

УДК 574.2

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.6>

РАДІОЕКОЛОГІЧНІ МОНІТОРИНГОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІХТІОФАУНИ ПЕРШОТРАВЕНСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Маренков О.М., Корженевська П.О., Нестеренко О.С.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
пр. Гагаріна, 72, 49010, м. Дніпро
gidrobions@gmail.com, polinka@3g.ua, nefesst@gmail.com

Проведено дослідження радіонуклідів природного і штучного походження (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) у тканинах та органах риб Першотравенського водосховища. Дослідження проводили на статевозрілих особинах карася сріблястого (*Carassius gibelio* Bloch, 1782), карася звичайного (золотого) (*Carassius carassius* Linnaeus, 1758) та ляща звичайного (*Abramis brama* Linnaeus, 1758), які були вилучені у Першотравенському водосховищі під час промислових і контрольно-наукових виловів у весняний період 2021 року. Питому активність радіонуклідів визначали на сцинтиляційному спектрометрі гама-випромінювання СЕГ-001 «АКП-С» та спектрометрі бета-випромінювання СЕБ-01-150 у сертифікованій лабораторії санітарно-епідеміологічної станції. Найвищі показники відзначили для ^{40}K , а саме в лусковому покриві сріблястого карася. У значній кількості він накопичується в м'язах ляща та карася золотого. Питома активність ^{232}Th була найвищою в кістках ляща та золотого карася. Радіоізотоп ^{226}Ra накопичується у більшій мірі в кістках золотого карася та ляща, а в організмі сріблястого карася він розподілявся дифузно по всіх тканинах. У кісткових тканинах ляща та золотого карася однаково та у значній кількості накопичується ^{137}Cs , а у сріблястого карася цей елемент розподіляється дифузно по всіх тканинах та органах. ^{90}Sr накопичується в однакових кількостях в кістковій тканині ляща та золотого карася. Рівень вмісту досліджуваних радіоізотопів в іхтіофауні Першотравенського водосховища не перевищував ГДК для риби як харчового продукту, але промисел риби, під впливом негативних антропогенних чинників, потребує постійного моніторингу вмісту радіонуклідів в екосистемах для оцінки надходження цих радіонуклідів в організм людини з рибною продукцією. Отримані результати свідчать, що рибна продукція є придатною для споживання людиною, а радіоекологічну ситуацію в Першотравенському водосховищі можна вважати задовільною. *Ключові слова:* радіоекологічний моніторинг, лящ, сріблястий карась, золотий карась, гідробиоценоз.

Radioecological monitoring studies of ichthyofauna of the Pershotravensky reservoir. Marenkov O., Korzhenevskaya P., Nesterenko O.

A study of radionuclides of natural and artificial origin (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) in the tissues and organs of fish of the Pershotravensky Reservoir was conducted. The studies were conducted on sexually mature individuals of prussian carp (*Carassius gibelio* Bloch, 1782), common (golden) carp (*Carassius carassius* Linnaeus, 1758) and common bream (*Abramis brama* Linnaeus, 1758), which were removed from the Pershotravensky Reservoir during industrial and control scientific catches in the spring period of 2021. The specific activity of radionuclides was determined on a SGE-001 «AKP-S» gamma-radiation scintillation spectrometer and a SBE-01-150 beta-radiation spectrometer in a certified laboratory of a sanitary epidemiological station. The highest indicators were noted for ^{40}K , namely in the scale of prussian carp. It accumulates in significant quantities in the muscles of bream and crucian carp. The specific activity of ^{232}Th was highest in the bones of bream and crucian carp. Radioisotope ^{226}Ra accumulates to a greater extent in the bones of crucian carp and bream, and in the body of prussian carp it was distributed diffusely throughout all tissues. In the bones of bream and crucian carp, ^{137}Cs accumulates equally and in significant quantities, and in prussian carp this element is diffusely distributed throughout all tissues and organs. ^{90}Sr accumulates in equal amounts in the bone tissue of bream and crucian carp. The level of the content of the studied radioisotopes in the ichthyofauna of the Pershotravensky Reservoir did not exceed the MAC for fish as a food product, but fishing, under the influence of negative anthropogenic factors, requires constant monitoring of the content of radionuclides in ecosystems to assess the entry of these radionuclides into the human body with fish products. The obtained results indicate that fish products are suitable for human consumption, and the radioecological situation in the Pershotravensky Reservoir can be considered satisfactory. *Key words:* radioecological monitoring, bream, prussian carp, crucian carp, biocenosis.

Постановка проблеми. У проведенні радіоекологічного моніторингу водних об'єктів України важливими є дослідження питомих активностей та накопичення радіонуклідів у організмах промислових видів риб, що входять до раціону харчування людини. У сучасних економічних умовах збільшується попит на комплексне рибогосподарське використання водойм, що має значні перспективи. Постає реальна можливість створення збалансованого промислового навантаження зі збереженням аборигенної іхтіофауни та одночасно збереження природного біологічного різноманіття гідроєкосистем малих водойм регіону [8, 12].

Дніпропетровська область характеризується напруженою радіоекологічною ситуацією, яка ускладнюється роботою підприємств усіх ланцюгів ядерно-паливного циклу, пов'язаними з гірничою та металургійною промисловістю регіону [11]. Діяльність таких підприємств створює загрозу виникнення радіоактивних забруднень через можливість розповсюдження штучних радіонуклідів [18].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз дослідження радіоекологічного стану водних об'єктів Дніпропетровської області за останні роки [1, 2, 6, 17, 19, 20, 22, 23], а також дані попередніх досліджень [21] дозволяє сформулювати

загальні тенденції щодо вмісту радіоактивних елементів у організмах промислових риб області.

Першотравенське водосховище знаходиться у північно-західній частині Дніпропетровської області, у 10 км. від гирла р. Самоткань. Водопостачання водосховища частково відбувається за рахунок накопичення поверхневих вод із площі басейну р. Самоткань, а в цілому – шляхом надходження водних мас через систему вище розташованих руслових ставків та водойм-накопичувачів Вільногірського гірничо-збагачувального комбінату (ВГЗК) [9]. На теперішній час на території північно-західної частини Дніпропетровської області функціонують підприємства, які пов'язані із виробництвом титанового та цирконієвого концентратів, мінеральних смол і фосфорних добрив тощо. Така продукція технологічно пов'язана із процесом виробництва відходів із підвищеним вмістом ізотопів радію, торію і урану, а також дочірніми продуктами їх розпаду [10]. Таким чином, Першотравенське водосховище є значно трансформованою водною екосистемою, що знаходиться під впливом негативних антропогенних чинників [6, 14].

Актуальність дослідження. Актуальність моніторингу накопичення радіонуклідів у тканинах і органах промислових видів риб Першотравенського водосховища визначається необхідністю оцінки вмісту токсикантів у гідробіонтах, які мають харчове значення. Дані про акумулювання та розподіл в тканинах риб мають значення для вирішення багатьох наукових та практичних завдань [3]. Одним із таких є контроль за якістю харчової рибної продукції та моніторинг біологічного стану водного середовища [16]. Вивчення розподілу радіоактивних елементів у прісноводних екосистемах також становить значний практичний та теоретичний інтерес для дослідження загальних закономірностей міграції, концентрування радіонуклідів у гідробіоценозах та участі в цих процесах живих організмів [7]. Такі дослідження сприяють поглибленому розумінню та прогнозуванню наслідків радіонуклідного забруднення та вивченню процесів природного самоочищення водних екосистем [13], дозволяють отримати реальні кількісні показники міграційного перенесення радіонуклідів у ті чи інші елементи екосистеми.

Беручи до уваги особливу актуальність радіоекологічних досліджень, метою роботи було дослідження та порівняльний аналіз накопичення радіоактивних речовин природного і штучного походження (^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) в тканинах риб Першотравенського водосховища.

Методи дослідження. Дослідження проводили на статевозрілих особинах карася сріблястого (*Carassius gibelio* Bloch, 1782), карася звичайного (золотого) (*Carassius carassius* Linnaeus, 1758) та ляща звичайного (*Abramis brama* Linnaeus, 1758), які були вилучені у Першотравенському водосховищі

під час промислових і контрольно-наукових виловів у весняний період 2021 року.

Проби тканин та органів висушували при температурі $+105^{\circ}\text{C}$ до постійної маси, а потім спепеляли при температурі $+450^{\circ}\text{C}$ до отримання білої золи. Вміст радіонуклідів визначали на сцинтиляційному спектрометрі гама-випромінювання СЕГ-001 «АКП-С» та спектрометрі бета-випромінювання СЕБ-01-150 в сертифікованій лабораторії. Активність радіонуклідів виражена в Бк/кг природної сирової ваги [15].

Коефіцієнт озолення визначали за формулою:

$$K = \frac{C - A}{B - A} \times 100\%,$$

де K – суха речовина, %; A – маса чашки Петрі, г; B – маса чашки Петрі з наважкою до висушування, г; C – маса чашки Петрі з наважкою після висушування, г.

Концентрацію радіонуклідів розраховували за формулою:

$$C = \frac{K \times j \times v}{P},$$

де C – концентрація радіонуклідів в пробі, Бк/кг; j – концентрація радіонукліду в концентрованій пробі, Бк/кг; v – об'єм розведеної проби, мл; P – вага золи (або сухої тканини), г; K – коефіцієнт озолення, г золи/г сирової ваги.

Статистичний аналіз даних проводили за допомогою стандартного пакету програм Microsoft Excel.

Виклад основного матеріалу. Карась сріблястий (*Carassius gibelio* Bloch, 1782). За результатами досліджень виявлено, що найбільша кількість штучних радіоізотопів міститься в лусці карася сріблястого: ^{137}Cs – 7 Бк/кг, ^{90}Sr – 3,2 Бк/кг. Найменший рівень накопичення ^{90}Sr та ^{137}Cs виявили у тканині серця – 0,6 Бк/кг та 2,2 Бк/кг відповідно. Загалом, за значенням питомої активності вміст ^{137}Cs у тканинах карася сріблястого зменшувався у такій послідовності: луска>шкіра>зябра>м'язи>печінка>кістки>гонади>серце. ^{90}Sr містився у тканинах та органах сріблястого карася у такій послідовності в порядку зменшення: луска>зябра>печінка>м'язи>шкіра>гонади>кістки>серце (рис. 1).

Серед радіонуклідів природного походження найбільшу питому активність має ^{40}K . Найбільшу кількість ^{40}K виявлено в лусці – 115 Бк/кг, ^{232}Th – в печінці карася – 37 Бк/кг, ^{226}Ra – в зябрах – 40,3 Бк/кг (рис. 2).

Для природних радіоізотопів можна побудувати наступні послідовності накопичення в тканинах та органах у порядку зменшення:

^{40}K : луска>шкіра>кістки>зябра>м'язи>печінка>гонади>серце;

^{232}Th : печінка>м'язи>кістки>серце>гонади>зябра>луска>шкіра;

^{226}Ra : зябра>луска>шкіра>м'язи>кістки>гонади>печінка>серце.

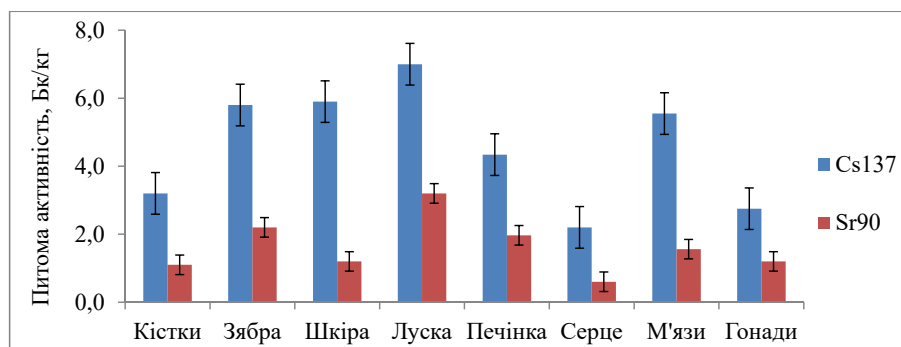


Рис. 1. Накопичення штучних радіонуклідів в тканинах та органах карася сріблястого Першиотравенського водосховища

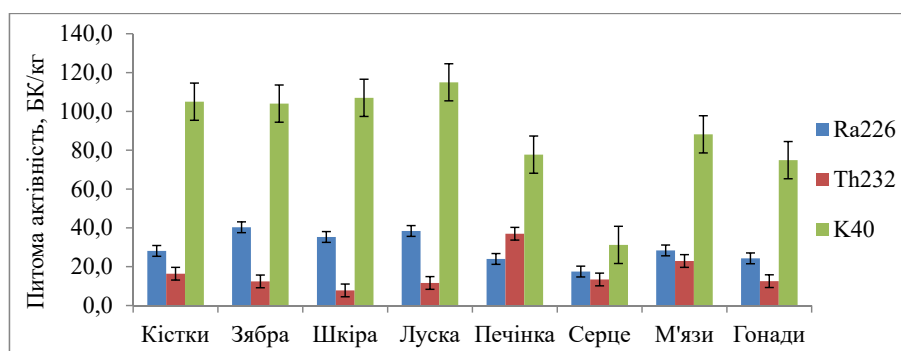


Рис. 2. Накопичення природних радіонуклідів у біологічних тканинах карася сріблястого Першиотравенського водосховища

Золотий карась (*Carassius carassius* Linnaeus, 1758). У тканинах золотого карася найбільшу кількість ^{137}Cs виявлено в кістках – 8 Бк/кг, ^{90}Sr в м'язах – 3,2 Бк/кг. Найменші показники ^{137}Cs та ^{90}Sr відзначались в шкірі – 1,9 та 0,8 Бк/кг відповідно (рис. 3).

Для штучних радіоізоотопів можна побудувати наступні послідовності вмісту в органах та тканинах у порядку зменшення:

^{137}Cs : кістки>м'язи>печінка>луска>зябра>гонади>шкіра;

^{90}Sr : м'язи>кістки>гонади>печінка>луска>зябра>шкіра.

Серед природних елементів найвищий рівень ^{40}K виявлено у м'язовій тканині золотого карася – 107 Бк/

кг, ^{232}Th та ^{226}Ra найбільше накопичуються у кістках – 56,2 Бк/кг та 44,3 Бк/кг відповідно. Найменша кількість радіоізоотопів відзначалась в шкірі карася: ^{40}K – 39,7 Бк/кг, ^{232}Th – 7 Бк/кг та ^{226}Ra – 16,5 Бк/кг (рис. 4).

За рівнями вмісту природних радіонуклідів у тканинах золотого карася можна побудувати наступні послідовності у порядку зменшення:

^{40}K : м'язи>кістки>луска>печінка>гонади>зябра>шкіра;

^{232}Th : кістки>печінка>зябра>гонади>луска>м'язи>шкіра;

^{226}Ra : кістки>луска>м'язи>печінка>зябра>гонади>шкіра.

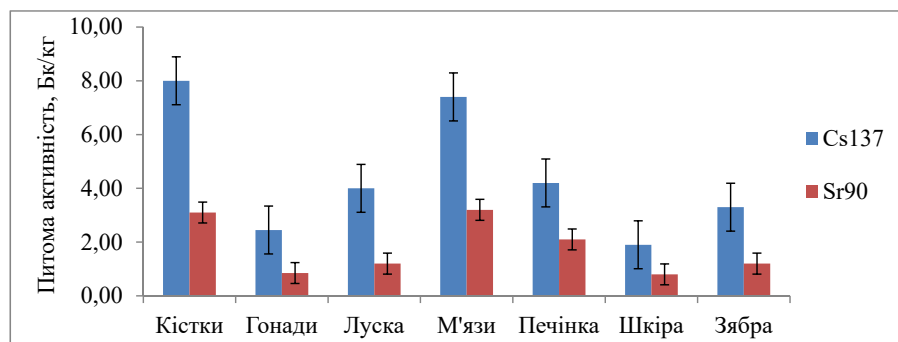


Рис. 3. Накопичення штучних радіонуклідів в тканинах та органах золотого карася Першиотравенського водосховища

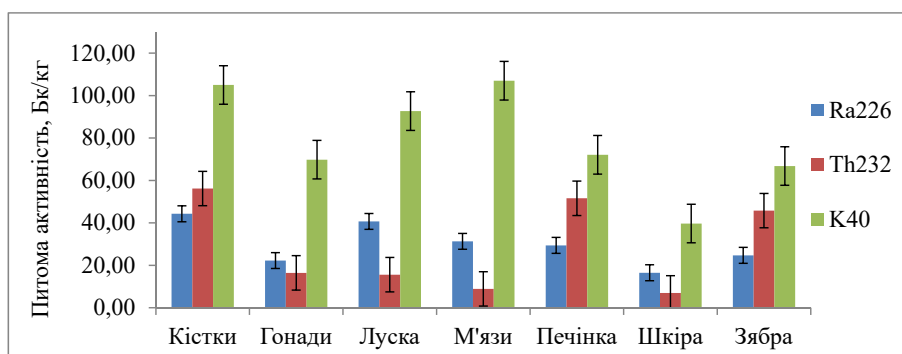


Рис. 4. Вміст радіоізоотопів природного походження в тканинах та органах золотого карася Першотравенського водосховища

Лящ звичайний (*Abramis brama* Linnaeus, 1758). Аналіз дослідження показав, що найвищі показники питомої активності ^{137}Cs та ^{90}Sr виявлено в кістках – 8 Бк/кг та 3,1 Бк/кг відповідно. Найменші рівні накопичення штучних радіонуклідів виявлено у лусці: ^{137}Cs – 2,1 Бк/кг, ^{90}Sr – 0,9 Бк/кг. Таким чином, ^{137}Cs та ^{90}Sr містився у досліджуваних тканинах ляща у такій послідовності в порядку зменшення: кістки > м'язи > луска > шкіра (рис. 5).

За результатами досліджень вмісту природних радіонуклідів в тканинах ляща звичайного виявлено наступне: показник ^{40}K був найбільшим в м'язових тканинах ляща – 110 Бк/кг; питома активність

^{232}Th та ^{226}Ra була високою в кістках – 51,6 Бк/кг та 42,3 Бк/кг відповідно (рис. 6).

Найменші показники активності серед природних радіонуклідів у досліджуваних тканинах ляща були: ^{226}Ra – 12,5 Бк/кг у шкірі, ^{232}Th – 5,8 Бк/кг в м'язах та ^{40}K – 38,6 Бк/кг у шкірі. Для природних радіоізоотопів можна побудувати наступні рівні накопичення в тканинах та органах у порядку зменшення:

^{40}K : м'язи > кістки > луска > шкіра;

^{232}Th : кістки > луска > шкіра > м'язи;

^{226}Ra : кістки > луска > м'язи > шкіра.

Виходячи із результатів дослідження видно, що лящ та золотий карась однаково та в достат-

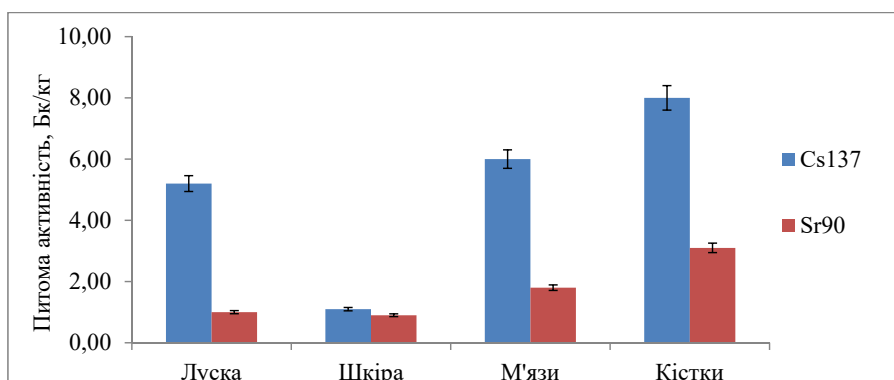


Рис. 5. Накопичення штучних радіонуклідів в тканинах ляща звичайного Першотравенського водосховища

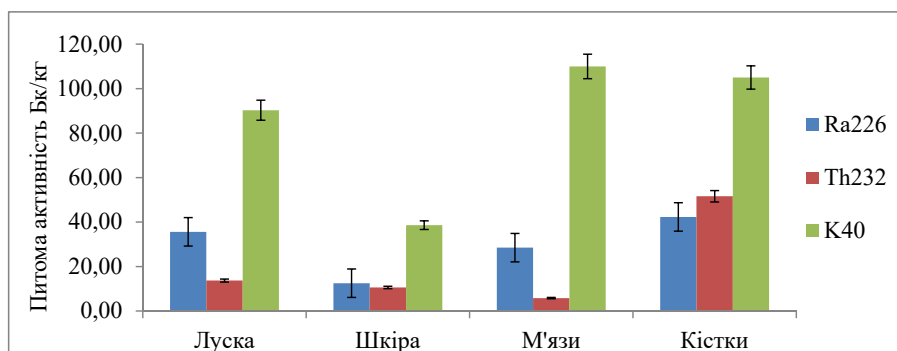


Рис. 6. Вміст радіонуклідів природного походження в тканинах та органах ляща звичайного Першотравенського водосховища

ній кількості накопичують ^{137}Cs у кістках, тоді як в організмі сріблястого карася даний елемент розподіляється дифузно по всіх органах. Питомі активності ^{137}Cs в рибах коливалися від 1,1 Бк/кг у шкірі ляща до 8 Бк/кг у кістках ляща та золотого карася (рис. 7).

У кістковій тканині ляща та золотого карася ^{90}Sr накопичується в однакових кількостях. У м'язах золотого карася та лусці сріблястого вміст ^{90}Sr знаходиться на високому рівні (рис. 8).

Стронцій-90 дуже близький у хімічному відношенні до кальцію, який, потрапляючи до тваринного організму, відкладається в тканинах, що міс-

тять кальцій, головним чином у кістках [4]. Питома активність ^{90}Sr становила від 0,8 Бк/кг у шкірі золотого карася до 3,2 Бк/кг у м'язах золотого карася та лусці сріблястого карася.

Щодо накопичення природних радіоактивних речовин тканинами та органами риб, то виявилось, що найбільші показники має радіоізоотоп ^{40}K , у достатній кількості він накопичується в м'язах ляща та карася золотого. У організмі сріблястого карася найвищим рівнем накопичення ^{40}K відзначився лусковий покрив – 115 Бк/кг. Отже, вміст ^{40}K коливався від 38,6 Бк/кг у шкірі ляща до 115 Бк/кг в лусці карася сріблястого. (рис. 9).

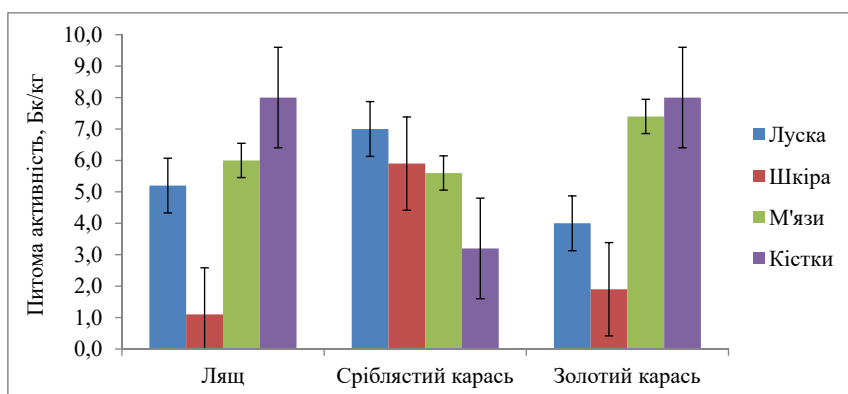


Рис. 7. Вміст ^{137}Cs в тканинах риб Першотравенського водосховища

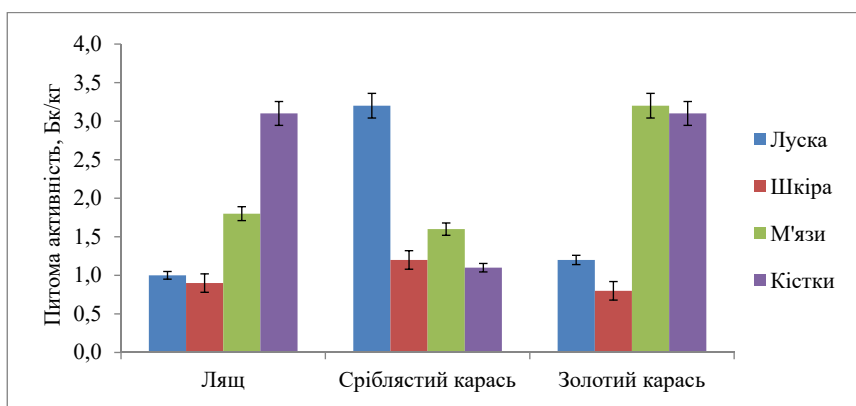


Рис. 8. Накопичення ^{90}Sr в тканинах риб Першотравенського водосховища

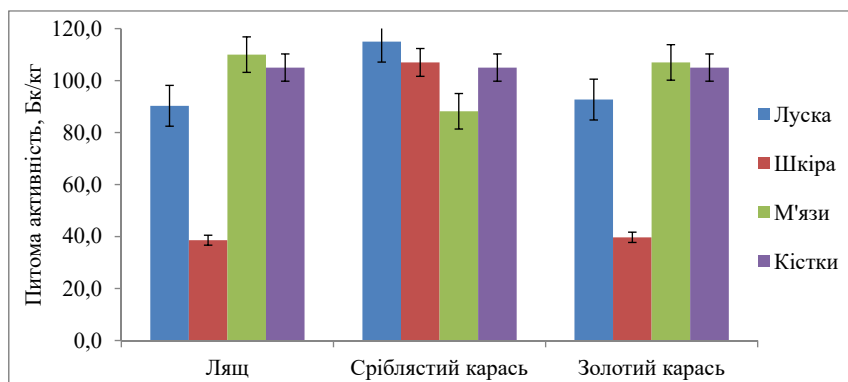


Рис. 9. Накопичення ^{40}K у тканинах риб Першотравенського водосховища

Радіоізоотоп ^{226}Ra мав найвищі показники у кістковій тканині ляща та золотого карася – 42,3 Бк/кг та 44,3 Бк/кг відповідно. У тканинах сріблястого карася ^{226}Ra розподілявся дифузно та в достатній кількості у всіх органах. Вміст ^{226}Ra коливався від 12,5 Бк/кг в шкірі ляща до 44,3 Бк/кг в кістках золотого карася (рис. 10).

Лящ та золотий карась в достатній кількості накопичують ^{232}Th в кістковій тканині – 51,6 Бк/кг та 56,2 Бк/кг відповідно. У тканинах сріблястого карася ^{232}Th знаходяться на однаково невисокому рівні. Вміст ^{232}Th коливався від 5,8 Бк/кг у м'язах ляща до 56,2 Бк/кг у кістках золотого карася (рис. 11).

Концентрація радіоактивних елементів у рибах залежить від багатьох факторів, у тому числі від хімічної природи радіоізоотопів та взаємодії з іншими компонентами водного середовища. Радіонукліди, що надійшли в організм риб, концентруються залежно від своїх хімічних властивостей у різних органах та тканинах. Так, ^{137}Cs , подібний за хімічним складом з калієм, концентрується в м'язах риб, а ^{90}Sr , що є аналогом кальцію, накопичується в кістковій тканині риб. Відрізняються ці радіонукліди і за швидкістю виведення з організму, значно повільніше виводиться ^{90}Sr , локалізований у кістковій тканині риб, ^{137}Cs порівняно швидко виводиться з м'язів. Таким чином, риби, забруднені радіоізотопами,

можуть стати небезпечними джерелами зараження інших тварин, у тому числі людини.

Головні висновки. У значних кількостях у тканинах всіх видів промислових риб Першотравенського водосховища спостерігаються техногенно-підсилені радіонукліди. У залежності від виду риб тенденцію до накопичення штучних радіоізоотопів, таких як ^{137}Cs та ^{90}Sr , має кісткова та м'язова тканина, а також лусковий покрив. Лящ та золотий карась накопичують ^{137}Cs в кістках в однакових кількостях, але вже в організмі сріблястого карася цей елемент розподіляється дифузно по всіх органах. Стронцій-90 накопичується в однакових кількостях в кістковій тканині ляща та золотого карася.

Серед природних радіонуклідів найвищі показники були визначені для ^{40}K , а саме в лусковому покриві сріблястого карася. Показники ^{232}Th були найвищими в кістках ляща та золотого карася. Радіоізоотоп ^{226}Ra знаходився на найвищому рівні в кістках золотого карася та ляща, а вже в організмі сріблястого карася він розподілявся дифузно по всіх тканинах.

Отримані результати свідчать, що рибна продукція є придатною для споживання людиною, а радіоекологічну ситуацію в Першотравенському водосховищі можна вважати задовільною [5]. Таким чином, рівень вмісту досліджуваних радіоізоотопів

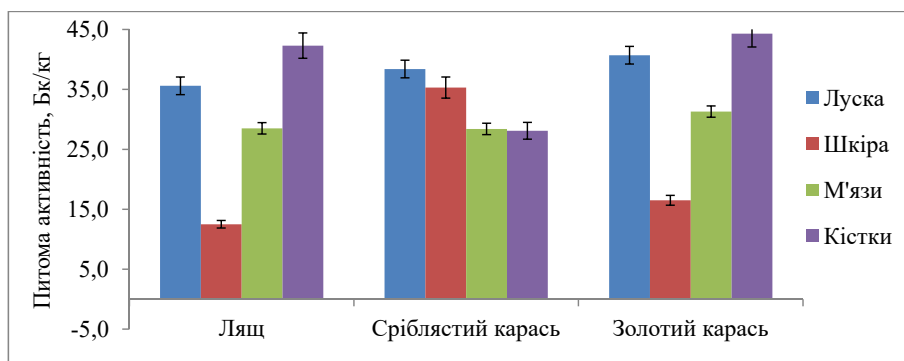


Рис. 10. Вміст ^{226}Ra у тканинах риб Першотравенського водосховища

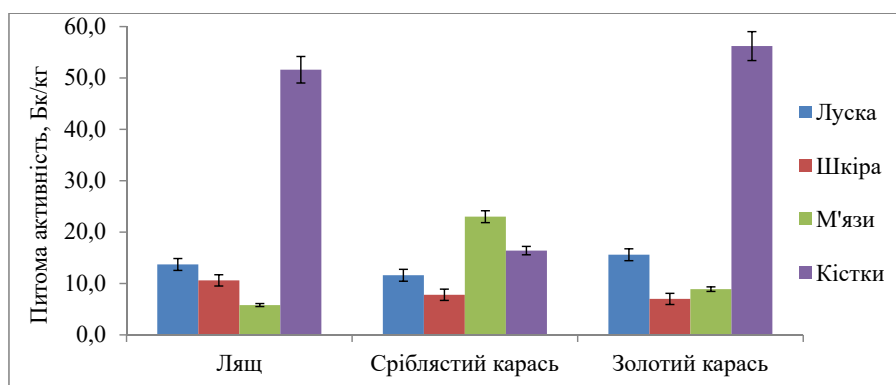


Рис. 11. Вміст ^{232}Th у тканинах риб Першотравенського водосховища

в іхтіофауні Першотравенського водосховища не перевищував ГДК для риби як харчового продукту, але промисел риби, під впливом негативних антропогенних чинників, потребує постійного моніторингу вмісту радіонуклідів в екосистемах для оцінки надходження цих радіонуклідів в організм людини з рибною продукцією.

Перспективи використання результатів дослідження. Дослідження дозволяє зробити висновки

про тенденції та обсяги накопичення радіонуклідів різного походження у біологічних тканинах з різним рівнем метаболізму.

Отримані фактичні дані можуть бути використані при виконанні систематичних досліджень закономірностей розподілу та міграції радіонуклідів в водних екосистемах Придніпровського регіону, а також у контексті комплексних радіоекологічних моніторингових досліджень.

Література

1. Ананьєва Т.В., Клименко О.Ю., Федоненко О.В. Особливості накопичення радіонуклідів білим товстолобиком. *Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки*. 2019. № 2. С. 23–26.
2. Ананьєва Т.В., Шаповаленко З.В. Рівні вмісту дозоформуємих радіонуклідів у молоді окуня (*Perca fluviatilis*) Запорізького водосховища. *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*. 2019. № 11(2). С. 161–166.
3. Беляев В.В., Волкова Е.Н., Пришляк С.П., Пархоменко А.А. Особенности радиоактивного загрязнения олиготрофных водоемов. *Наук. записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спец. випуск: Гідроекологія*. 2015. № 3–4 (64). С. 48–50.
4. Білоконь Г., Ананьєва Т., Просяник Ю. Моніторингові дослідження накопичення радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr рибами Запорізького водосховища. *Вісник Львівського національного університету. Серія: Біологія*. 2014. № 67. С. 123–128.
5. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР–97). МОЗ України. Комітет з питань гігієнічного регламентування НКРЗУ. Київ. 1997. 38 с.
6. Дворецький А.І., Байдак Л.А., Сапронова В.О. До питання про сучасний радіоекологічний стан водойм Придніпров'я. *Науково-організаційний комітет конференції*. 2019. 75 с.
7. Дворецький А.І., Сапронова В.О., Байдак Л.А., Маренков О.М., Білоконь Г.І., Просяник Ю.І., Зайченко О.Ю. Радіоекологія водойм Придніпров'я. Київ. 2016. 108 с.
8. Гейна К.М. Стан та динаміка поповнення промислового запасу іхтіофауни пониззя р. Дніпро. *Рибогосподарська наука України*. 2019. № 1. С. 17–27.
9. Харитонов М.М. Екологічна оцінка якості води річки Самоткань у районі видобутку поліметалічних руд. *Agrology*. 2019. № 2(1). С. 22–26.
10. Корнілович В., Стрелко В., Кошик Ю., Павленко В. Еколого-хімічні проблеми виобутку та перероблення уранової сировини. *Вісник НАН України*. 2010. № 10. С. 8–14.
11. Кузьменко М.І. Радіоекологічна ситуація у водоймах України. *Наукові записки Тернопільського національного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2010. № 2. С. 301–304.
12. Лисиченко Г.В., Ковач В.Е. Мировой опыт реабилитации бывших урановых производств. *Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист*. 2013. № 6. С. 4–12.
13. Новіцький Р.О. Сучасна характеристика іхтіофауни каналу «Дніпро–Донбас». *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Біологія*. 2015. № 25. С. 191–195.
14. Пилипенко О.С., Капля О.І., Беліков А.С. Аналіз стану радіаційного забруднення хвостосховищ режимної території колишнього уранового виробництва ВО «ПХЗ». *Вісник ПДАБА: до 80-річчя Придніпровської академії будівництва та архітектури*. 2010. № 8. С. 36–41.
15. Романенко В.Д. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. Київ. 2006. 403 с.
16. Шерман І.М., Гейна К.М., Кутіщев С.В., Кутіщев П.С. Екологічні трансформації річкових гідроекосистем та актуальні проблеми рибного господарства. *Рибогосподарська наука України*. 2013. № 4. С. 5–16.
17. Ткаченко К.Ю., Скальський О.С., Бугай Д.О., Лаврова Т.В., Процак В.П., Кубко Ю.І., Авіла Р., Зонор Б.Ю. Моніторинг техногенного забруднення підземних і поверхневих вод у зоні впливу уранових хвостосховищ Придніпровського хімічного заводу (м. Кам'янське). *Геологічний журнал*. 2020. № 3(372). С. 17–35.
18. Aitsi-Selmi A., Murray V. Chernobyl Disaster and Beyond: Implications of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. *Prebosp Dasaster Med*. 2016, 31, 1–5.
19. Ananieva TV, Shapovalenko ZV. The content of artificial and natural radionuclides in tissues of the Rercidae fish from the Dnipro Reservoir. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 9(3). P. 304–308.
20. Ananieva Tamila, Sharamok Tetiana, Marenkov Oleh, Fedonenko Olena. Environmental Characteristics by Eco-Sanitary and Toxic Criteria of the Cooling Pond of Zaporizhzhya Nuclear Power Plant (Ukraine). *International Letters of Natural Sciences*. 2019. Vol. 70. P. 1–10.
21. Korzhenevska P.O., Sharamok T.S., Beletska O.V. Environmental status of the taromsky fisheries (Ukraine). *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*. 2019. № 2. P. 129–140.
22. Marenkov O., Korzhenevska P., Golub I. Accumulation of radionuclides of natural and artificial origin by fish of the Pervotravensk reservoir. *Ecological Science*. 2022. № 3(42). P. 42–48.
23. Marenkov, O. M., & Nesterenko, O. S. Radionuclides content in tissues and organs of pumpkinseed *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) from the Zaporizhzhia (Dnipro) reservoir. *International Letters of Natural Sciences*. 2020. № 79. P. 16–22.