриву), H – максимальна висота, O – обхват тіла максимальний, M – маса риби, m_n – маса печінки, m_c – маса селезінки. За отриманими результатами розраховували такі індекси: розтягнутості –

100•І/Н, збитості – 100•О/І, масивності – 100•О/Н, вгодованості – 100•М/НО; коефіцієнт вгодованості – 100•М/І³, індекс печінки – 100•m_п/М, індекс селезінки – 100•m_с/М. Два останніх індекси використали як показник стресу [Справочник по физиологии рыб, 1986].

Морфологічні і структурні зміни в тканинах коропа під впливом гербіцидів досліджували гістологічно [Волкова Ю.Л., 1971, Євгенєва Т.П., 1983]. Для цього на 4, 7, 14 добу проводили патологоанатомічний розтин риб і відбирали проби з таких органів: скелетних м'язів, печінки, зябер, головного мозку і кишечника. Фарбували гематоксилін-еозином, фіксували 96 % етанолом. Гістологічні препарати розглядали під мікроскопом ЛОМО Мікмед-2 (x 40) та фотографували Web-камерою. Патологічні зміни в тканинах описували, використовуючи «Атлас гістології і гістохімії прісноводних риб» [Клименко О.М. і співавт., 1999].

Накопичення гербіцидів визначали за [Методы определения ..., 1983]. Після гомогенізування кількох рибин відбирали середню пробу, а її очищення, тонкошарове хроматографування та визначення проводили згідно «Методичних вказівок ...» (2004) в нашій модифікації. Кількісні значення одержували порівнюючи площу зафарбування досліджуваних проб і стандартів гербіцидів.

Кров у риб відбирали з серця [Справочник по физиологии рыб, 1986; Давидов О.Н. и співавт., 2006] на 1, 4, 7, 14 доби експерименту. Початкову пробу крові без першої краплі використовували для визначення її згортання і швидкості зсідання еритроцитів [Посібник з клінічної ..., 1992]. Решту крові стабілізували гепарином – 0,01мл (в 1мг препарату 130 од.) [Справочник по физиол. ..., 1986]. В крові визначали: кількість еритроцитів в камері Горяєва, концентрацію гемоглобіну за Салі гемометром, в'язкість – віскозиметром ВК-4; питому вагу крові [Васильєв А.В, 1948], резистентність еритроцитів за О.Н. Давидовим (2006). На підставі одержаних даних розраховували вміст гемоглобіну в одному еритроциті та кольоровий показник крові. В сироватці крові визначали вміст білку за Лоурі [Lowry O.H. et al., 1951], неорганічного фосфату за Лоурі і Лопес [Lowry O.H. et al., 1946]. Кількість залишкового азоту і катіонів кальцію визначали за В.С. Роніним та співавт. (1977).

Для дослідження особливостей пластичного обміну визначали відсоток сухої речовини, води, загальний вміст білків та їх фракцій в органах коропа [Філіппович Ю.Б. і співавт., 1982; Явоненко О.Ф. і співавт., 1989]. Кількість загальних ліпідів і активність ліпази визначали за О.Н. Давидовим і співав. (2006). Вміст кетонів визначали в білих м'язах, печінці і в мозку спектрофотометрично [Басва В.І. і співавт., 1973] в нашій модифікації (в безбілковий фільтрат додавали насичений розчин їдкою натру і кольоровий реактив. Стандартним розчином слугував хімічно чистий ацетон).

Вміст глюкози і глікогену визначали глюкозооксидазним методом згідно з інструкцією до лабораторного набору ЛО «Рентген» (Україна). Для

аналізу вмісту аденілатів [Маляревська А.Я. і співавт., 1985] заморожені тканини розтирали в порошок, нуклеотиди екстрагували 8 % розчином хлорної кислоти в співвідношенні маси тканини до об'єму розчинника 1:1 при охолодженні 30 хв. Аденілати розділяли на пластинках «Силуфол» UV-254 тонкошаровою хроматографією в системі розчинників 1,4-діоксанізопропанол-аміак-вода (4:2:1:4).

Активність ферментів в органах визначали в їх гомогенатах на 0,25 ммоль сахарозі у співвідношенні 1:10. Ядра, мітохондрії і мікросоми осаджували згідно загальноприйнятих методик [Schachman H.K., 1959] з урахуванням деяких особливостей фракціонування гомогенатів тканин риб [Casey C.A. et al., 1982]. Мітохондрії виділяли за Зініч В.Н. (1986) та додатково очищували центрифугуванням в градієнті щільності сахарози 0,32-1,25 ммоль [Аругюнян А.В. і співавт., 1978] в горизонтальному роторі при 75000g впродовж 60 хв. при +4°C.

Інкубаційна суміш для визначення β -оксибутиратдегідрогеназної активності (КФ 1.1.1.30) містила: 50 ммоль трис-НСІ; рН 8,1; 0,5 ммоль ЕДТА; 0,3 ммоль дітіотреїтола; 0,4 мг БСА на 1 мл; 1,4 % етанолу; 0,5 ммоль NAD^+ ; загальний обсяг 3 мл. [Булах Е.И. і співавт., 1974; Brady L.J. et al., 1986]. Впродовж 7 хв. при температурі 30°C інкубували суміш, що містила 100 мкг білка везикул, 0,3 мл 0,2%-ного тритону X-100, 15 мкл актиміцину А, доданого для запобігання повторного окиснення NADH^+ у ланцюзі транспорту електронів. Реакцію розпочинали внесенням 20 мкмоль β -D, L-оксибутирату. Активність β -оксибутиратдегідрогенази реєстрували спектрофотометрично за відновленням NAD^+ .

Активність глюкозо-6-фосфатази (КФ.3.1.3.9, Г-6-Фаза) визначали в надосадковій фракції гомогенатів вищезазначених органів [Львова С.П., 1985]. Інкубаційна суміш містила: 0,3 мл 0,087 моль цитратного буферу, рН=6,5; 0,1 мл 0,1 моль глюкозо-6-фосфату, після 3 хв. преінкубації додавали 0,2 мл досліджуваного ферментного розчину та інкубували 30 хв. Реакцію зупиняли додаванням 1мл 10% ТХОК і охолоджували на льоду. Через 5 хвилин отриману суміш розводили дистильованою водою до 2,5мл і осад білків відокремлювали центрифугуванням. В отриманому центрифугаті визначали вміст неорганічного фосфату [Lowry O.H., Lopez S.A., 1946; Скулачев В.П., 1962]. Ферментну активність виражали в мкмоль неорганічного фосфату (P_i) за 1 хв на 1 мг білка.

Активність глюкозо-6-фосфатдегідрогенази (КФ 1.1.1.49, Г-6-ФДГ) визначали спектрофотометрично при довжині хвилі 340nm [Biochemical information, Bd.1, 1975]. Інкубаційна суміш містила: 0,1 моль K^+ -фосфатного буферу, рН 7,6; 35 ммоль розчину глюкозо-6-фосфату, 11 ммоль NADP^+ . Активність виражали в мкмоль NADP^+ /мг білка за 1 хв. Активність ізоцитратдегідрогенази (КФ 1.1.1.41) визначали в мітохондрійній фракції. Інкубаційна суміш містила: 50 мкмоль трис-НСІ буфера, рН 7,4; 2,0 мкмоль

хлориду магнію; 1 мкмоль ізоцитрату; 0,025 мкмоль NADP⁺. Ферментну активність виражали в мкмоль NADP⁺ у розрахунку на 1 мг білка за 1 хвилину [Biochemica information, Bd.2, 1975].

Лактатдегідрогеназу (КФ 1.1.1.27, ЛДГ), малатдегідрогеназу (КФ 1.1.1.37, МДГ) активності визначали спектрофотометрично за зміною оптичної щільності окиснення NADH при 340 нм [Biochemica information, Bd.2, 1975]. Інкубаційна суміш (3мл) для ЛДГ містила: 100 ммоль K⁺-фосфатного буферу, рН 7,0; 23 ммоль пірувату; 12 ммоль NADH; 0,02мл суспензії досліджуваного ферментного препарату. Інкубаційна суміш (3мл) для МДГ містила: 100 ммоль K⁺-фосфатного буферу, рН 7,5; 15 ммоль оксалоацетату; 12 ммоль NADH; 0,02 мл суспензії досліджуваного ферментного препарату. Активність ферменту виражали в мкмоль окисненого NADH на мг білка за 1 хв.

Вивчення залежності між характером живлення риб і хімічною структурою їх тіла, а також впливу якісного та кількісного складу спожитих кормів на біомасу (біопродукцію на організмовому рівні) проведено на цьоголітках, які були розділені за характером живлення на 3 групи. Відмінності співвідношення природних і штучних кормів у живленні риб забезпечували утриманням цьоголіток коропа при різних щільностях посадки (10; 20; 60 тис. екз./га) і низкою інтенсифікаційних заходів (внесення у воду ставків мінеральних і органічних добрив, рибного борошна і комбікормів). Перша група – живлення молоді риб тільки природним кормом; для другої групи риб – співвідношення природних і штучних кормів становило 1:1; третя група риб живилася комбікормом згідно з нормативами [Сборник нор.-тех. ..., 1986].

Кількість вільних амінокислот визначали методом висхідної паперової хроматографії (марка паперу FN – 1 і Ленінградська середня) [Пасхіна Т.С., 1964; Ali S.N., 1983]. Гліцин і серин розділяли низхідною хроматографією в системі розчинників [Починок Х.П., 1976]. Кількість вільних амінокислот у пробах контролювали на амінокислотному аналізаторі АЛЛ 881 (Чехія) за методикою, що описана в додатку до приладу.

Усі результати були оброблені статистично. Кореляційний і однофакторний дисперсійний аналіз здійснювали згідно методичних рекомендацій [Лакін Г.Ф., 1990]. Визначення швидкості проникнення досліджених гербіцидів в організм риб розраховували на основі таблиці інкрементів груп атомів для органічних сполук – коефіцієнтів ліпофільності [Lipinski C.A. at al., Rishton G.M. 1997]. Статистично результати оброблено загальноприйнятими методами за стандартними комп'ютерними програмами, а вірогідне розходження між середніми арифметичними величинами визначали за допомогою t-критерію Ст'юдента. Розходження між порівнюваними групами вважали вірогідними при * – P < 0,05.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

В експерименті використані мальки, цьоголітки і двохлітки коропа. Через 2-5 хвилин після їх переміщення у воду, що містила похідні 2,4-Д, у риб спостерігається значний хаотичний рух і вистрибуванням з глибини. Через 3-4 години коропа заспокоювалися, але рухалися повільніше порівняно з контрольними особинами. Зміни поведінки риб за цих умов, як вважають [Касумян А.О., 2001], відбуваються внаслідок ураження органів чуття риб, рецепторні елементи яких безпосередньо взаємодіють з токсикантами. Під дією зенкору впродовж всього експерименту (для двохліток – 14 діб, для цьоголіток і мальків – 21 доба) риби ставали рухливішими (здійснювали стрімкі рухи з товщі води) і агресивнішими. У цьоголіток і двохліток відмічено пошкодження рила і хвостових плавців, що більш виражено у двохліток. Токсичний вплив раундапу виявлявся в загальній слабкості риб, уповільненні реакцій на зовнішні подразники (світло, заміна води). На 14 добу коропа були малорухливими, але знаходилися в вертикальному, а не боковому положенні. Найбільш виражені поведінкові реакції на дію токсикантів спостерігали у двохліток.

Фенолвмісні стічні води впливають на смакові якості риби вже в концентрації 0,01 мг/л [Метелев В.В., 1971]. Нами була використана концентрація фенолу 0,002 мг/л (2 ГДК), тому ці ознаки не виявлено. За його дії спостерігалось занепокоєння, хаотичне плавання коропа, періодичне розкриття ним рота і зябрових кришок, незначна втрата координації рухів.

Важкі метали, що діють на нервову систему, наприклад, свинець, руйнує периферичні нерви і головний мозок, а це, як наслідок, призводить до порушення поведінки. Тому за концентрації Pb^{2+} 0,1-0,4 мг/л спостерігаються симптоми отруєння риб [Метелев В.В., 1971]. У нашому експерименті вміст катіонів свинцю у воді був 0,2 мг/л (2 ГДК), внаслідок чого реакції риб характеризувалися неспокійною поведінкою, підвищенням дихального ритму та збільшенням його глибини. Летальних випадків, втрати рівноваги, зниження частоти дихання не виявлено.

Отже, вираженість порушень поведінкової активності риб за дії токсичних речовин (2 ГДК) зростає в такій послідовності: іони свинцю, фенол, похідні 2,4-дихлорфеноксоцетової кислоти, раундап, зенкор.

У забруднених водоймах першими зазнають дії токсикантів зябра, зовнішні покрови та кишечник риб. Хімічна структура токсиканта впливає на швидкість проникнення його в організм риб, зміни в органах і формування відповідної адаптивної реакції в них. Зенкор унаслідок складності будови і відносної легкості проникнення ($\log P=1,3\pm 0,21$) у внутрішні органи, на відміну від інших досліджуваних гербіцидів, спричиняє найбільший вплив на зябра двохліток коропа (рис. 1).

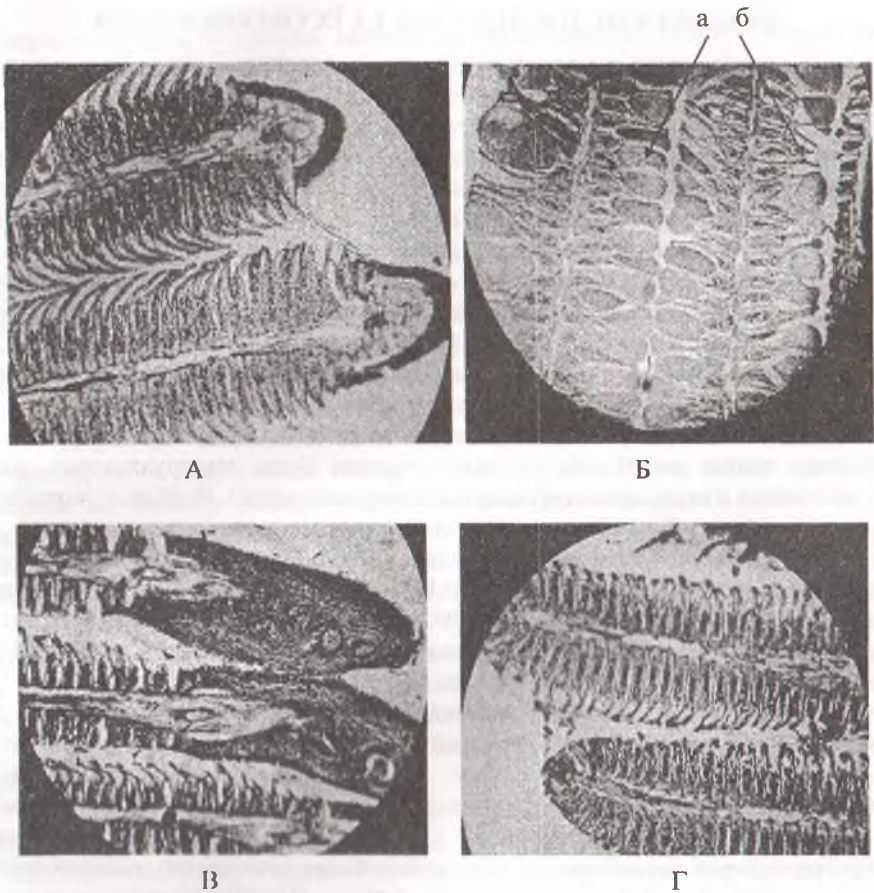


Рис. 1. Гістологічні зміни в зябрах коропа під впливом зенкору та раундапу (А – контроль, Б – дія зенкору, 4 доба, В – дія зенкору, 14 доба, Г – дія раундапу, 14 доба) x 40; гематоксилін – еозин.

Під впливом зенкору змінюються форми респіраторних ламел у зв'язку з їх вираженим колоподібним набуханням (а) і гіпертрофією дистальних ділянок філаментів (б) (рис. 1Б), що призводить до зменшення надходження токсичної речовини в організм риб. Відомо, що інтенсивність газообміну прямо залежить від площі поверхні зябер і кількості клітинних шарів, що формують їх епітеліальну тканину (у коропових – до 8). Підвищення висоти епітелію збільшує дистанцію «кров – середовище» і знижує інтенсивність газообміну, що перешкоджає надходженню токсичних речовин, обмежуючи поглинання кисню. Добова дія зенкору сприяє терміновій адаптації, що

виражається в найбільшій мобілізації фізіологічних ресурсів організму, максимальному збільшенні кількості еритроцитів та вмісту гемоглобіну, білків плазми (рис. 2А,Б).

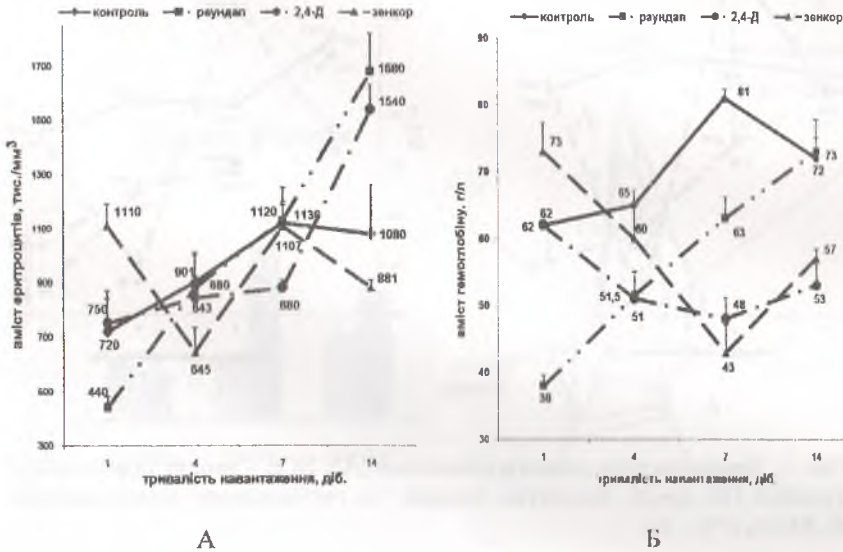


Рис. 2. Зміни кількості еритроцитів (А) і вміст гемоглобіну (Б) у крові двохліток коропа за гербіцидного навантаження (14 доба), $M \pm m$, $n=6$.

Це пов'язано зі зміною форми респіраторних ламел, прогресуючим збільшенням їх об'єму (рис. 1Б). Відповідною реакцією є збільшення кількості еритроцитів у двохліток коропа (рис. 2А). Після 7 доби перебування риб в токсичному середовищі значення показників крові змінюється. Так, під впливом зенкору за значного зниження вмісту гемоглобіну в крові (рис. 2Б) спостерігається стабілізація кількості еритроцитів (рис. 2А), однак величина кольорового показника, що вказує на ступінь насичення еритроцитів гемоглобіном, найменша (0,39) порівняно з контролем (0,97) (рис. 3Б). Крім того, для дії зенкору є характерною зміна форми еритроцитів, зростає кількість молодих клітин, які мають округлу форму з найменшим співвідношенням діаметрів, що призводить до мікроцитозу (зменшення об'єму еритроцитів) і зменшення вмісту гемоглобіну. У зв'язку з цим показник ВГЕ є найменшим – 39,36 пн (рис. 3А).

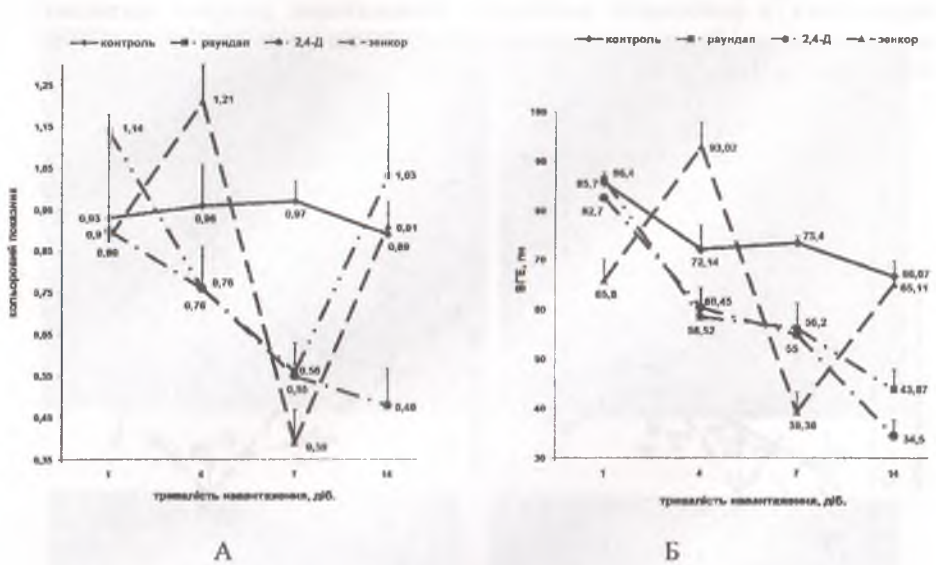


Рис. 3. Динаміка кольорового показника (А), ВГЕ – вмісту гемоглобіну в еритроциті (Б) крові двохліток коропа за гербіцидного навантаження (14 діб), $M \pm m$, $n=6$.

Формування довготермінової адаптації під дією зенкору за змінами величини показників крові у двохліток і цьоголіток не відбувається (на 14 добу експерименту розбіжності в показниках крові цьоголіток коропа під дією зенкору порівняно з контролем досягають 50%). Поясненням цього може слугувати руйнування структур зябер двохліток коропа (міжклітинний набряк епітелію з вираженою деструкцією в респіраторних ламелах) (рис. 1В).

Крім того, активні поведінкові реакції цьоголіток і двохліток коропа під дією зенкору призводять до відповідних змін кількості макроергічних сполук в органах і вмісту фосфору (рис. 4А,Б) в сироватці крові (активне плавання – збільшення енерговитрат – зростання кількості неорганічного фосфату в сироватці крові у 3,6 рази). Збільшення кількості АМР на 26 % і АDР на 13 % у мозку двохліток коропа порівняно з мозком контрольних риб не призводять до підвищення швидкості переносу електронів і посилення ресинтезу АТР з АDР. Тому адаптивні можливості на рівні енергетичного метаболізму у мозку коропа повністю не задіяні. Навпаки, відбувається зниження рівня АТР на 37%, АЕЗ на 23 %, співвідношення діючих мас аденілаткіназної реакції на 38% (рис. 4Б). Збалансованість шляхів використання АТР в органах, клітинах та підтримка її на визначеному рівні досягається функціонуванням складних механізмів регуляції за принципом зворотного зв'язку [Newsholme E.A. et al. 1973]. Якщо цей процес відсутній,

то це є сигналом порушення гомеостазу в організмі, що, можливо, пов'язано з зменшенням активності ферментів катаболізму, за винятком вірогідного зростання активності глюкозо-6-фосфатдегідрогенази (пентозофосфатний шлях) з метою збільшення пулу пентоз і відновлених форм коферментів (табл. 1).

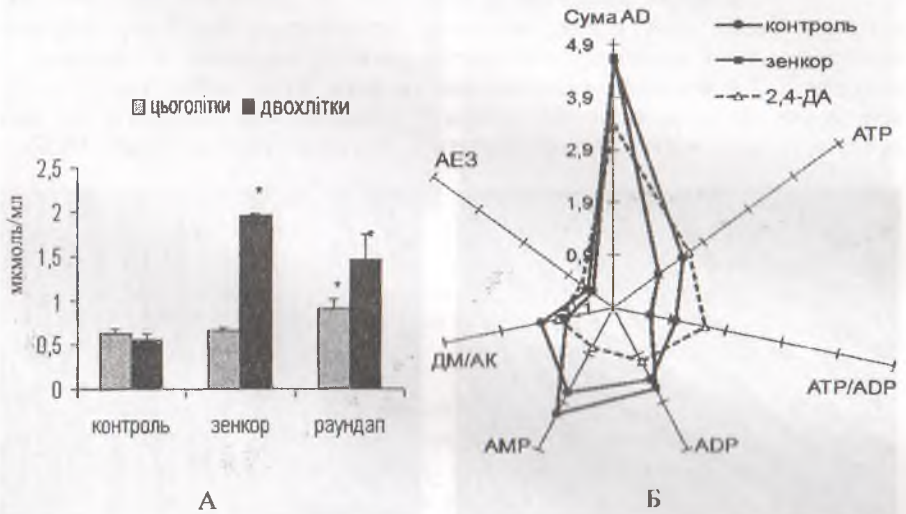


Рис. 4. Вміст фосфору (А) в крові цьоголіток і двоохліток та макроергів у мозку двоохліток коропа (Б) за гербіцидного навантаження (14 діб), $M \pm m$, $n=6$.

Таблиця 1

Зміна активності окремих ферментів вуглеводного обміну у мозку двоохліток коропа за дії гербіцидів, $M \pm m$, $n=6$

Умови досліджу	Активність			
	ЛДГ, мкмоль NADH/мг білка за 1 хв.	Г-6-ФДГ, мкмоль NADP ⁺ /мг білка за 1 хв.	Г-6-Ф-аза, мкмоль P/мг білка за хв.	ІЦДГ, мкмоль NADP ⁺ /мг білка за 1 хв.
Контроль	0,065±0,005	0,032±0,002	0,046±0,009	0,029±0,005
Зенкор	0,054±0,008	0,068±0,010*	0,020±0,004*	0,021±0,001
2,4-Д	0,073±0,012	0,018±0,002*	0,120±0,024*	0,037±0,011

Примітка: * – різниця вірогідна у порівнянні з контролем

Останні, як наслідок, забезпечують підтримання структури тканин білих м'язів і мозку (рис. 5А, Б; 6А, Б) за дії зенкору. Отже, адаптація до дії зенкору здійснюється на структурному рівні завдяки активації пентозофосфатного шляху.

Найлегше в організм риб проникає раундап ($\text{Log } P = -2,36 \pm 0,64$), наслідком чого є морфологічні порушення: утворення на зовнішніх покриттях та плавцях двохліток коропа виразок, крапкових крововиливів, набряків тощо. Цей вплив, можливо, пояснюється хімічною будовою гербіциду, його кращою розчинністю у воді порівняно з зенкором і похідними 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти. Крізь зябра (рис. 1Г), які при цьому не ушкоджуються, гліфосат з кровотоком надходить до усіх органів, тканин і клітин, що призводить до їх структурних змін (рис. 7А,Б).

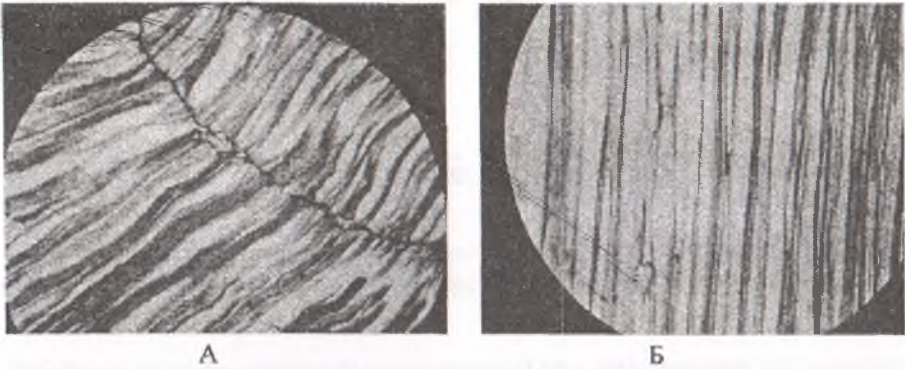


Рис. 5. Гістологічні зміни в білих м'язах коропа під впливом зенкору (А – контроль, Б – 14 доба). х 40, гематоксилін – еозин.

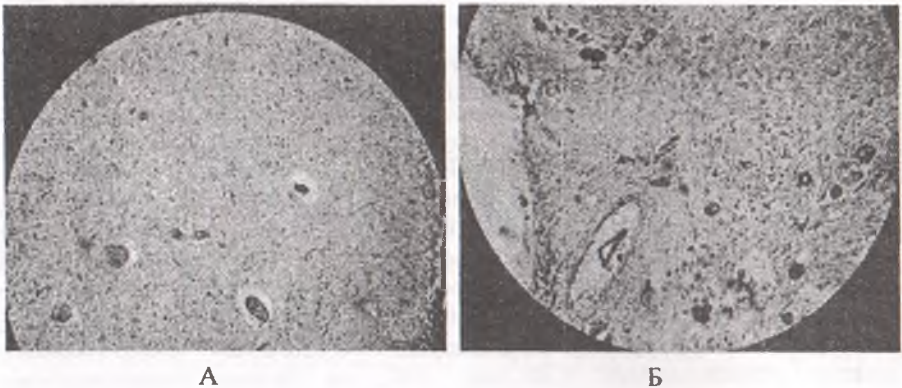


Рис. 6. Гістологічні зміни в мозку коропа під впливом зенкору (А – контроль, Б – 14 доба) х 40, гематоксилін – еозин.

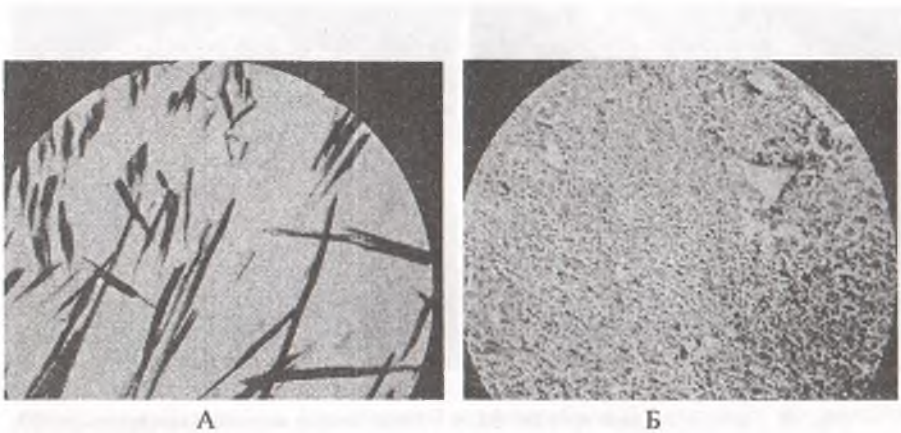


Рис. 7. Гістологічні зміни в білих м'язах (А) та печінці (Б) під впливом раундапу (14 доба). х 40, гематоксилін – еозин.

Після 14 доби дії токсиканту виявлено порушення структури м'язових волокон, їх неупорядковане розташування, а в деяких ділянках виявлено відсутність поперечної смугастості (лізис телофрагми та мезофрагми). Отримані нами дані співвідносяться з результатами дослідження патології осетрових, в яких спостерігали розшаруванням м'язових волокон, в процесі чого мішенню гідролаз разом з колагеном можуть бути протеоглікани [Руоколайнен Т.Р., 1985]. Зменшення вмісту нерозчинних білків у м'язах і збільшення частки води (рис. 14А) свідчать про перебіг аналогічних процесів та про активацію катаболізму.

У гістопрепаратах печінки коропа після 14 діб інтоксикації спостерігаються лімфоцитарні скупчення у портальних трактах (рис. 8А). У результаті поширення процесу вакуольно-краплинної дистрофії відбувається тотальний некроз гепатоцитів (рис. 7Б), що призводить до функціональної недостатності органу. У неушкоджених ділянках тканини, що залишилися, простежується збільшення ізоцитратдегідрогеназної активності в 2 рази, лактатдегідрогеназної – на 4,5%.

Морфофункціональні зміни в тканинах кишкового тракту виникали лише під впливом раундапу. На 14 добу відмічається виражений набряк слизової оболонки кишечника і в його просвіті знаходимо жовчні конкременти (рис. 9). Під час патологоанатомічного розтину риб візуально відмічали наявність жовчних каменів блакитно-зеленого кольору (а) та скупчення карбонату кальцію білого кольору (б).

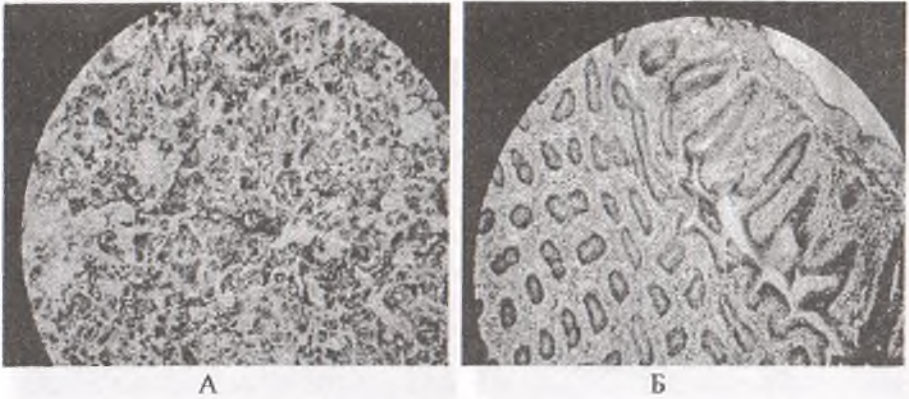


Рис. 8. Гістологічний зріз печінки і кишечника коропа (контроль) x 40, гематоксилін – еозин.

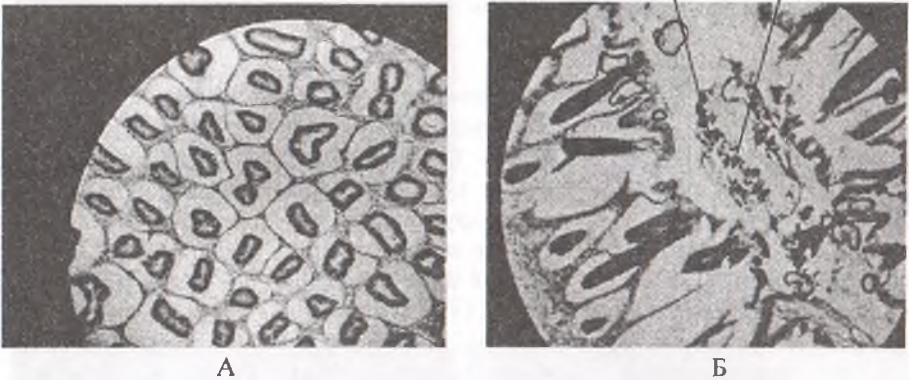


Рис. 9. Гістологічні зміни у кишечнику під впливом раундапу (14 – доба) x 40, гематоксилін – еозин.

Л.А. Бугаєв і співавт. (2006) пропонують використовувати показники крові як індикатор еколого-фізіологічного стану риб за антропогенного впливу на водойми. За гербіцидного навантаження нами виявлено неоднозначність динаміки гематологічних показників у цьоголіток і двохліток коропа. Відповідна реакція організму на дію раундапу (4 доба) виявляється в збільшенні кількості еритроцитів та вмісту гемоглобіну в крові коропа (рис. 2А,Б). Критичним етапом для двохліток коропа, коли термінова адаптація є неможливою (в організмі вичерпуються фізіологічні резерви), а формування довготермінової адаптації ще не відбулося, є 7 доба. Для цього терміну дії характерні найнижчі величини у риб гематологічних показників, що вказує на зниження інтенсивності функціонування організму риб в цілому. У цьоголіток істотні зміни основних показників крові мають

виявляються на 14 добу експерименту. До 21 доби відбувається певна стабілізація стану риб за дії раундапу, про що свідчать позитивні зміни величин гематологічних показників порівняно з контролем. Про формування довготермінової адаптації в організмі двохліток коропа (стабільні гематологічні показники) на 14 добу можна стверджувати тільки за дії раундапу (рис. 2, 3). Пов'язуємо це з хімічною будовою гербіциду: як водорозчинний гліфосат, що є похідним амінокислоти гліцину, він, ймовірно, залучається до обміну речовин. Функціонування окремих клітин, що забезпечують терміновий етап адаптації, зростає, активізується мобілізація енергетичних і структурних ресурсів організму, їх перерозподіл у бік переважного забезпечення систем, що відповідають за адаптацію до цього чинника. На біохімічному рівні це призводить до збільшення активності ферментів в органах (наприклад, лактатдегідрогенази у 10 разів в печінці цьоголіток коропа під дією гліфосату). Ті структури, що меншою мірою відповідають за формування довготермінової адаптації, піддаються активному руйнуванню з використанням їх в енергетичному обміні. Доказом цієї тези є зміни загального вмісту білків та їх фракційного складу в органах двохліток коропа під впливом гліфосату (біохімічний рівень): зменшення кількості нерозчинних білків і збільшення вмісту водорозчинних білків у білих м'язах і печінці, що співвідноситься з патологічними змінами в цьому органі (рис. 7А).

Підтримання стабільності гематологічних показників у коропа під впливом раундапу можливо за рахунок катіонів кальцію, що суттєво можуть змінювати проникність клітинних мембран, підвищувати токсикорезистентність організму водних тварин за рахунок впливу на внутрішньоклітинні біоенергетичні процеси [Романенко В.Д., 1982]. На 7 добу експерименту концентрація Ca^{2+} у сироватці крові двохліток коропа за дії зенкору зменшилася на 7,3 %, а за дії раундапу збільшилася на 82,0 % порівняно з контролем.

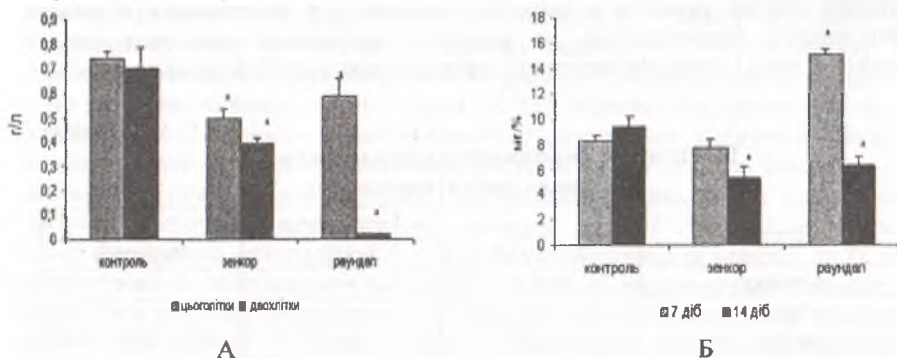


Рис. 10. Загальний вміст азотистих сполук в крові цьоголіток і двохліток коропа (А), вміст Ca^{2+} у сироватці крові (А) двохліток, за гербіцидного навантаження (14 доба), $M \pm m$, $n=6$.

Відомо, що у прісноводних риб вода і іони неорганічних сполук, включно Ca^{2+} , абсорбуючись апаратом зябер, відразу надходять у загальний кровообіг на відміну від морських риб і наземних хребетних, в артеріальній крові яких вони з'являються тільки після проходження крізь печінку. У риб, що мають лускатий покрив, через шкіру вбирається 12%, а через зябра — 88% іонів неорганічних сполук [Богоявленська М.П., 1955].

Як видно з даних, що на рис. 2Б, на 4 добу перебування риб під впливом зенкору змінюється форма респіраторних ламел зябер. Тому надходження іонів кальцію з води в організм риб знижується. Під дією раундапу структурні зміни в зябрах виявляються лише на 14 добу досліду і вони не настільки значні, тому вміст катіонів кальцію в крові коропа, що перебував у воді з раундапом, в 2 рази більший, ніж за дії зенкору. Оскільки використана в дослідженні вода є твердою (12 мгекв/л або 240 мг % солей кальцію і магнію), такий шлях надходження катіонів кальцію в організм риб є можливим. Крім того, функціонує інший механізм збільшення вмісту Ca^{2+} у крові коропа. Виявлено, що за дії раундапу на скелет коропа відбувається просвітління черепа і збільшення м'якості та гнучкості кісток риб. Відомо, що вміст кальцію в кістках коропа істотно не відрізняється від такого в кістках ссавців [Русанов В.В., 1974], тому резорбція кальцію з кісток черепа риб призводить до тих самих наслідків, що і у ссавців (збільшення вмісту іонів кальцію в крові). Завдяки інтенсивному іонному обміну кісткова тканина є не тільки депо мінеральних речовин, але і своєрідним буферним органом, що бере участь в регуляції іонного гомеостазу. На 14 добу експерименту кількість іонів кальцію в сироватці крові під дією зенкору зменшується на 80,7%, а під дією раундапу — на 51,5% порівняно з контролем. Поясненням цього може бути прогресуюча гіпертрофія дистальних ділянок філаментів, міжклітинний набряк з вираженою деструкцією в респіраторних ламелах (зенкор) і формування в просвіті кишечника каменів карбонату кальцію (раундап) (рис. 9Б). Тому можлива корекція обміну речовин у двошліток коропа, що знаходилися в умовах гербіцидного навантаження, за рахунок термінового внесення сполук кальцію у воду і зміни концентрації іонів кальцію в крові й органах риб.

Таблиця 2

**Показники вираженості гістологічних змін
в органах двошліток коропа**

Органи	Гербіциди		
	2,4 – ДА	Зенкор	Раундап
печінка	+++	++	+++
м'язи	+	+	+++
зябра	+++	+++	+
кишечник	—	—	+
мозок	+++	+	+

Примітка: — — “особливих змін не виявлено; + зміни виражені слабо; ++ зміни виражені середньо; +++ зміни виражені значно.

Політоксичним гербіцидом є амінна сіль 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти, тому що її вплив на організм коропа пов'язаний з деструктивними змінами в зябрах та скелетних м'язах, дистрофічними змінами в печінці та некробіотичними процесами в тканинах головного мозку (табл. 2, рис. 11А,Б).

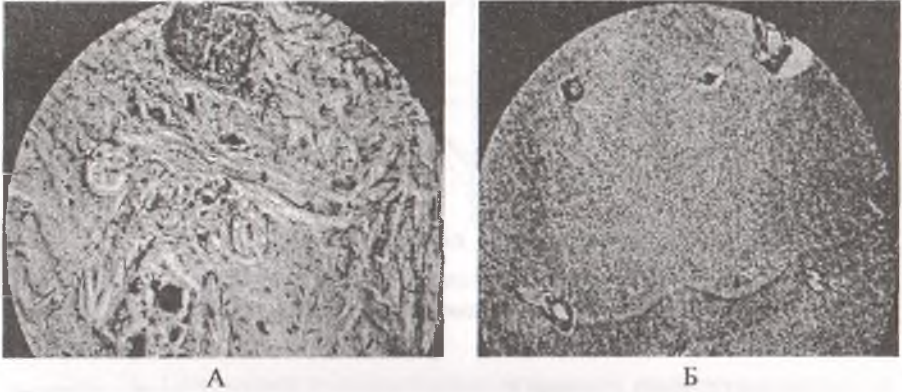


Рис. 11. Гістологічні зміни в мозку (А) та печінці (Б) коропа під впливом 2,4-ДА, (14 – доба). х 40, гематоксилін – созин.

Причиною появи периваскулярного і перицелюлярного набряків, запальних інфільтратів в м'якій мозковій оболонці, поодиноких ділянок з дистрофічними змінами нейронів у головному мозку під дією 2,4-ДА, на відміну від дії інших гербіцидів, можливо, є хімічна будова цієї солі, яка добре розчиняється в органічних розчинниках. Похідні хлорфеноксиоцетової кислоти (2,4 Д-амінна сіль), викликаючи в мозку запалення, на біохімічному рівні не чинить на нервову тканину відчутного впливу. Ці гербіциди, насамперед, підвищують активність Г-6-Фази для підтримання гомеостатичного рівня глюкози (рис. 12,13). Адаптаційні механізми за дії похідних 2,4-Д спрямовані на активацію ферментів енергетичного обміну і подальшу стабілізацію енергетичних ресурсів мозку коропа. Можливо, це пов'язано з складністю їх будови і труднощами проникнення у внутрішні органи 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти ($\text{Log } P = 2,60 \pm 0,35$), розчину 2,4-Д бутилового естеру ($\text{Log } P = 4,26 \pm 0,34$). Відповідна реакція на їх дію виявляється в підтриманні достатньої кількості макроергічних сполук у мозку та в тому, що розраховані коефіцієнти енергетичного стану нервових клітин знаходяться у межах норми. Підвищення активності ферментів гліколізу та циклу Кребса за дії гербіцидів є адаптивним механізмом, завдяки якому зростає рівень АТФ у мозку коропа на 10%, співвідношення АТФ/АДР на 52 %, АЕЗ на 33 % (рис. 4Б).

—●— контроль —■— зенкор ...Δ... 2,4-Д

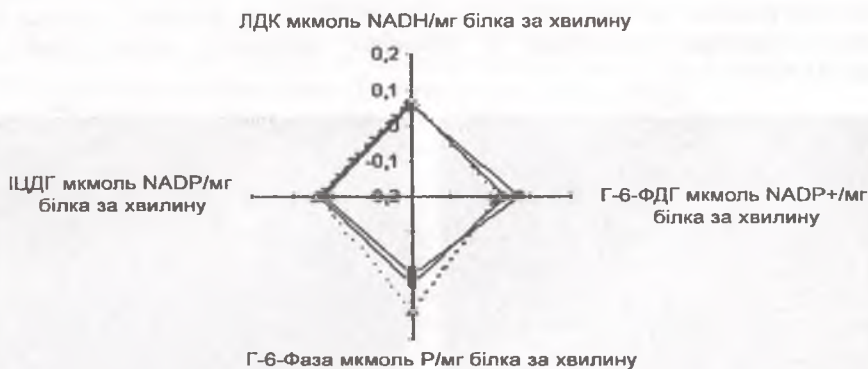


Рис. 12. Граф-схема співвідношення активності енергогенеруючих та енерговитратних процесів у мозку двохліток коропа в умовах гербіцидного навантаження (14 доба), $M \pm m$, $n=6$.

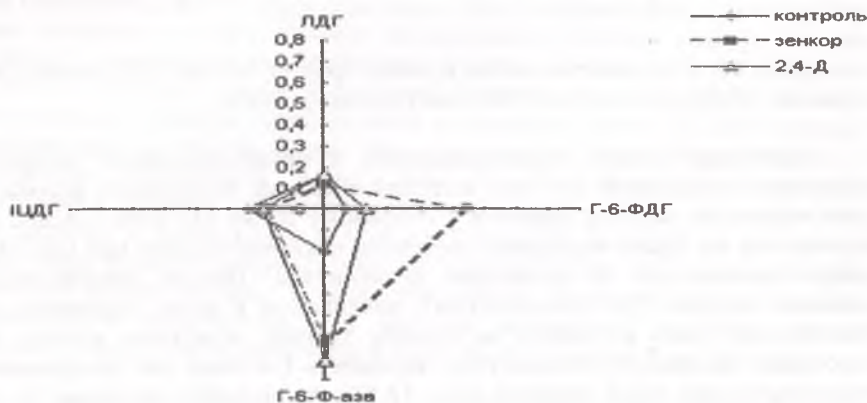


Рис. 13. Граф-схема співвідношення активності енергогенеруючих та енергозатратних процесів у мозку цьоголіток коропа в умовах гербіцидного навантаження (14 доба), $M \pm m$, $n=6$.

Інші токсиканти на енергетичний статус мозку риб, так само як і гербіциди, діють різнопланово. Наприклад, адаптація мозку коропа до дії фенолу виявляється у зниженні величини всіх показників енергетичного обміну та їх стабілізації на більш низькому рівні за рахунок окиснення глюкози, синтезованої завдяки активації гліконеогенезу. Найбільший негативний вплив на енергетичні показники в мозку коропа чинять катіони свинцю (рис. 14А,Б).

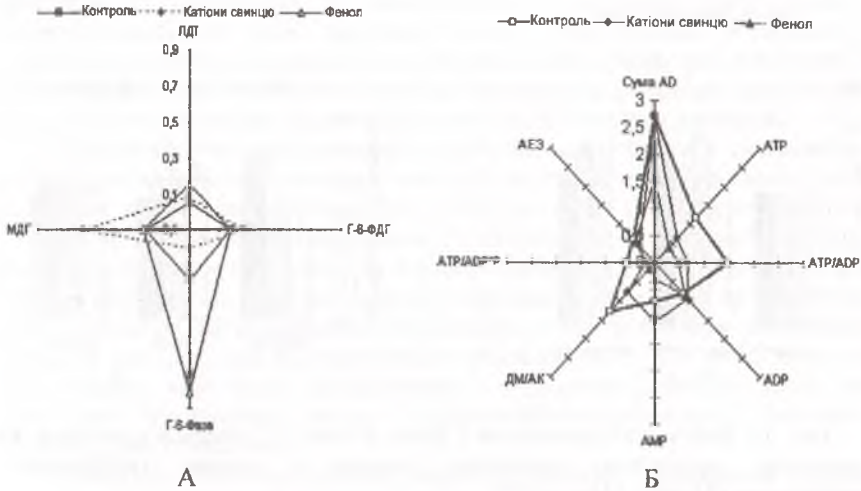


Рис. 14. Граф-схема співвідношення активності енергоутворюючих та енерговитратних процесів (А – активність ферментів, Б – кількість макроергічних сполук) у мозку двохліток коропа в токсичних умовах, $M \pm m$, $n=6$.

Вміст АТФ у мозку риб за дії свинцю зменшується у 2 рази, АТФ/АДР – в 2,2 рази, співвідношення діючих мас АТФ системи – у 3,2 рази, унаслідок неможливості фосфорилування системи АДР–АТФ, у зв'язку з інгібуванням синтезу глюкози (головного живильного субстрату для нервової тканини).

Вищезазначені закономірності характеризують обмін речовин та адаптивні можливості у риб в цілому. Однак, в процесі досліджень нами виявлено суттєві модифікаційні відмінності описаних ефектів у риб залежно від їх віку.

Найбільший негативний вплив на морфологічному рівні гербіциди чинять на двохліток коропа, що виражається в пошкодженні зовнішніх покривів тіла і зменшенні вмісту сухої речовини у м'язах (переважання катаболічних процесів) (рис. 14). Це призводить до зміни вмісту сполук нітрогену в крові коропа: під дією раундапу в крові двохліток кількість азотистих сполук зменшилася у 35 разів, що свідчить про негативний азотистий баланс, екскрецію сполук нітрогену з організму та несприятливий прогноз для життєдіяльності риб.

У мальків та цюголіток після перебування в токсичних умовах були прозорий слиз, щільна, блискуча з перламутровим відтінком луска, що міцно утримувалася на тілі. Тіло було щільним та еластичним, без почервоності покривів, гіперемічних ділянок, виразок, тобто не відрізнялось від такого у контрольних риб.

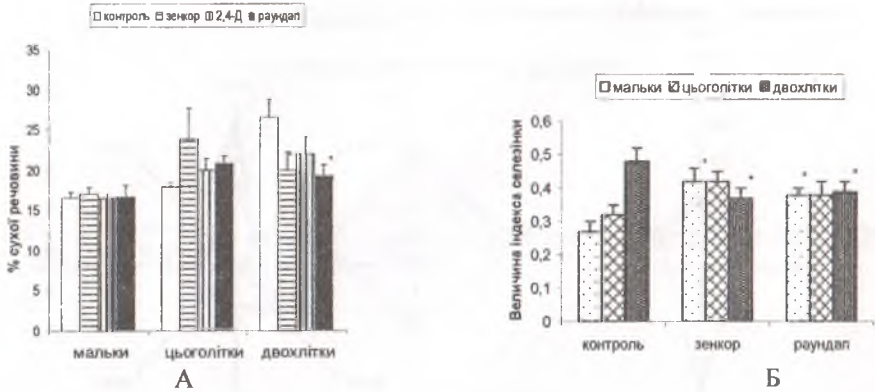


Рис. 15. Вміст сухої речовини у білих м'язах (А), індекси селезінки (Б) у мальків, цьоголіток, двохліток коропа в умовах гербіцидного навантаження (14 діб), $M \pm m$, $n=30$.

Крім того, мальки швидше реагували на дію гербіцидів (на 7 добу), доказом чого є значення індексів селезінки і печінки (рис. 15Б). Можливо, це сприяє включенню досліджених органічних сполук у пластичний обмін. Отримані результати свідчать про збільшення індексу селезінки у контрольних риб з віком (від мальків до двохліток). Під дією гербіцидів (додатковий стресор) ці відмінності нівелюються і їх значення близькі. У мальків індекс селезінки на 14 добу дії зенкору більший на 55 % ($p < 0,01$), раундапу – на 41% ($p < 0,01$), що свідчить про перевагу анаболічних реакцій над катаболізмом у організмі молоді риб. У двохліток, навпаки, індекс селезінки зменшився на 30 % (зенкор) і на 23 % (раундап) ($p < 0,05$), що вказує на переважання катаболічних процесів.

У роботі [Екологічна біохімія, 2005] обговорюється можливість включення ксенобіотиків в обмін речовин. Тварини мають систему біохімічного захисту для детоксикації або ослаблення дії різних за структурою хімічних речовин. У біотрансформації ксенобіотиків беруть участь різні органи і тканини: печінка, нирки, кишечник, селезінка, шкіра, клітини імунної системи тощо. Залучення гербіцидів до метаболізму практично не впливає на показники екстер'єру молоді коропа, що мало відрізняється у риб контрольної та експериментальної груп. Разом з тим, висока активність ферментів в органах цьоголіток, пов'язана з метаболізуванням гербіцидів, є позитивною з точки зору їх детоксикації, а з іншого – відіграє негативну роль, оскільки має місце неекономна витрата енергетичних субстратів, що витрачаються на підтримання цього метаболізму.

Підвищення активності визначених ферментів під дією гербіцидів можна віднести до адаптивних перебудов метаболічних шляхів для

забезпечення гомеостазу та енантіостазу в організмі риб. Отже, на морфофункційному рівні адаптація легше здійснюється у мальків та цьоголіток, у зв'язку з анаболічним спрямуванням обміну речовин у них. На біохімічному рівні економність функціонування характерніша для двохліток коропа, бо цьому сприяє формування наступального виду адаптації.

Крім того, токсичні речовини здатні накопичуватися в тканинах риб, впливаючи на їх обмін речовин і життєдіяльність, а також на харчові якості риби. Так, встановлено [Мехед О.Б., 2006], що після 14 діб перебування риб у токсичних умовах, максимальна кількість 2,4 Д бутилового естеру накопичується в печінці та мозку мальків порівняно з цьоголітками та двохлітками коропа. Накопичення зенкору в органах коропа не було зафіксовано. Тому, можливе нагромадження гербіцидів у тілі риб нами перевірялося також на мальках: для раундапу воно становило $9,73 \pm 1,03$ мг/кг маси тіла; для зенкору воно було мінімальним і становить $3,98 \pm 0,79$ мг/кг маси тіла; для бутилового естеру 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти – $12,26 \pm 0,22$ мг/кг маси тіла.

Риби, ослаблені отруєнням, легше піддаються інфекційним і паразитарним захворюванням внаслідок зниження загальної опірності організму. На підставі цього актуалізується проблема використання профілактичних заходів, що попереджують отруєння риб, однією з способів якого, як зазначалося, є постачання до організму достатньої кількості іонів кальцію. Тому при надходженні гербіцидів у внутрішні водойми необхідно негайно здійснювати ваннування ставів. У літню пору рекомендується вносити вапно у воду з розрахунку 2-3 ц/га. Завдяки збільшенню іонів кальцію в організмі риб (вони відразу з зябер надходять у кров) можливе зростання активності процесів окисного фосфорилування, посилення синтезу макроергічних сполук і успішне формування адаптації. Крім того, підвищення активності кальпаїнової системи призводить до швидкого лізису пошкоджених тканин, що підтверджується гістологічними дослідженнями (рис. 7).

Іншим шляхом оптимізації рибництва в токсично навантажених водоймах є корегування кормової бази риб, бо токсичний вплив на водну екосистему призводить до зміни структури біоценозів (порушуються життєві цикли гідробіонтів, процеси їх життєдіяльності та відтворення, функціонування угруповань), уповільнюються біопродукційні процеси. Наприклад, С.Д. Мельничук і співавт. (2007) показали, що 6 гербіцидів з однаковою діючою речовиною (ізопропілова сіль гліфосату) чинять негативний вплив на *Daphnia magna* і *Ceriodaphnia affinis*, що спричиняє розвиток у них патологічних процесів різного ступеню важкості. Тому гербіциди не тільки отруюють риб, але і знижують їх кормову базу. Нами показано, що для забезпечення нормального фізіологічного стану, кращого виживання молоді коропа в період зимівлі, кількість природної їжі у живленні риб у середньому за сезон вирощування повинна становити не менше 40%. Тому в комбікорми для цьоголіток і двохліток коропа необхідно додавати рибне борошно та незамінні амінокислоти при вирощуванні риб за

високої щільності посадки та за загрози гербіцидного забруднення водойми. При цьому у риб активізуються процеси формування довготермінової адаптації.

Протягом онтогенезу в природних умовах риби зазнають багатоконпонентного впливу, що змінюється. Одним з головних регуляторних чинників їх метаболізму і реалізації біопотенції є низькотемпературне зимове голодування [Хочачка П., Сомеро Дж. 1988; Романенко В.Д. і співав., 1991]. Тому, щоб врахувати внесок цього чинника в розвиток токсикологічних ефектів на метаболічному рівні, нами досліджені механізми адаптивно-компенсаторних можливостей організму риб на рівні енергетичного забезпечення резистентності до цієї дії. У відповідь на дію природних чинників зимового голодування у риб формується комплекс адаптивних змін, які характеризуються різним рівнем виявлення і реалізації (рис. 16). Запропонована схема відображає формування компенсаторної адаптації у цьоголіток коропа та перехід її в експлуатативну у двохліток. Дія абіотичних чинників сприймаються рецепторами і по аферентних шляхах збудження передається на медіаторну та гормональну системи, що забезпечують фізіологічні реакції організму у критичних ситуаціях. Г. Сельс (1982) позначив ці системи у вигляді «вісі» (гіпоталамус – гіпофіз – наднирники). У кісткових риб, до яких належить *Cyprinus carpio* L., функції наднирників виконують скупчення клітин інтерріальної (адренкортикальної) і хромаффінної (мозкової) тканин, які концентруються в клітинах видільної системи навколо вузлів задніх кардинальних вен (Ромер А. і співав., 1992). У клітинах і органах на структурно-функційному рівні виникає відповідна реакція у вигляді термінової відповіді, збільшення навантаження на орган призводить до інтенсифікації функціонування структур, включення системи інтенсивного енергозабезпечення органів. Ця реакція не тільки передуює розвитку стійкої довгострокової адаптації, але і відіграє важливу роль у її формуванні. Для цього необхідна мобілізація енергетичних і структурних ресурсів організму, їх перерозподіл у бік переважного забезпечення систем, що відповідають за адаптацію до даного фактора. Зростає рівень функціонування визначених клітин, що забезпечують терміновий етап компенсаторної адаптації, причому тільки тих, внесок яких є істотнішим для виживання в конкретних умовах.

Метаболічний регулятор енергетичних ресурсів бере участь не тільки в забезпеченні термінової адаптації, але і запускає інший, складніший контур регуляції: вмикається нейрогуморальна, імунна, метаболічна регуляторні системи організму, які контролюють активність генетичного апарату клітини – визначають швидкість синтезу нуклеїнових кислот і білків, необхідних для подолання стресової ситуації. Організм набуває додаткових можливостей, що дозволяє йому успішно адаптуватися до комплексну змін навколишнього середовища.

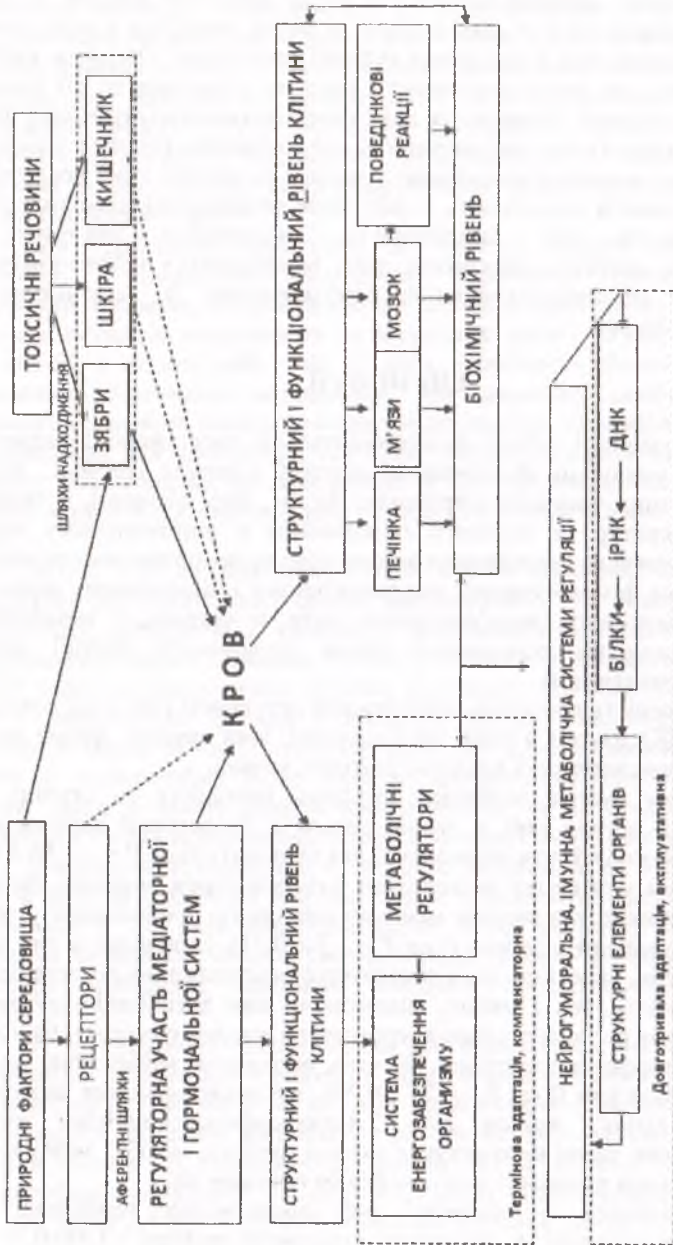


Рис. 16. Схема формування довгострокового етапу адаптації в організмі коропа до дії несприятливих екологічних факторів

Прикладом такої адаптації у наших дослідженнях є синтез кетонових тіл як додаткового джерела енергії для мозку двохліток коропа. У жовтні кількість кетонових тіл у м'язах, печінці та мозку двохліток у середньому у 10–20 разів більша, ніж у цих самих органах цьогоріток. Організм здобуває нові сприятливі для нього властивості, завчасно готується до дії зимового голодування і низьких температур, що є свідченням експлуатативної форми адаптації. На відміну від цієї ситуації за дії токсичних речовин протікання експлуатативної адаптації неможливе у жодній із вікових груп досліджених коропів. Токсиканти викликають у риб лише формування компенсаторних реакцій-відповідей, що забезпечують витривалість організму до ксенобітичного чинника, механізми чого визначаються фізико-хімічними властивостями речовин-токсикантів, особливостями їх надходження до організму і віком риб.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі експериментально досліджено і теоретично обґрунтовано механізми формування адаптації *Suiprinus carpio* L. різного віку до токсичних чинників (гербіциди, фенол, іони свинцю), а також до низьких температур та зимового голодування в порівняльному аспекті, здійснено комплексне дослідження впливу токсичних органічних речовин на організм риб на фізіологічному, морфологічному і біохімічному рівнях. На підставі гістологічних, морфологічних змін в органах і метаболічних відповідей організму встановлено вікові особливості реакції риб на гербіцидне навантаження.

1. Вираженість порушень поведінкової активності риб за дії токсичних речовин (2 ГДК) зростає в такій послідовності: іони свинцю, фенол, похідні 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти, раундап, зенкор.

2. Хімічна будова гербіциду визначає швидкість та ступінь його проникнення в органи риб, а також рівень їх біологічної небезпечності: значні ушкоджуючі ефекти встановлені для гліфосату ($\text{Log } P = -2,36 \pm 0,64$), що виявляються у розвитку незворотних змін зовнішніх покривів, печінки і білих м'язів; зенкор, що володіє меншою швидкістю проникнення у зв'язку з його затримуванням у зябрах ($\text{Log } P = 1,3 \pm 0,21$), спричиняє в них значні структурні зміни, внаслідок яких зменшується надходження до організму як самого токсиканту, так і кисню, викликаючи цим активізацію рухливості риб і як наслідок цього зростання енергетичних витрат організму; бутиловий естер 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти, володіючи найменшою проникністю до органів риб ($\text{Log } P = 4,26 \pm 0,35$), викликає посилене ослизнення покривних тканин; амінна сіль 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти спричиняє значні зміни в структурах тканин печінки, мозку і зябер коропа, що характерно для речовин з політоксичним ефектом дії.

3. Накопичення в організмі риб досліджених гербіцидів було найвищим у мальків риб і в середньому становило: зенкору – $3,98 \pm 0,79$ мг/кг

маси тіла, раундапу – $9,73 \pm 1,03$ мг/кг маси тіла, бутилового естеру 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти – $12,26 \pm 0,22$ мг/кг маси тіла, що пояснюється високою спорідненістю до ксенобіотиків та їх інтенсивним акумулюванням рибами саме в цьому віці. Одним з визначальних механізмів адаптації мальків коропа до досліджених органічних забруднювачів є їх залучення до пластичного обміну, що підтверджується стабільними показниками вмісту сухої речовини організму, значеннями індексів розтягнутості, збитості, масивності, вгодованості, а також швидкістю реагування на дію токсикантів (індекси печінки і селезінки) в умовах низької трофічної активності риб.

4. Дія гербіцидів призводить до змін у коропа гематологічних показників: у двохліток патологічні відхилення показників крові (кольоровий показник, загальний вміст і кількість гемоглобіну в еритроциті, швидкість осідання еритроцитів та згортання крові) виявлені на 7 добу інтоксикації, у молоді риб – на 14 добу. Найбільші абсолютні значення досліджених показників встановлені для дорослих особин. Відносна стабільність основних гематологічних характеристик на завершення терміну інтоксикації як для цьоголіток, так і для двохліток, виявлена тільки за дії раундапу. Встановлено, що критичною у функціонуванні компенсаторної відповіді кровоносної системи риб на дію гербіцидів у двохліток коропа є 7 доба.

5. За дії досліджуваних гербіцидів в усіх тканинах, що вивчалися, зменшується загальний вміст білків, що пов'язано з їх використанням як енергетичних субстратів і участю у формуванні адаптивних структур, підтвердженням чого є динаміка їх вмісту та зміна співвідношення окремих фракцій залежно від хімічної будови гербіциду: раундап зменшує вміст білків у нерозчинній фракції і збільшує частку водорозчинних білків, особливо в білих м'язах і печінці риб; дія 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти є аналогічною щодо фракції нерозчинних білків мозку риб, збільшує вміст в ньому солерозчинник білків; за дії зенкору в печінці збільшується частка нерозчинних білків, а зменшується – водорозчинних.

6. Досліджувані гербіциди суттєво не впливають на вміст загальних ліпідів в печінці двохліток коропа, однак в сироватці крові їх кількість збільшується у 1,4 рази щодо контролю за дії раундапу з одночасним зростанням активності ліпази. Основна роль ліпідів, ймовірно, полягає в акумуляції гербіцидів, особливо похідних 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти.

7. За гербіцидного навантаження риб виявляється зміна швидкості і спрямованості вуглеводного обміну: в білих м'язах виявлено його зміщення в бік аеробного окиснення за дії всіх досліджених гербіцидів; в печінці спостерігається зміщення рівноваги в бік анаболізму вуглеводів унаслідок зростання активності глюкозо-6-фосфатази за дії зенкору (в 3,1 рази) і 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти (в 3,5 рази) за винятком дії раундапу; в мозку риб за дії 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти рівень глюкози і вміст

макроергів є стабільним, дія зенкору зміщує спрямованість вуглеводного обміну в бік пентозофосфатного шунта одночасно з значним зниженням інтенсивності утворення макроергів; раундап загалом не викликає суттєвих змін у вуглеводному обміні в організмі риб.

Співвідношення активності протікання енергогенеруючих та енерговитратних реакцій сприяє формуванню термінової адаптації у випадку дії раундапу протягом 7 діб у молоді коропа (збільшення активностей ЛДГ, ПЦДГ в печінці і мозку) і тривалої адаптації у випадку дії похідних 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти.

8. Адаптація мозку коропа до фенолу полягає у збереженні співвідношення показників енергетичного обміну на рівні, близькому до контролю, з одночасним зниженням їх абсолютних значень за рахунок активації реакцій глікогонеогенезу. Іони свинцю інгібують енергетичний метаболізм в клітинах мозку коропа внаслідок блокування фосфорилування системи ADP – ATP і синтезу глюкози.

9. Виявлено адаптивне збільшення концентрації кальцію в сироватці крові риб за дії раундапу, за рахунок чого забезпечується стабілізація енергетичного обміну в організмі коропа. Внесення до водойм кальцію у складі вапна чи вапняку з розрахунку 2-3 ц на га останніх (при рН води не більше 6,5) призводить до збільшення його вмісту в крові риб, підвищуючи їх витривалість до ксенобіотиків, і сприяє виживанню в токсичному середовищі.

10. Одним з видів компенсаторної адаптації у цьоголіток коропа є синтез кетонових тіл (бета-гідроксибутират, ацетоацетат) в печінці, що формується як реакція-відповідь на дію низьких температур і голодування. Збільшення вмісту кетонових тіл в м'язах, печінці і мозку двохліток коропа перед зимівлею риб більше, ніж у 10 разів, свідчить про формування в коропів експлуатативного типу адаптації до низьких температур.

За дії токсичних речовин на відміну від зимового голодування риб протікання експлуатативної адаптації не виявлено у жодній із вікових груп коропів. Токсиканти викликають у риб лише формування компенсаторних відповідей, що забезпечують толерантність організму до неспецифічних чинників, механізми чого визначаються фізико-хімічними властивостями речовин-токсикантів, особливостями їх надходження до організму і віком риб.

11. З метою підвищення життєздатності молоді коропа в період зимівлі, а також її виживання в токсичних умовах кількість природної кормової бази в живленні риб в середньому за сезон вирощування повинна становити не менше 40%, для чого до комбікормів цьоголіток рекомендується включати рибну муку і незамінні амінокислоти.

12. На відкритих колекторно-дренажних і дренажних каналах та зрошувальних системах рекомендується не застосовувати гербіциди, до складу яких як діюча речовина входить ізопропіламінна сіль гліфосату або гліфосат у вигляді кислоти, а також похідні 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях

1. Жиденко А.А. Особенности взаимопревращения α -кетоглутарат-глутамат в митохондриях мозга экзотермных животных в условиях зимовки / А.А. Жиденко, В.В. Грубинко, А.Ф. Явоненко // Укр. биохим. журн. – 1990. – Т. 62, №6. – С. 79 – 83 (Дисертант проводив експеримент, визначав активність ферментів, брав участь у обговоренні результатів і оформленні рукопису).
2. Явоненко А.О. Динаміка вуглеводів у тканинах молоді коропа в процесі зимівлі / А.О. Явоненко, В.В. Грубінко, А.О. Жиденко // Рибне господарство. – Київ, 1993. – В. 47. – С. 18 – 21 (Дисертант проводив експеримент, визначав вміст глюкози та глікогену, брав участь у обговоренні результатів і оформленні рукопису).
3. Жиденко А.А., Влияние абиотических факторов среды на образование кетоновых тел у рыб / А.А. Жиденко, В.В. Грубинко, А.С. Смольский // Гидробиол. журн. – 1994. – Т. 30, №2. – С. 87 – 92 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, визначав вміст кетонових тел, брав участь у обговоренні результатів і оформленні рукопису).
4. Динаміка вмісту амінокислот в мозку риб при дії екстремальних факторів водного середовища / А.О. Жиденко., В.В. Грубінко, В.В. Жиденко [та ін.] // Вісник проблем біології і медицини. – Харків-Полтава, 1998. – №18. – С. 45 – 53 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, визначав вміст амінокислот, брав участь у обговоренні результатів і оформленні рукопису).
5. Жиденко В.В. Показники енергетичного обміну мозку коропа для моніторингу забруднення навколишнього середовища / В.В. Жиденко, А.О. Жиденко // Науковий вісник: Сучасна екологія і проблеми сталого розвитку суспільства / Збірник науково-технічних праць. – Львів: УкрДПТУ. – 1999. – Вип. 97. – С. 66 – 72 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, визначав активність ферментів, брав участь у обговоренні результатів і оформленні рукопису).
6. Жиденко А.А. Роль γ -амінобутиратного шунта мозку в адаптації риб к екстремальним факторам среды / А.А. Жиденко, В.В. Кривопиша, В.В. Грубинко // Гидробиол. журн. – 1999. – 35, №5. – С. 96 – 10 (Дисертант проводив експеримент, визначав активність ферментів, брав участь у обговоренні результатів і оформленні рукопису).
7. Грубінко В.В. Особливості енергетичного метаболізму у мозку коропа при інтоксикації фенолом / В.В. Грубінко, В.В. Кривопиша, А.О. Жиденко // Біологія тварин. – 2000. – Т. 2, № 1. – С. 65 – 71 (Дисертант проводив експеримент, визначав активність ферментів, брав участь у обговоренні результатів і оформленні рукопису).
8. Кривопиша В.В. Сезонні особливості функціональної активності нервової тканини коропа / В.В. Кривопиша, А.О. Жиденко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія»

- Тернополь. – 2001 – 4(15) – С. 52 – 54 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, визначав активність ферментів, брав участь у обговоренні результатів і у підготовці статті).
9. Мехед О.Б. Вплив зенкору на вміст глюкози та активність ферментів глікоконезу у тканинах коропа лускатого (*Cyprinus carpio L.*) за різних температур / О.Б. Мехед, Б.В. Яковенко, А.О. Жиденко // Укр. біохім. журн. – 2004. – Т. 76, № 3. – С. 110 – 113 (Дисертанту належить ідея, він визначав активність ферментів, брав участь у обговоренні результатів і оформленні рукописі).
 10. Мехед О.Б. Активність некоторых ферментов углеводного обмена в тканях сеголеток и двухлеток карпа в осенний период / О.Б. Мехед, Б.В. Яковенко, А.А. Жиденко // Гидробиол. журн. 2004 – Т. 40, № 3. – С. 83 – 89 (Дисертанту належить ідея, він визначав активність ферментів брав участь у обговоренні результатів і оформленні рукописі).
 11. Жиденко А.А. Метаболическая адаптация сеголеток и двухлеток карпа к условиям зимовки / А.А. Жиденко, В.В. Кривошиша // Гидробиол. журн. – 2004. – Т. 40, № 5. – С. 42 – 48 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, визначав вміст кетонових тел , брав участь у обговоренні результатів і написанні статті).
 12. Жиденко А.А. Влияние аминокислотного состава кормов на биомассу молоди карпа / А.А. Жиденко, В.В. Кривошиша // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія» – 2005. – № 3(26). – С. 139 – 161 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, визначав вміст амінокислот і білка, брав участь у обговоренні результатів і у підготовці статті).
 13. Жиденко А.А. Влияние гербицидов на гематологические показатели двухлеток карпа / А.А. Жиденко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія». – 2005. – № 3(26). – С. 157 – 158.
 14. Коваленко О.М. Гістологічні зміни в органах риб під впливом пестицидів / О.М. Коваленко, А.О. Жиденко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія». – 2005. – № 3(26). – С. 208 – 210 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, відбирав проби тканин, описував патологічні зміни органів риб і брав участь у оформленні рукопису).
 15. Мехед О.Б. Зміни вмісту аденілатів в тканинах цьоголітки та двохлітки коропа при дії пестицидів / О.Б. Мехед, А.О. Жиденко, Б.В. Яковенко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія». – 2005. – № 3(26). – С. 299 – 301 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, визначав вміст аденілатів, брав участь у обговоренні результатів і оформленні рукопису).

16. Мусієнко Н.Г. Вплив пестицидів на морфологічні показники коропа / Н.Г. Мусієнко, А.О. Жиденко, О.Б. Мехед [та ін.] // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія». – 2005. – № 3(26). – С. 319 – 321 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, проводив заміри риби, брав участь у обговоренні результатів і оформленні рукопису).
17. Жиденко А.О. Динаміка гістологічних змін в органах коропа під впливом гербіцидів / А.О. Жиденко, О.М. Коваленко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2006. – 2(29). – С.44 – 49 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, відбирав проби тканин, описував патологічні зміни органів риби і брав участь у написанні статті та оформленні рукопису).
18. Жиденко А.А. Влияние раундапа на динамику гистологических показателей в органах карпа / А.А. Жиденко, Е.М. Коваленко // Гидробиол. журн. – 2006. – Т.42, № 6. – С.104 – 111 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, відбирав проби тканин, описував патологічні зміни органів риби і брав участь у написанні статті та оформленні рукопису).
19. Жиденко А.А. Вплив зенкору на динаміку гістологічних змін в органах коропа / А.А. Жиденко, Е.М. Коваленко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2006. – 3-4(30). – С. 60 – 65 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, відбирав проби тканин, описував патологічні зміни органів риби, брав участь у написанні статті та оформленні рукопису).
20. Жиденко А.А. Гематологические показатели двухлеток карпа в условиях гербицидной нагрузки. / А.А. Жиденко // Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Біологія. Екологія. – 2007. – 1, Вип. 15. – С. 38 – 44.
21. Жиденко А.А. Особенности пластического обмена карпа разного возраста под действием гербицидов / А.А. Жиденко // Вісник Дніпропетровського національного університету. Біологія, Екологія. – Д.: ДНУ, 2008. – Т. 1, Вип. 16. – С. 84 – 92.
22. Жиденко А.А. Динаміка гематологічних показателів молоді карпа під впливом гербіцидів / А.А. Жиденко // Гидробиол. журн. – 2008. – Т. 44, №3. – С. 80 – 88.
23. Жиденко А.А. Влияние гербицидов на структурный метаболизм карпа (*Cyprinus carpio* L.) разного возраста / А.А. Жиденко // Вісник Харківського національного ун-ту імені В.Н. Каразіна. Серія біологія. – 2008. – Вип. 6, № 788. – С. 90 – 96.
24. Жиденко А.О. Залежність показників вуглеводного обміну в тканинах коропа від дії гербіцидів різної хімічної структури / А.О. Жиденко, О.Б. Мехед, К.В. Бібчук // Вісник Запорізького національного універ-

- ситету. – 2008. – № 1. – С. 102 – 106 (Дисертанту належить ідея, він брав участь у проведенні експерименту, обговоренні результати, у написанні статті та оформленні рукопису).
25. Кривопиша В.В. Влияние гербицидов на обмен кальция в организме карпа / В.В. Кривопиша, А.А. Жиденко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. – 2008. – 3(37). – С.85 – 87 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, визначав вміст кальцію, брав участь у обговоренні результатів і оформленні рукопису).
 26. Міщенко Т.В. Вплив гербицидів на ліпідний обмін в тканинах коропа / Т.В. Міщенко, А.О. Жиденко // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Серія: Біологічні науки. – 2006. – 40, № 1. – С. 77 – 83. (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, брав участь у написанні статті та оформленні рукопису).
 27. Бібчук К.В., Особливості впливу гербицидів на вуглеводний обмін у тканинах коропа / К.В. Бібчук, А.О. Жиденко // Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка Серія: Біологічні науки. 2006 – 40, № 1. – С. 87 – 91 (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, брав участь у написанні статті та оформленні рукопису).
 28. Жиденко А.А., Грубинко В.В. Новые критерии прогнозирования зимовки молоди карпа // Информационный листок № 16-93. – Чернигов: Черниговский МТЦНП, 1993. – 3 с (Дисертанту належить ідея, він проводив експеримент, визначав вміст амінокислот, брав участь в підготовці матеріалів).
 29. Грубинко В.В., Жиденко А.А. Новые методы биотестирования аммиачного загрязнения водоёмов // Информационный листок № 28-93. – Чернигов: Черниговский МТЦНТИ, 1993. – 3 с (Дисертант брав участь у проведенні експерименту).
 30. Жиденко А.А. Гербицидное загрязнение водоемов: методы его биотестирования и снижения негативного влияния на гидробионты / А.А. Жиденко // Информационный листок № 7. – 2008. – Чернигов: Черниговский ГЦНТЭИ, 2008. – 8 с.

Матеріали наукових конференцій

31. Жиденко А.А., Явоненко А.Ф. Адаптивное сохранение энергетического гомеостаза у зимующей молоди карпа // Механизмы адаптации животных и растений к экстремальным факторам среды: Тез. докл. 6-й Ростовской обл. научно-практ. школы-семинара, (Ростов-на-Дону, 10 – 14 сент. 1990 г.) – Ростов-на-Дону: ЦНТИ, 1990. – Ч. 2. – С. 183 – 184.
32. Жиденко А.А., Грубинко В.В., Явоненко А.Ф. Кето- и аммиогенез как причина гибели зимующей молоди карпа // Вторая Всес. конф. по рыбохоз. токсикологии: Тез докл. (Санкт-Петербург, ноябрь 1991 г.) – Санкт-Петербург: Б. и., 1991. – Ч. 1. – С. 197 – 199.

33. Грубинко В.В., Жиденко А.А., Явоненко А.Ф. Роль глюкоаланинового цикла в обеспечении гомеостаза у рыб в экстремальных условиях // VII Науч. конф. по экол. физиол. и биохим. рыб: Тез. докл. (Петрозаводск, 30 сент. – 3 окт. 1992 г.) – Петрозаводск: Карельск. науч. центр РАН, 1992. – Т. 1. – С. 76 – 77.
34. Жиденко А.А., Коновец И.Н., Явоненко А.Ф. Динамика использования энергетических субстратов в тканях зимующей молоди карпа // VII Науч. конф. по экол. физиол. и биохим. рыб: Тез. докл. (Петрозаводск, 30 сент. – 3 окт. 1992 г.) – Петрозаводск: Карельск. науч. центр РАН, 1992. – Т. 1. – С. 102 – 103.
35. Grubinko V., Zhydenko A. The correlation of energy and GABA mediator Glutamate and use in Fish Brain under Hypothermia / 17 International Congress of Biochemistry and Molecular Biology. – (San-Francisco, 24-29 august 1997). – P. 150.
36. Zhydenko A., Grubinko V. Homeostasis regulation in glutamine-glutamate-gammaaminobutirate in fish brain under intoxication / 5 International Amino Acids Congress – 25-29 August 1997. – Chalkidiki, Greece. – P. 346.
37. Жиденко А.О., Грубинко В.В., Жиденко В.В. Энергетичний гомеостаз мозку риб при дії катіонів свинцю. // VII Укр. біохімічний з'їзд. (Київ, вересень 1997 р.) Тез. доп. – К.: НАУ, 1997. – Ч. 1. – С. 94 – 95.
38. Жиденко А.А., Грубинко В.В., Жиденко В.В. Особенности метаболизма углеводов в мозге карпа при интоксикации ионами свинца // II З'їзд гідроекологічного товариства України (Київ, 27-31 жовтня 1997 р.) Тез. доп. – К.: МПП «Август», 1997 – Ч. 2. – С. 122 – 123.
39. Жиденко А.А., Жиденко В.В. Метаболические механизмы адаптации головного мозга рыб при действии фенола // Екологічний стрес і адаптації в біологічних системах: Матеріали I Всеукр. наук. конф. (27-29 жовтня 1998 р. – Тернопіль: Вид-во ТДПУ, 1998. – С. 48 – 49.
40. Жиденко А.А. Синтез кетонных тел как форма эксплуативной адаптации в онтогенезе рыб / А.А. Жиденко, В.В. Кривошиша // Укр. біохім. журн. – 2002. – 74, № 46. – С. 86 – 87.
41. Жиденко А.О., Мехед О.Б., Бибчук Е.В. Влияние пестицидов на качественное и количественное содержание аденилатов в тканях карпа // Материалы Междунар. науч. конф. «Актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных». – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2005. – С.68 – 69.
42. Жиденко А.О., Мехед О.Б., Близнюк Е.В. Влияние пестицидов на качественный и количественный состав свободных аминокислот в тканях карпа // Материалы Междунар. науч. конф. «Актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных». – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2005. – С.70 – 72.

43. Жиденко А.О., Бібчук К.В. Особливості вуглеводного обміну в тканинах коропа в умовах гербіцидного навантаження // Матеріали ІХ Українського біохімі з'їзду: Тез. доп. (Харьків, 24-27 жовтня 2006 р.). – К., 2006. – Т. 1. – С.124.
44. Міщенко Т.В., Жиденко А.О. Зміни вмісту ліпідів та активності ліпази в тканинах коропа під впливом гербіцидів Матеріали ІХ Українського біохімі. з'їзду: Тез. доп., (Харьків, 24-27 жовтня 2006 р.). – К., 2006. – Т. 1. – С. 152.
45. Жиденко А.А. Влияние природы токсиканта и возраста рыб на характер адаптивных реакций в организме карпа // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: Материал. 2-ой науч. конф. с уч. стран СНГ (Петрозаводск, 11-14 сентября 2007 г.). – Петрозаводск: Карельск. научн. центр РАН, 2007. – С.54 – 55.
46. Мехед О.Б., Жиденко А.А., Мищенко Т.В. Динамика биохимических показателей в тканях карпа под действием гербицидов разной химической структуры // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: Материал. 2-ой науч. конф. с уч. стран СНГ (Петрозаводск, 11-14 сентября 2007 г.). – Петрозаводск: Карельск. научн. центр РАН, 2007. – С.94 – 95.
47. Жиденко А.А. Формирование и направленность адаптивного процесса рыб к действию гербицидов // Биоразнообразие и роль животных в экосистемах: Материал. IV междунар. науч. конф. (Днепропетровск, 9-12 октября 2007 г.). – Днепропетровск: Изд-во ДНУ, 2007. – С. 148 – 149.
48. Жиденко А.А. Накопление гербицидов в организме мальков карпа // Сучасні проблеми водних екосистем: Тези доп. Всеукр. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 18 жовтня 2007 р.). – Дніпропетровськ, 2007. – С.21 – 22.
49. Бібчук К.В., Жиденко А.О. Зміни активності аланін- і аспартатаміно-трансферази в організмі коропа за умов гербіцидного навантаження // Сучасні проблеми водних екосистем: Тези доп. Всеукр. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 18 жовтня 2007 р.). – Дніпропетровськ, 2007. – С. 6 – 7.
50. Міщенко Т.В., Жиденко А.О. Вплив гербіцидів на активність каталази коропа різного віку // Сучасні проблеми водних екосистем: Тези доп. Всеукр. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 18 жовтня 2007 р.). – Дніпропетровськ, 2007. – С. 42 – 44.
51. Жиденко А.А., Кривошиша В.В. Загрязнение внутренних водоемов гербицидами и возможность их биоиндикации // I Всеукраинская науч. конф. Мониторинг природных и техногенных сред. (Симферополь, 24-26 апреля 2008 г.). – Симферополь, 2008. – С. 54-56.

52. Жиденко А.А. Закономерности формирования адаптивных механизмов в мозге карпа под влиянием токсических веществ / А.А. Жиденко, В.В. Кривопиша, Е.В. Бибчук, О.Б. Мехед // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси. Материалы Междун. научно-практич. конф. «Стратегия развития аквакультуры в современных условиях» (Минск, 11-15 августа 2008 г.). – Минск, 2008. – С. 422 – 425.
53. Жиденко А.А. Показатели метаболизма карпа разного возраста для мониторинга загрязнения водной среды / А.А. Жиденко, В.В. Кривопиша // Біорізноманіття водних екосистем: проблеми і шляхи вирішення: Матер. Всеукр. наук.-практ. конф з міжнар. Участью. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 24 – 26.
54. Жиденко А.А. Изменение поведения и метаболических процессов в мозге *Cyprinus carpio* L. в условиях гербицидной нагрузки / А.А. Жиденко, В.В. Кривопиша / «Психофізіологічні та вісцеральні функції в нормі і патології»: міжнар. наук. конф. (Київ, 8-10 жовтня 2008 р.): тез. доп. / редкол. Л.І. Остапченко (відп. Ред.) [та ін.] – К.: Знання України, 2008. – С. 79 – 80.

АНОТАЦІЯ

Жиденко А.О. Морфофізіологічні адаптації різновікових груп *Cyprinus carpio* L. за несприятливої дії екологічних факторів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

В дисертації досліджено і обговорено особливості формування адаптації коропа *Cyprinus carpio* L. різного віку на несприятливу дію екологічних чинників різної природи (гербициди, фенол, іони свинцю, низькі температури та зимове голодування), установленні закономірності змін на функціональному, морфологічному, тканинному і біохімічному рівнях організму.

Виявлено морфологічні і тканинні зміни в організмі коропа під впливом гербицидів (зенкор, похідні 2,4-дихлорфеноксиоцетової кислоти, раундап) з плином часу. Встановлено механізми формування адаптації за показниками крові двохліток і цюголіток коропа під впливом гербицидів.

Встановлено вікові особливості обміну речовин в організмі коропа за дії органічних токсикантів. Показано взаємозв'язок хімічного складу гербициду і метаболізму ліпідів, вуглеводів, білків, енергетичного обміну в органах коропа різного віку. Виведено залежність між природою токсиканта (катіони свинцю, фенол, гербициди) і показниками енергетичного обміну в органах коропа.

Дана комплексна оцінка стану двохліток коропа при токсичних впливах. Відображено вікові особливості формування адаптації *Cyprinus carpio* L. на дію низької температури і голодування.

Встановлена роль катіонів кальцію у формуванні адаптивних реакцій в організмі коропа до гербіцидів, а також вплив амінокислотного складу кормів на біомасу молоді коропа.

Ключові слова: гербіциди, фенол, свинець, зимове голодування, короп: мальки, цьоголітки, двохлітки, адаптація.

АННОТАЦИЯ

Жиденко А.А. Морфофизиологические адаптации разновозрастных групп *Cyprinus carpio* L. при неблагоприятных воздействиях экологических факторов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.00.16 – экология. – Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, Одесса, 2009.

В диссертационной работе осуществлено теоретическое обобщение и проведено сравнение механизмов формирования адаптации к токсическим факторам (гербицидам, фенолу и ионам свинца), а также к низким температурам и зимнему голоданию. Впервые комплексно исследовано влияние токсических веществ органической природы на *Cyprinus carpio* L. разного возраста на структурном, физиологическом и биохимическом уровнях.

На основе выявленных морфологических изменений органов и тканей установлены возрастные особенности реакций рыб на гербицидную нагрузку. Впервые показана взаимосвязь между химическим строением гербицида, способностью его проникновения в организм и временной динамикой (4 – 7 – 14 суток) гистологических изменений в органах карпа (жабры, кишечник, мозг, белые мышцы, печень). Влияние гербицидов приводит к значительным изменениям структуры печени, жабр, а особенно мозга рыб под действием аминной соли 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты; печени и белых мышц – при воздействии раундапа и жабр – под влиянием зенкора. Для определения скорости проникновения исследуемых гербицидов в организм рыб предложены и впервые рассчитаны коэффициенты липофильности, а именно: для раундапа $\text{Log } P = -2,36 \pm 0,64$, для зенкора $\text{Log } P = 1,3 \pm 0,21$, для 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты $\text{Log } P = 2,60 \pm 0,35$, для раствора бутилового эфира 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты $\text{Log } P = 4,26 \pm 0,34$.

Впервые показана взаимосвязь химической структуры гербицида и степень его влияния на направленность углеводного обмена у карпа. Так, в белых мышцах выявлен сдвиг в сторону аэробного окисления под действием

всех исследованных гербицидов; в печени, за исключением действия раундапа, сдвиг равновесия происходит в сторону анаболизма (под действием зенкора и производных 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты увеличивается активность глюкозо-6-фосфатазы); в мозге рыб под влиянием производных 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты поддерживается стабильный уровень глюкозы и макроэргических соединений, действие зенкора сдвигает направленность углеводного обмена в сторону пентозофосфагного шунта со значительным снижением интенсивности образования макроэргов у двухлеток карпа; раундап в целом по окончании эксперимента не приводит к существенным изменениям углеводного обмена в мозге карпа.

Дана комплексная оценка развития адаптивных реакций в ответ на действие стресс-факторов во времени (1 – 7 – 14 сутки пребывания рыбы в токсических условиях) на биохимическом, клеточном, тканевом и морфофункциональном уровнях.

Выяснен механизм формирования адаптации по показателям крови двухлеток и сеголеток карпа под действием гербицидов.

Установлены возрастные особенности обмена веществ в организме карпа в условиях действия органических токсикантов. Показана взаимосвязь химического состава гербицида и метаболизма углеводов, липидов, белков, энергетического обмена в органах карпа разного возраста. Дана комплексная оценка состояния двухлеток карпа при токсических воздействиях.

Установлена роль катионов кальция в формировании адаптивных реакций в организме карпа к гербицидам, а именно – поддержание энергетического обмена. Внесение в водоемы кальция в виде извести или известняка из расчета 2-3 ц на га (при рН воды не больше 6,5) приведет к увеличению его концентрации в крови, повысит устойчивость рыб к ксенобиотикам, будет способствовать их лучшей выживаемости

Установлено также влияние аминокислотного состава кормов на биомассу молоди карпа. С целью обеспечения жизнестойкости молоди карпа в период зимовки, а также их выживаемости в токсических условиях, количество естественной пищи в питании рыб в среднем за сезон выращивания должно составлять не менее 40 %. Для этого в комбикорма для сеголеток, рекомендовано добавлять рыбную муку и вводить незаменимые аминокислоты.

Выведена зависимость между природой токсиканта (катионы свинца, фенол, гербициды) и показателями энергетического обмена в органах карпа.

Отображены возрастные особенности формирования адаптации *Cyprinus carpio* L. на действие низких температур и голодания: компенсаторной как ответ на действие неблагоприятного фактора среды у сеголеток и эксплуатативной (наступательной) – у двухлеток карпа.

На основании своих исследований рекомендуем не применять гербициды, в которых действующим веществом является изопропиламинная соль глифосата, или глифосат в форме кислоты, а также производные 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты на открытых коллекторно-дренажных и дренажных каналах, оросительных системах.

Ключевые слова: гербициды, фенол, свинец, зимнее голодание, карп: мальки, сеголетки, двухлетки, адаптация.

SUMMARY

Zhydenko A.A. Morpho-physiological adaptations of uneven-aged *Cyprinus carpio* L. groups under adverse influence of ecological factors – Manuscript.

Thesis for a doctoral degree in biology, speciality 03.00.16 – Ecology. – Odessa I.I. Mechnikov National University, Odessa, 2009.

The dissertation features peculiarities of forming *Cyprinus carpio* L.'s adaptation to adverse ecological factors of different nature (herbicides, phenol, ions of lead, low temperatures and winter starvation). The paper defines patterns of functional, morphological, tissue and biochemical transformations occurring in its organism.

Morphological and tissue changes in the organism of carps under influence of herbicides (zenkor, derivatives 2,4-dichlorphenoxyacetic acid's derivatives, roundup) are registered within certain periods. The mechanisms of forming adaptation according to blood indices of carp that is both two-year-old and of this year's brood under action of herbicides are described.

Age-referred peculiarities of metabolism in the organism of carp under the influence of organic toxicants are studied. Correlation of herbicide's chemical component and metabolism of carbohydrates, fibers, lipids, power exchange in bodies of carp belonging to different age groups is shown. The paper proves the dependence of power exchange indices on the nature of the toxicant (herbicides, phenol, lead cations) in carp's organism. Two-year-old carp's state under toxic influence is given a comprehensive estimation.

The paper focuses on age peculiarities of forming *Cyprinus carpio* L.'s adaptation to low temperature and starvation. This-year's breed's adaptation is described as compensatory while the two-year-olds' one is identified as exploiting (offensive).

Calcium cations are proved to stimulate the formation of adaptive reactions to herbicides in the organism of carp. The paper proves the influence of forag's aminoacide component of on biomass of young carp.

Key words: herbicides, phenol, lead, winter starvation, carp: young fish, this year's brood, two-years-old, adaptation.

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу
масової інформації
серія ЧГ № 171 від 30 листопада 1998 р.*

Підписано до друку 30.04.2009 р. Формат 60x90 1/16.
Папір офсетний. Друк на різнографі.
Ум. друк арк. 1,9. Обл.-вид. 1,9.
Наклад 100 прим. Зам. №312.
Редакційно-видавничий відділ ЧДПУ імені Т.Г. Шевченка.
14013, вул. Гетьмана Полуботка, 53, к. 208.
Тел. 65-17-99