

підвищенням енергетичних витрат на підтримання гомеостазу. Для хижих видів, зокрема *Perca fluviatilis*, це може проявлятися у зменшенні фізіологічної витривалості, зниженні темпів росту і репродуктивного потенціалу. У довготривалій перспективі такі зміни можуть впливати на трофічну роль окуня у водних екосистемах, структуру іхтіоценозів та угруповань гідробіонтів у межах Чорнобильської зони відчуження.

Роботу виконано за підтримки Національного фонду досліджень України (проект № 2023.03/0156), Національної академії наук України, а також у співробітництві з Державним спеціалізованим підприємством «Екоцентр» Державного агентства України з управління зоною відчуження.

Список літератури:

1. Pomortseva N.A., Rodionova N.K., Gudkov D.I., Kaglyan O.Ye. Quantitative and Qualitative Composition of the Peripheral Blood of Fish in the Gradient of Long-Term Radiation Exposure. *Hydrobiological Journal*. 2024; 60 (1):84–100.

2. Renčko M, Rybníkář A, Siroká Z, Jurajda P. Effect of gamma irradiation on differential leukocyte counts in fish (*Poecilia reticulata*). *Acta Vet Brno*. 2014; 83 (3):209–214.

УДК 597.551.2:577.1/5:539.1

ОСОБЛИВОСТІ ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНОГО СТАНУ РИБ В УМОВАХ ТРИВАЛОГО РАДІОНУКЛІДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ

**Потрохов О. С., Гудков Д. І., Худіяш Ю. М., Беляєв В. В.,
Гупало О. О.**

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

Email: apotrokhov@gmail.com; digudkov@gmail.com

Біологічні наслідки забруднення радіонуклідами водних екосистем проявляються на біохімічних, фізіологічних та морфологічних показниках живих організмів. Використання саме біохімічних методів досліджень надає можливості щодо визначення меж адаптивних здатностей організму внаслідок тривалого впливу іонізуючого випромінювання.

Метою роботи було встановити зміни біохімічного стану риб з різних водойм Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ) та їх

порівняння з рибами з незабруднених радіонуклідами водойм для з'ясування адаптаційних процесів, які відбуваються в організмі в умовах хронічного радіаційного навантаження.

Дослідження проводили у водоймах ЧЗВ – оз. Глибоке, оз. Азбучин, Янівський затон, залишкових ділянках водойми-охолоджувача ЧАЕС (ВО ЧАЕС). Як контроль використовували риб з Київського та Канівського водосховищ. Об'єктами дослідження були щука, карась сріблястий, плітка, краснопірка та окунь.

Як показали гідрохімічні дослідження водойми ЧЗВ переважно не мають істотного біогенного забруднення. Але спостерігаються вкрай малі величини концентрацій неорганічного азоту та фосфору у ВО ЧАЕС, а у воді оз. Азбучин іноді відмічене перевищення концентрації амонійного азоту, в оз. Глибоке - нітритів. Концентрація провідних іонів у воді відповідає контрольним водоймам.

Найвищі дози опромінення відмічені для риб оз. Глибоке – 46,3–84,5 мкГр/год, що у 900–1700 разів перевищує контрольні показники. Серед досліджених видів найвищі дози отримує карась, а найменші – плітка і окунь. За потужності поглиненої дози інші досліджені водойми розташовані наступним чином: оз. Азбучин > ВО ЧАЕС > Янівський затон. У контрольних водоймах доза опромінення риб становила в середньому 0,05 мкГр/год.

У переднерестовий період у плітки кількість ікринок в 1 г була меншою у водоймах ЧЗВ порівняно до контролю. При чому вміст енергетичних субстратів (ліпідів та глікогену) в ікринках плітки перевищувала норму. Це свідчить, що в умовах радіаційного забруднення риби задля покращення розмноження в складних умовах виробили такі адаптаційні механізми, які б сприяли процесам ембріонального розвитку, забезпечуючи зародок достатньою кількістю енергетичних ресурсів.

Для краснопірки та окуня характерне істотне підвищення вмісту білків у плазмі крові риб з водойм ЧЗВ порівняно до контролю. Відомо, що найбільш значима частина від загального білку у крові належить до транспортних білків. Риби намагаються вивести з організму надмірну кількість метаболітів за дії радіаційного опромінення. Вірогідно, що білки також

залучаються до енергетичного забезпечення метаболічних процесів. Для плітки та щуки більш характерним є зниження вмісту білків у крові по мірі зростання дози опромінення.

Найбільш помітний вплив радіаційного навантаження помітний у облігатного хижака – щуки. Вміст малонового діальдегіду (МДА) у печінці цього виду істотно підвищується. У риба з оз. Глибоке вміст МДА перевищує контрольні величини майже у сім разів. Також для цього виду спостерігається істотне підвищення вмісту МДА у Янівському затоні та залишкових ділянках ВО ЧАЕС. Активність ферментів антиоксидантного захисту відбувається на доволі низькому рівні, що призводить до істотного накопичення продуктів перекісного окиснення ліпідів (ПОЛ) у печінці.

У іншого хижого виду – окуня, який живиться рибою та бентосними організмами протягом всього року, в задовільних умовах середовища вміст МДА залишається на високому рівні через продовження активного живлення. В забруднених водоймах активність метаболізму навпаки – знижується, в силу чого вміст МДА є меншим за контроль. Але антиоксидантна активність (АОА) в печінці окуня з оз. Глибоке та колишньої «теплої» частини ВО теж є меншою за контроль. Лише у риба Янівського затону та колишньої «холодної» частині ВО ЧАЕС антиоксидантна система активно задіяна.

Карась сріблястий доволі адаптований вид риба до різних умов середовища, в силу чого восени в умовах водойм ЧЗВ має менший вміст МДА у печінці за більшої АОА порівняно до контролю.

Плітка та краснопірка восени виявляли меншу адаптованість до існуючих умов водойм ЧЗВ. Вміст МДА значно перевищує контрольні показники у риба з водойм ЧЗВ. Найбільш забрудненим було оз. Глибоке за цим показником риба. При чому для риба, особливо плітки, спостерігається посилення АОА у печінці.

Відомо, що одним з головних шляхів виведення МДА з організму риба є зябра. Тому найбільший інтерес представляє визначення вмісту МДА у зябрових тканинах, особливо за дії малих доз іонізуючого випромінювання.

В оз. Азбучин, залишкових ділянках ВО ЧАЕС вміст МДА

в зябрових пелюстках щуки переважає контрольні показники. Це може бути пов'язано як з негативною дією опромінення, так і з посиленням транспортом МДА в зябри задля подальшого виведення з організму. Переважно в усіх водоймах ЧЗВ антиоксидантна активність в зябрах щуки дещо нижча за контроль. Звертає увагу той факт, що у найбільш забрудненій водоймі (оз. Глибоке) вміст МДА у зябрах щуки дорівнює контрольним величинам на фоні істотно меншої антиоксидантної активності. Ймовірно, накопичений МДА у печінці недостатньо активно транспортується до зябер і риби не справляються з порівняно потужними дозами опромінення.

Карась виявляє значну адаптованість до тривалого впливу опромінення. У зябрах риб з водойм ЧЗВ суттєво менший вміст МДА порівняно до контролю. Плітка виявляє достатню адаптованість до умов помірного впливу радіаційного забруднення. Вміст МДА у зябрових пелюстках дорівнює контрольним величинам в осінній період за підвищеної антиоксидантної активністю в них. Краснопірка також здатна адаптуватися до радіаційного чинника в силу екологічної ніші, яку вона займає – поверхневі та середні шари води, часткове живлення рослинними організмами. Вміст МДА в зябрах риб з водойм ЧЗВ дещо перевищує контрольні величини, але антиоксидантна активність теж була більшою.

Висновки.

1. У плітки формується адаптивна стратегія спрямована на збільшення енергетичних ресурсів в ікринки, що потенційно підвищує шанси ембріонального розвитку в умовах хронічного радіаційного навантаження

2. У краснопірки та окуня з водойм ЧЗВ виявлено істотне підвищення вмісту загального білка плазми, особливо навесні, що відображає зростання ролі транспортних білків у виведенні токсичних метаболітів і радіонуклідів. Для плітки та щуки в ряді водойм (особливо більш забруднених) характерне зниження білка, що може свідчити про виснаження білкових резервів.

3. Показники МДА та АОА мають чітку видову й тканинну специфіку. Краснопірка та окунь демонструють підвищення МДА при активізації АОА (ефективна, хоч і напружена адаптація), карась сріблястий – зниження МДА на фоні високої АОА

(високий адаптаційний потенціал). У щуки, особливо в оз. Глибоке, накопичення МДА поєднується з низькою АОА, що свідчить про виснаження антиоксидантного захисту та високу чутливість до радіаційного навантаження. Зябровий апарат (особливо в окуня) відіграє ключову роль у виведенні МДА та інших продуктів ПОЛ.

Роботу виконано за підтримки Національного фонду досліджень України (проект № 2023.03/0156), Національної академії наук України, а також у співробітництві з Державним спеціалізованим підприємством «Екоцентр» ДАЗВ України.

УДК 346.9:620.9(477)

**РОЛЬ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У
ФОРМУВАННІ БЕЗПЕЧНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО
МАЙБУТНЬОГО**

Похилій О. І.¹, Барна Л. С.²

¹Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

²Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

Е-mail: oleksandr.pokhylyy@gmail.com barna@chem-bio.com.ua

Енергетика є наріжним каменем поступального розвитку людської цивілізації. Електрична енергія забезпечує розвиток різноманітних галузей промисловості, транспорту, житлово-комунального господарства та соціальної інфраструктури. Частка атомної енергетики у світовому виробництві електроенергії є невисокою (близько 10%). Тоді як в Україні ця частка є значно більшою і становить 45 – 50 %. В Україні функціонують чотири атомні електростанції – Запорізька, Рівненська, Південноукраїнська, Хмельницька.

Атомна енергетика, яка майже не викидає парникових газів під час своєї роботи, на всіх інших етапах експлуатації негативно впливає на довкілля. Зокрема, це стосується безпечного поводження з радіоактивними відходами та відпрацьованим ядерним паливом, які потребують тривалого зберігання, захоронення або переробки, теплове забруднення водойм,