

# БІОХІМІЯ

УДК 577.125: (597.551.2+ 597.552.1): 546.723

<sup>1</sup>О. О. РАБЧЕНЮК, <sup>1</sup>В. О. ХОМЕНЧУК, <sup>1</sup>А. В. СТАНІСЛАВЧУК, <sup>2</sup>С. Б. ЗГУРСЬКА,  
<sup>1</sup>В. З. КУРАНТ

<sup>1</sup>Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка  
вул. Максима Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

<sup>2</sup>Тернопільський навчально-виховний комплекс "Загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів - правовий ліцей №2"

вул. Новий Світ, 11, Тернопіль, 46003

## ОСОБЛИВОСТІ ВІЛЬНОРАДИКАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ У РИБ ЗА ВПЛИВУ ПІДВИЩЕНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ІОНІВ ФЕРУМУ У ВОДІ

---

Досліджено вплив підвищених концентрацій іонів Феруму (III) на стан антиоксидантної системи та вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів в тканинах (печінка та зябра) коропа і щуки. Відмічено, що іони Феруму, залежно від концентрації, здійснюють значний вплив на про- та антиоксидантні системи організму риб. При цьому ініціація вільнорадикального окиснення та утворення його продуктів має індивідуальний характер для кожного виду риб та виражену тканинну специфіку.

*Ключові слова:* короп, щука, пероксидне окиснення ліпідів, антиоксидантні ензими

У процесі аеробного метаболізму у тварин утворюються активні форми кисню (АФК), що є проміжними продуктами неповного відновлення кисню у дихальному ланцюзі [13, 22]. Основними мішенями для АФК (супероксид аніонрадикал, гідроген пероксид, гідроксильний радикал) є поліненасичені жирні кислоти. Пероксидне окиснення ліпідів (ПОЛ) – типовий вільнорадикальний процес, один з найважливіших окисних процесів в аеробних організмів, у тому числі і риб [21].

Проте за дії стресових чинників різного генезису (радіація, температурний стрес, пестициди, важкі метали тощо), коли продукуються додаткові кількості АФК, ПОЛ є основною причиною пошкодження ліпідів мембран [10, 18, 21], тому механізми атиоксидантного захисту у риб включають ферментні системи та низькомолекулярні антиоксиданти, подібні до тих, що існують у ссавців [14]. Виходячи з вище сказаного, оцінка окисного пошкодження та систем захисту від АФК в організмі риб об'єктивно відображає забруднення водних екосистем та може бути використана для оцінки токсичних ефектів за стресових ситуацій, спричинених різними групами хімічних забруднювачів, у тому числі металами зі змінною валентністю. Враховуючи вище сказане, метою нашої роботи було дослідження впливу іонів Fe<sup>3+</sup> на вміст окремих продуктів пероксидного окиснення ліпідів та активність антиоксидантних ензимів, як важливих індикаторів окисного стресу у тканинах коропа та щуки.

### Матеріал і методи досліджень

Досліди проводили на коропах (*Cyprinus carpio* L.) та щуках (*Esox lucius* L.) дворічного віку, масою 300–350 грамів. Риб виловлювали зі ставів Тернопільського рибкомбінату, урочище

Залісці. Контрольну та дослідні групи риб утримували в стаціонарних акваріумах об'ємом 200 л з відстояною водопровідною водою та постійною аерацією. Вміст  $O_2$  становив  $7,5 \pm 0,5$  мг/л;  $CO_2$  –  $2,5 \pm 0,3$  мг/л; рН –  $7,8 \pm 0,1$ . Температуру підтримували аналогічно природній у цей сезон протягом 14-ти діб. У кожному акваріумі утримувалось по 5 риб. Риб під час досліду не годували.

Вивчали вплив іонів  $Fe^{3+}$  в концентраціях 0,2 і 0,5 мг/дм<sup>3</sup>, що відповідали 2 та 5 рибогосподарським ГДК [6]. Необхідні концентрації іонів металу у воді створювали внесенням солі  $FeCl_3 \times 6H_2O$  кваліфікації «х.ч.». Воду у всіх акваріумах змінювали щодобово.

У дослідженнях використовували зябра і печінку риб. Вміст дієнових кон'югатів в досліджуваних тканинах визначали в гексано-ізопропанольних (1:1) екстрактах [7]. Концентрацію ТБК-активних продуктів за реакцією між малоновим диальдегідом (МДА) і тіобарбітуровою кислотою [4]. Визначення вмісту гідропероксидів ліпідів полягало в осадженні білка 10 % трихлороцтовою кислотою з наступною дією на досліджуваний матеріал амоній тіоціанатом. При цьому попередньо проводили екстракцію ліпідів етанолом [1]. Активність антиоксидантних ферментів, зокрема каталази, визначали за методом [5], активність СОД – за рівнем інгібування ферментом процесу відновлення нітросинього тетразолію при наявності NADH і феназинметасульфату [8].

Статистичну обробку одержаних результатів проводили в Microsoft Excell (критерій Стьюдента).

### Результати досліджень та їх обговорення

Дієнові кон'югати є первинними продуктами ПОЛ, що відносяться до токсичних метаболітів, які можуть здійснювати пошкоджуючу дію на ліпопротеїди, білки, ферменти та нуклеїнові кислоти. Аналіз отриманих результатів показав, що вміст дієнових кон'югатів у печінці коропа за дії 5 ГДК іонів Феруму (III) зростав у 1,2 рази ( $p < 0,05$ ), тоді як за впливу 2 ГДК іонів металу достовірних відмінностей щодо контролю відмічено не було (рис. 1). У зябровій тканині коропа мало місце пропорційне до концентрації іонів  $Fe^{3+}$  зростання кількості дієнових кон'югатів у 1,8 та 2,1 рази відповідно. Це свідчить про активацію процесів пероксидації ліпідів.

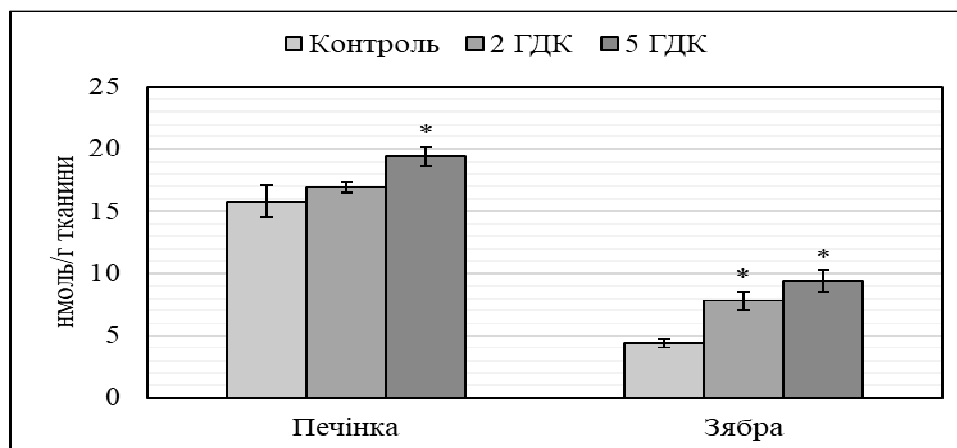


Рис. 1. Вміст дієнових кон'югатів у тканинах коропа за різного вмісту іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

У печінці щуки було відмічено подібну до коропа динаміку змін кількості дієнових кон'югатів (рис. 2). Так, за впливу 2 ГДК іонів Феруму мало місце зростання вмісту ДК у печінці щуки в 1,4 рази, а за дії 5 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  у 1,6 рази ( $p < 0,05$ ). У зябрах щуки за дії 2 ГДК іонів металу було відмічено достовірне зниження концентрації дієнових кон'югатів у 1,7 рази, тоді як за впливу 5 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  вміст досліджуваних метаболітів не відрізнявся від контрольних значень.

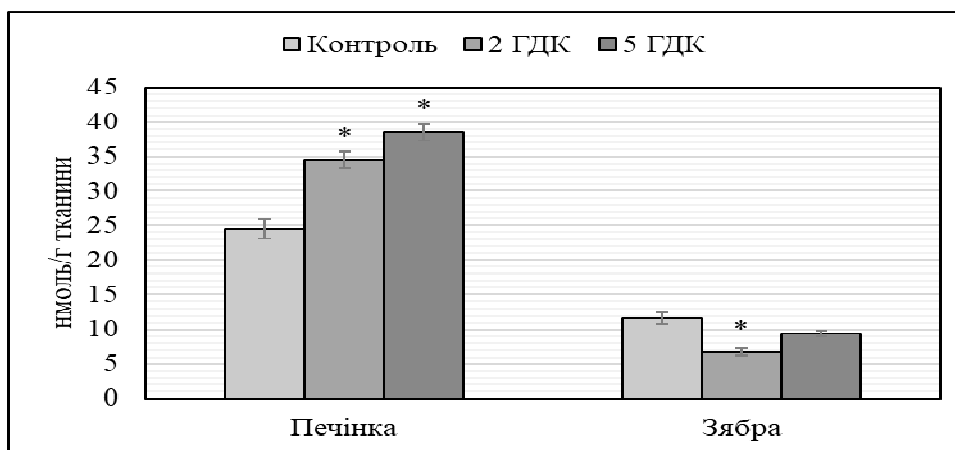


Рис. 2. Вміст дієнових кон'югатів у тканинах щуки за різного вмісту іонів  $Fe^{3+}$  воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Гідропероксиди ліпідів, як і дієнові кон'югати є первинними продуктами ПОЛ. Аналіз вмісту гідропероксидів ліпідів за впливу підвищених концентрацій іонів Феруму (III) показує яскраво виражений видовий та тканинний характер змін (рис. 3-4).

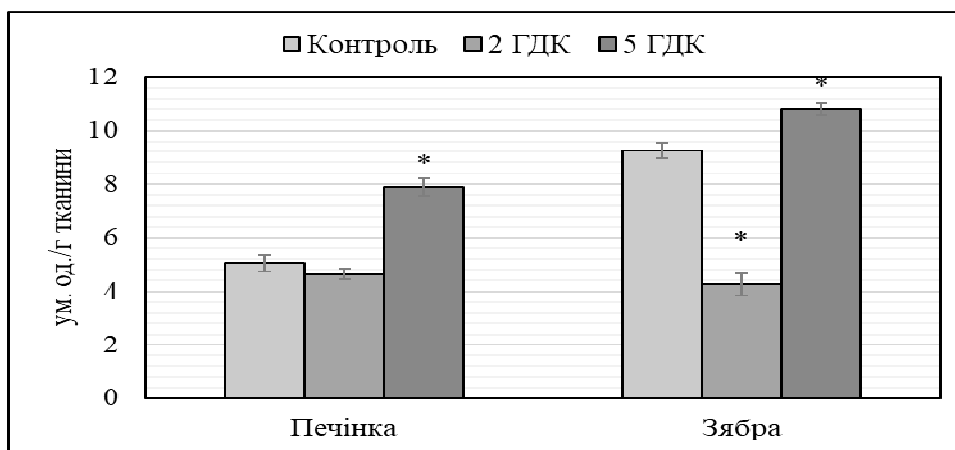


Рис. 3. Вміст гідропероксидів ліпідів у тканинах коропа за різного вмісту іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Так, максимальна з досліджуваних концентрацій іонів металу викликала зростання рівня гідропероксидів ліпідів у 1,5 рази в печінці та у 1,2 рази у зябровому апараті коропа відносно контрольних значень ( $p < 0,05$ ). За впливу 2 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  зміни вмісту відмічено лише в зябрах коропа, де спостерігалось достовірне зниження вмісту гідропероксидів у 2,1 рази. При цьому у печінці коропа за даної концентрації іонів металу спостерігалася тенденція до зниження кількості гідропероксидів ліпідів.

На відміну від коропа, у печінці щуки мало місце достовірне зниження гідропероксидів ліпідів у 1,3 рази лише за 5 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  (рис. 4). У зябрах щуки спостерігалось зростання вмісту гідропероксидів ліпідів у 1,1 та 1,2 рази за впливу 2 та 5 ГДК іонів металу щодо контролю відповідно. Зростання кількості гідропероксидів ліпідів у зябрах обох видів риб за впливу 5 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  є свідченням посилення пероксидації ліпідів, що очевидно пов'язано із значним акумулюванням Феруму у тканинах зябер досліджуваних видів риб. Окислювальний стрес виникає тоді, коли швидкість продукування АФК перевищує швидкість їх утилізації та відновлення біомолекул.

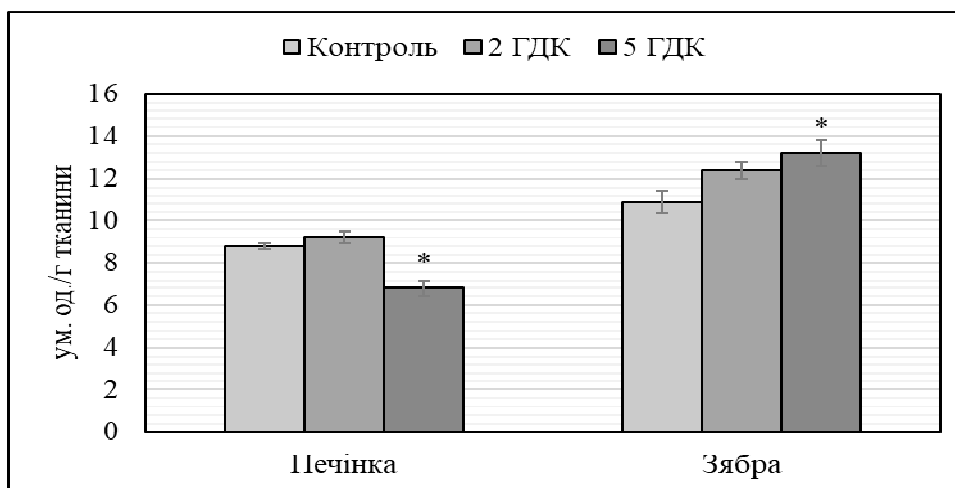


Рис. 4. Вміст гідропероксидів ліпідів у тканинах щуки за різного вмісту іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Отже, в цілому спостерігається зростання вмісту даних метаболітів у зябрах коропа та щуки за дії 5 ГДК іонів  $Fe^{3+}$ , що може бути свідченням окисного стресу в їх організмі.

Одним із вторинних продуктів ПОЛ є малоновий диальдегід, який може утворюватися з гідропероксидів [2]. Негативна роль його полягає в зшиванні молекули ліпідів і зниженні плинності мембран. Підвищений вміст ТБК-активних продуктів у метаболічно активних тканинах може бути свідченням окисного стресу в організмі риб [15].

Аналіз отриманих результатів показав, що вміст ТБК-активних продуктів у печінці та зябрах коропа за впливу підвищених концентрацій іонів Феруму достовірно не відрізняється від контрольних значень (рис. 5).

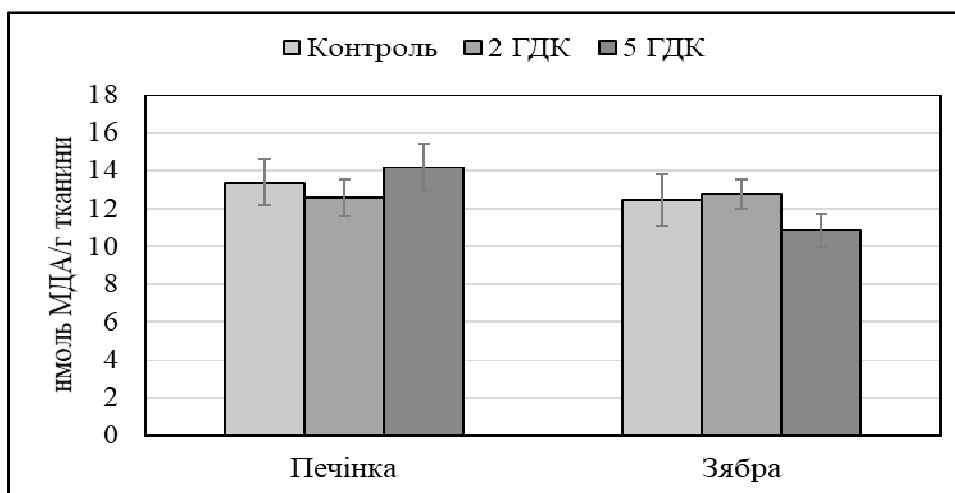


Рис. 5. Вміст ТБК-активних продуктів у тканинах коропа за різного вмісту іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

На відміну від коропа, у зябрах щуки має місце зменшення кількості ТБК-активних продуктів за дії 2 ГДК іонів металу (рис. 6). За впливу 5 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  рівень даного метаболіту дещо зростає, однак не досягає контрольних значень. У печінці щуки достовірних змін щодо кількості ТБК-активних продуктів як за дії 2, так і 5 ГДК іонів Феруму не виявлено.

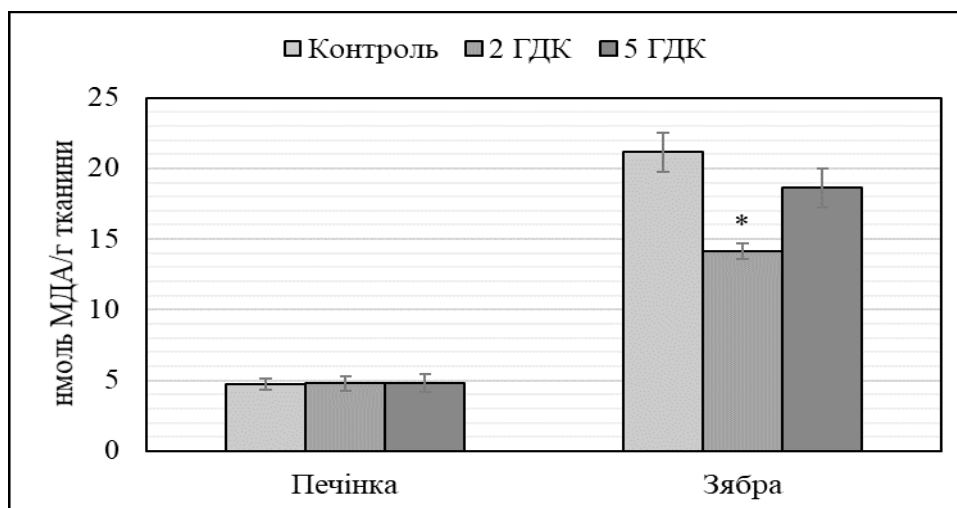


Рис. 6. Вміст ТБК-активних продуктів у тканинах щуки за різного вмісту іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Отже, в цілому іони Феруму здійснюють значний вплив на про- та антиоксидантні системи організму риб. Ініціація вільнорадикального окиснення та утворення його продуктів має індивідуальний характер для кожного виду риб та виражену тканинну специфіку.

Дія деяких ксенобіотиків, включно металів, може призводити до утворення в організмі гідробіонтів додаткових кількостей високореакційних форм кисню та зменшення антиоксидантних засобів захисту [3]. Це в свою чергу ініціює оксидативний стрес у біологічних системах, що призводить до пошкодження тканин, запалення, та старіння [26]. Оксидативний стрес є результатом дисбалансу між утворенням активних форм кисню та функціонуванням антиоксидантних систем в організмі риб [23]. Взаємодія між АФК та антиоксидантними системами у аеробних організмів здійснюється серією внутрішньоклітинних антиоксидантних ферментів, що перехоплюють і інактивують оксигеновмісні радикали.

Важливу роль у знешкодженні АФК в організмі риб відіграють антиоксидантні ензими – супероксиддисмутаза, глутатіонпероксидаза та каталаза. Підвищена активність даних ензимів є індикатором наявності в організмі риб оксидативного стресу [27]. Разом з тим, синтез антиоксидантних ензимів у тканинах риб значною мірою залежить від вмісту у воді мікроелементів, які входять до їх складу [9].

Аналіз результатів активності ензимів системи антиоксидантного захисту риб за впливу підвищених концентрацій Феруму (III) у воді показав виражену концентраційну та видову специфіку змін.

Так за дії 2 ГДК іонів  $Fe^{3+}$  у воді активність каталази у печінці коропа знижується в 1,3 рази, тоді як вплив 5 ГДК іонів металу призводив до зростання активності цього ензиму у 1,1 рази ( $p < 0,05$ ; рис.7). Зниження рівня активності каталази може бути пов'язано з прямою чи опосередкованою дією металу на структуру ферменту [12], депресією синтезу каталази [2] та, що найбільш ймовірно, гальмуванням ферментної активності потоком супероксидних радикалів [11]. Це підтверджується зростанням активності СОД у печінці коропа за впливу іонів Феруму (рис. 7).

У тканині зябрового апарату коропа за впливу підвищених концентрацій іонів Феруму (III) достовірних відмінностей у функціонуванні каталази у контрольній та дослідних груп виявлено не було (рис. 7). Відмінності в реакціях ПОЛ окремих органів можуть бути обумовлені різними механізмами адаптації. Відомо, що за дії стресових чинників в метаболічно активних тканинах посилюється синтез ненасичених жирних кислот, а в тканині печінки на тлі зниження їх рівня значно змінюється співвідношення окремих ненасичених жирних кислот [3].

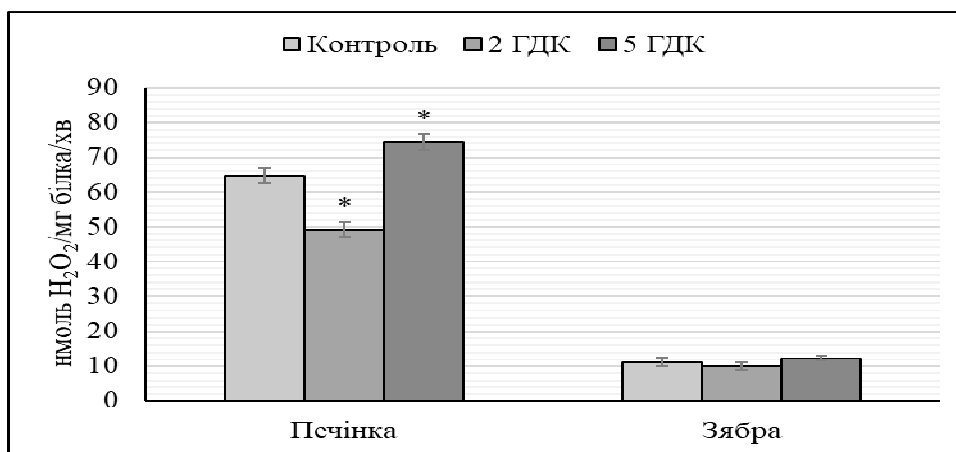


Рис. 7. Активність каталази у тканинах коропа за дії підвищених концентрацій іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

У печінці щуки дія підвищених концентрацій іонів Феруму не призводила до достовірних змін активності каталази, проте як і в коропа відмічено тенденцію до незначного зниження активності ферменту за впливу 2 ГДК та зростання її за максимальної з досліджуваних концентрацій іонів металу (рис. 8).

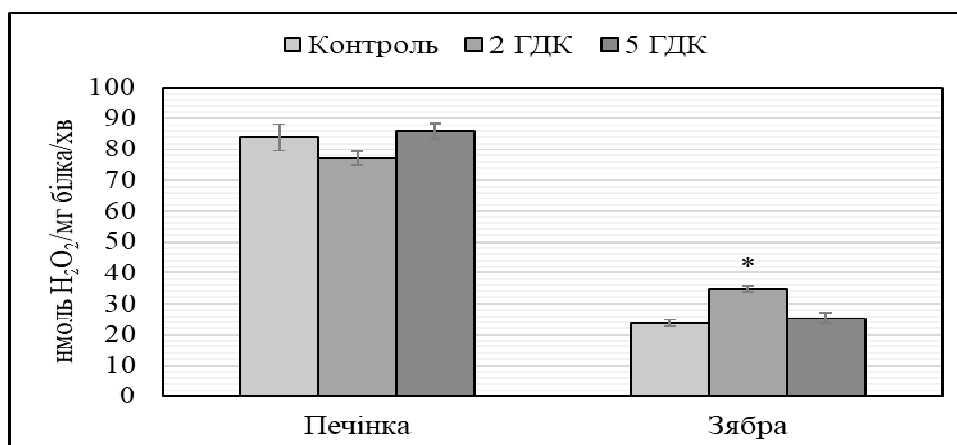


Рис.8. Активність каталази у тканинах щуки за дії підвищених концентрацій іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

У тканині зябер щуки було відмічено достовірне зростання активності каталази у 1,5 рази лише за дії 2 ГДК іонів. Підвищений рівень ферментної активності за впливу металів може бути свідченням оксидативного стресу [20]. Оскільки зміни у функціонуванні каталази важко інтерпретувати, то, можливо, вплив металів, як відмічає низка авторів [19], викликає різновекторні модуляції у діяльності каталази залежно від виду гідробіонтів, часу експозиції та специфіки реакційної здатності тканини тощо.

Супероксиддисмутаза тканин риб є специфічним біомаркером забруднення водного середовища Ферумом і Меркурієм [19]. Вміст Феруму і метаболізм супероксиду взаємопов'язані. Підвищене продукування супероксид-аніону збільшує виділення вільного Феруму [17].

Аналіз функціональної активності СОД за впливу підвищених концентрацій іонів Феруму (III) показує виражену видову та тканинну реактивність змін. Так, в печінці як коропа, так і щуки, достовірних змін у активності ензиму відмічено не було, проте спостерігалася тенденція прямопропорційного до концентрації іонів металу у воді зростання активності СОД. У зярах коропа було відмічено зростання у 1,2 рази активності СОД за дії 2 ГДК іонів  $Fe^{3+}$ , тоді як вплив 5 ГДК викликав зниження активності ензиму щодо контрольних значень (рис. 9).

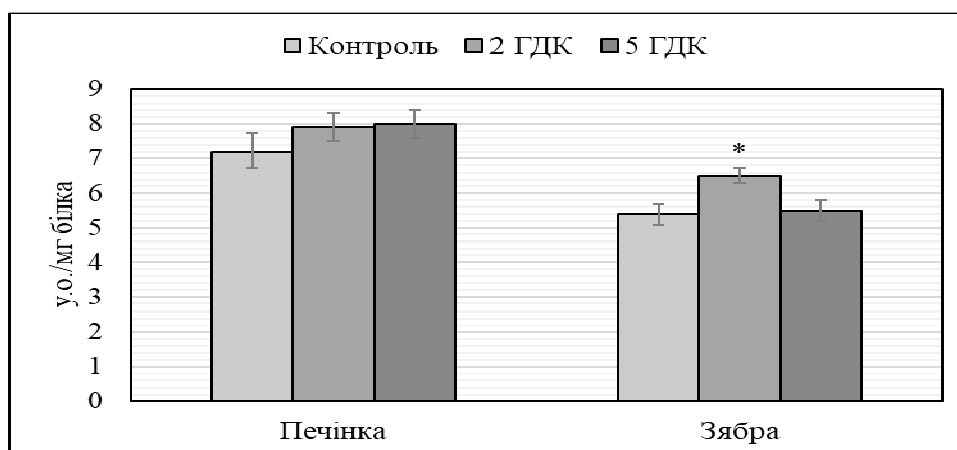


Рис. 9. Активність СОД у тканинах коропа за дії підвищених концентрацій іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

Значне підвищення активності СОД та посилення пероксидації ліпідів було відмічено в еритроцитах цихлідових риб із забрудненої Ферумом річки. При цьому найвищими дані показники були відмічені навесні, коли концентрація металу у воді було найвищою [24].

На відміну від коропа, у зябрах щуки має місце зниження активності СОД за дії 2 ГДК іонів металу та активація даного ензиму у 1,2 рази за умов наявності у воді 5 ГДК іонів Феруму (рис. 10).

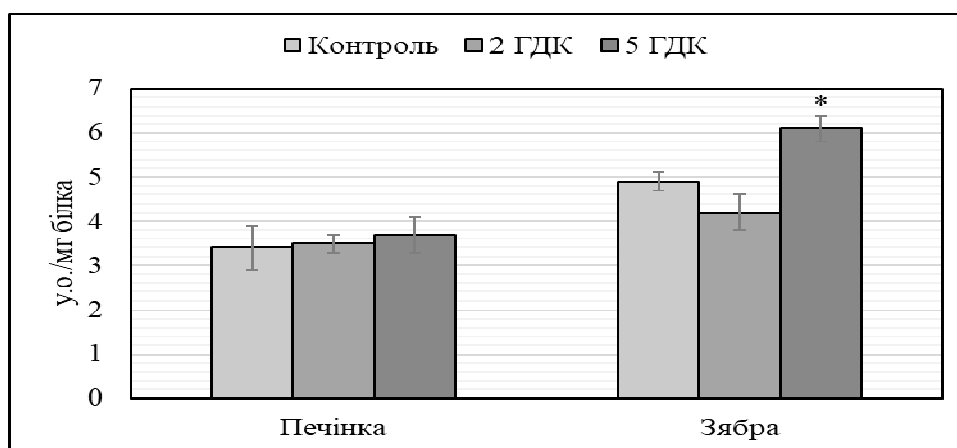


Рис. 10. Активність СОД у тканинах щуки за дії підвищених концентрацій іонів  $Fe^{3+}$  у воді ( $M \pm m$ ,  $n=5$ )

У дослідженнях [16] було відмічено дозозалежне гальмування активності СОД та збільшення продукування ТБК-активних продуктів у ембріонів медаки (*Oryzias latipes*) за дії нанозаліза. Разом з тим у дорослих риб із збільшенням часу експозиції активність СОД зростає. Стимуляція активності супероксиддисмутази може бути адаптивною реакцією на збільшення кількості супероксидних радикалів в присутності перехідних металів [25].

### Висновки

За умов підвищених концентрацій іонів Феруму у воді відмічено видові тканинні та концентраційні особливості змін вмісту продуктів ПОЛ у досліджуваних видів риб. Слід відмітити відносну збалансованість між ПОЛ і інактивацією АФК у зябрах та печінці риб.

Високі концентрації  $Fe^{3+}$  (5 ГДК Феруму) посилюють процеси пероксидного окиснення ліпідів в зябрах та печінці риб, на що, в цілому, вказує підвищення вмісту дієнових кон'югатів та гідропероксидів ліпідів. Разом з тим, дія 2 ГДК іонів Феруму (III) здебільшого не викликала пероксидації ліпідів відносно контролю, що підтверджується відсутністю накопичення, а в

окремих випадках зниженням кількості продуктів ПОЛ. Очевидно, за дії невисоких концентрацій Феруму (III) антиоксидантна система ефективно знешкоджує вільні радикали у тканинах риб.

Відмічено різновекторність змін активності ключових ензимів антиоксидантної системи риб за впливу підвищених концентрацій іонів Fe<sup>3+</sup>. Так, активність каталази в печінці обох видів знижується за впливу 2 ГДК та зростає за дії 5 ГДК іонів металу. У тканинах зябер (за винятком щуки за впливу 2 ГДК іонів Феруму) змін у функціонуванні каталази відмічено не було. Достовірні зміни у активності СОД мали місце лише в зябровій тканині риб – зростання у коропа за дії 2 ГДК та у щуки за впливу 5 ГДК іонів металу.

1. *А. с. № 1084681 СССР, МКИ G № 33/48. Способ определения гидроперекисей липидов в биологических тканях / В. В. Мирончик. (СССР). – №3468369/28-13; заявл.08.07.82 ;опубл. 07.04.84, Бюл. № 13.*
2. *Абрамова Ж.И. Человек и противокислительные вещества // Ж.И. Абрамова, Г.И. Оксенгендлер. — Л.: Наука, 1985. — 230 с.*
3. *Возрастная и тканевая специфика чувствительности про- и антиоксидантной систем карповых рыб к действию тяжелых металлов / А.И. Рабаданова, М.М. Габибов, С.А. Чалаева, Г.Р. Амирова, А.Ю. Аюбова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — Том 19, № 2 (2). — 2017. — С. 326—329.*
4. *Корабейникова С. Н. Модификация определения ПОЛ в реакции с ТБК / С. Н. Корабейникова // Лаб. дело. — 1989. — № 7. — С. 8—9.*
5. *Королюк М. А. Метод определения активности каталазы / М. А. Королюк [и др.] // Лаб. дело. — 1988. — №1. — С. 16—19.*
6. *Обобщенный перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-безопасных уровней воздействия вредных веществ (ОБУВ) для воды рыбохозяйственных водоемов / Минрыбхоз СССР. — М., 1990. — 44с.*
7. *Стальная И. Д. Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот / И.Д. Стальная // Современные методы в биохимии / под. ред. В. Н. Ореховича. — М. : Медицина, 1977. — С. 63—64*
8. *Чевари С. Определение антиоксидантных параметров крови и их диагностическое значение в пожилом возрасте / С. Чевари, Т. Андлян, Я. Штенгер // Лаб. дело. — 1991. — №10. — С. 9—13.*
9. *Янович Н.С. Вміст продуктів перекисного окиснення ліпідів і активність антиоксидантних ферментів у тканинах коропа за різного вмісту марганцю у воді / Н.С. Янович, Р.Й. Кравців // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. — 2008. — Т. 10, № 4 (39). — С. 296—299.*
10. *Allen T. Resistance to oxidative stress in a freshwater fish *Channa punctatus* after exposure to inorganic arsenic / T. Allen, R. Singhal, S.V. Rana // Biological Trace Element Research. — 2004. — Vol. 98. — P. 63—72.*
11. *Assessing pollution in the Danube River near Novi Sad (Serbia) using several biomarkers in sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) / Stanic B., Andric N., Zoric S., [et al.] // Ecotoxicol. Environ. Saf. — 2005. — Vol. 65. — P. 395-402.*
12. *Biochemical effects of long-term exposure to Cr, Cd, Ni on rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Rich.-influence of sex and season / [Ariillo A., Targiooco C., Melodia F., Mensi F.] // Chemosphere. — 1982. — Vol. 11. — P. 47—57.*
13. *Davies K.J.A. Oxidative stress the paradox of life. / K.J.A. Davies // Biochemical Socies Symposia. — 2000. — Vol. 61. — P. 1—31.*
14. *Di Giulio R.T. Reactive oxygen species and oxidative stress / R.T. Di Giulio, D.E. Hinton (eds.) // The Toxicology of Fishes. CRC Press, Taylor and Francis Group. — 2008. — P. 273—324.*
15. *Doherty V.F. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in some selected fishes in Lagos, Nigeria / V.F. Doherty, O.O. Ogunkuade, U.C. Kanife // American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. — 2010. — Vol. 7 (3). — P. 359—365.*
16. *Effects of waterborne nano-iron on medaka (*Oryzias latipes*): Antioxidant enzymatic activity, lipid peroxidation and histopathology / H.C. Li, Q. Zhou, Y. Wu [et al.] // Ecotoxicology Environmental Safety. — 2009. — Vol. 72 (3). — P. 684—692.*
17. *Emerit J. Iron metabolism, free radicals, and oxidative injury / J. Emerit, C. Beamont, F. Trivin // Biomedical Pharmacolgy. — 2001. — Vol. 55. — P. 333—339.*



18. *Ercal N.* Toxic metals and oxidative stress part I: Mechanisms involved in metal induced oxidative damage / N. Ercal, H. Gurer-Orhan, N. Aykin-Burns // *Current Topics in Medicinal Chemistry*. — 2001. — Vol. 1. — P. 529—539.
19. *Hemmadi V.* A critical review on integrating multiple fish biomarkers as indicator of heavy metals contamination in aquatic ecosystem / V. Hemmadi // *International Journal of Bioassays*. — 2017. — Vol. 6 (9). — P. 5494—5506.
20. *Kovacik A.* Oxidative stress in fish induced by environmental pollutants / A. Kovacik // *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*. — 2017. — Vol. 50 (1). — P. 121—125.
21. *Lushchak V.I.* Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals / V.I. Lushchak // *Aquatic Toxicology*. — 2011. — Vol. 1. — P. 13—30.
22. *Mahboob S.* Environmental pollution of heavy metals as a cause of oxidative stress in fish: a review / S. Mahboob // *Life Sci. J.* — 2013. — Vol. 10. — P. 336-347.
23. *Nishida Y.* The chemical process of oxidative stress by copper (II) and iron (III) ions in several neurodegenerative disorders / Y. Nishida // *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly*. — 2011. — Vol. 142. — P. 375—384.
24. *Oxidative stress biomarkers of exposure in the blood of cichlid species from a metal-contaminated river / C.B.G. Ruas, C.D. Carvalho, H.S.S. Araujo [et al.] // Ecotoxicology Environmental Safety*. — 2008. — Vol. 71. — P. 86—93.
25. *Pedrajas J.R.* Purification of Cu, Zn superoxide dismutase isoenzymes from fish liver: appearance of new isoforms as a consequence of pollution / J.R. Pedrajas, J. Peinado, J. López-Barea // *Free Rad. Res. Commun.* — 1993. — Vol. 19. — P. 29—41.
26. *Sohal R.S.* Mechanisms of aging: an appraisal of the oxidative stress hypothesis / R.S. Sohal, R.J. Mockett, W.C. Orr // *Free Radicals Biol. Med.* — 2002. — Vol. 33. — P. 575—586.
27. *Ubani-Rex O.A.* Biochemical effects of the toxic interaction of copper, lead and cadmium on clarias gariepinus / O.A. Ubani-Rex, J.K. Saliu, T.H. Bello // *Journal of Health & Pollution*. — 2017. — Vol. 7. — P. 38—48.

*O. O. Rabchenyuk, V. O. Khomenchuk, A. V. Stanislavchuk, S. B. Zhurska, V. Z. Kurant*

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

Ternopil Educational Complex "Secondary School of I-III Degrees - Legal Lyceum №2", Ukraine

#### FEATURES OF FREE-RADICAL PROCESSES IN FISH FOR INFLUENCE OF INCREASED CONCENTRATIONS OF ION IRON IN WATER

The influence of increased concentrations of Ferum (III) ions on the state of the antioxidant system and the content of products of peroxide oxidation of lipids in tissues (liver and gills) of carp and pike have been investigated. It is noted that Ferum ions, which are depend on the concentration, have a significant influence on the pro- and antioxidant systems of the organism of fish. At the same time, the initiation of free radical oxidation and the formation of its products has an individual character for each species of fish and a pronounced tissue specificity. It has been established that high concentrations of  $Fe^{3+}$  ions (5 MPCs of metal ions) activate the processes of peroxide oxidation of lipids in gills and liver of fish, which, in general, indicates an increase in the content of diene conjugates and lipid hydroperoxides. At the same time, the action of 2 MPCs of ferrum ions, mostly did not cause increased peroxidation of lipids, which is confirmed by the lack of accumulation, and in some cases by the decrease in the number of products of peroxide oxidation of lipids. It is noted that the multivectoral changes in the activity of key enzymes of the antioxidant system of fish are influenced by the increased concentrations of  $Fe^{3+}$  ions. Thus, the activity of catalase in the liver of both species is reduced by the influence of 2 MPCs and increases with the action of 5 MPCs of metal ions. In the tissues of the gills (with the exception of pike for the influence of 2 MACs of Ferum ions) no significant changes in the functioning of catalase were noted. Significant changes in the activity of superoxide dismutase were noted only in the gill tissue of fish, where there was an increase in the activity of the enzyme in the carp in the action of 2 MPC and pike for the effect of 5 MPC of metal ions.

*Key words: carp, pike, peroxide oxidation of lipids, antioxidant enzymes*

Рекомендує до друку

Надійшла 28.11.2018

В.В. Грубінко

46 ISSN 2078-2357. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2018, № 3-4 (74)