

УДК [577.34:597-11] (285.33)

О.Є. КАГЛЯН¹, Д.І. ГУДКОВ¹, В.Г. КЛЕНУС¹, З.О. ШИРОКА¹, В.О. ТКАЧЕНКО²,
Н.А. ПОМОРЦЕВА¹, Л.П. ЮРЧУК¹, О.Б. НАЗАРОВ³¹Інститут гідробіології НАН України
пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ 04210²Інститут зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАН України
вул. Богдана Хмельницького, 15, Київ 01601³Державне спеціалізоване науково-виробниче підприємство «Чорнобильський радіоекологічний центр»
МНС України
вул. Шкільна, 6, Чорнобиль 07720**РАДІОНУКЛІДНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ПРЕДСТАВНИКІВ
ІХТІОФАУНИ ВОДОЙМ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ**

Наведено результати досліджень радіонуклідного забруднення органів і тканин риб різних екологічних груп у водоймах Чорнобильської зони відчуження

Ключові слова: ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, водні екосистеми, Чорнобильська зона відчуження, риби

При загальній відносній стабілізації радіаційного стану на території Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ) динамічність процесів змін фізико-хімічних форм радіонуклідного забруднення на різних ділянках обумовлюють збільшення мобільних форм радіонуклідів, їх біологічну доступність та перерозподіл в компонентах водних екосистем. При цьому самоочищення замкнених водойм ЧЗВ відбувається вкрай повільно, внаслідок чого біогідроценози, зокрема, заплавної водойми, характеризуються високим рівнем радіонуклідного забруднення всіх компонентів. Особливий інтерес при вивченні розподілу радіонуклідів і їх концентрування гідробіонтами становлять риби, які займають у водних біоценозах верхні трофічні рівні та входять до раціону харчування людини.

Метою роботи було дослідження радіонуклідного забруднення ⁹⁰Sr і ¹³⁷Cs представників іхтіофауни водойм ЧЗВ різного типу.

Матеріал і методи досліджень

Основні полігонні водойми розташовані на території лівобережної заплави р. Прип'яті: озера Глибоке і Далеке, Красненська заплава р. Прип'яті, розділена до аварії на ЧАЕС польдерною дамбою на дві водойми, які були умовно названі як Красненська стариця "до дамби" (замкнута водойма) і "після дамби" (слабопроточна водойма). На території правобережжя р. Прип'яті досліджували оз. Азбучин, Янівський затон та безпосередньо ділянку р. Прип'ять біля м. Чорнобиль. Було проаналізовано представники 4 видів хижих риб, що домінують в цих водоймах, а саме: щука (*Esox lucius* L.) віком 1–11 р., окунь звичайний (*Perca fluviatilis* L.) віком 4–8 р., головень (*Leuciscus cephalus* L.) віком 9–10 р., білізна (*Aspius aspius* L.) віком 8–9 р. З «мирних» видів риб було виловлено і досліджено представники фітозоофагів: краснопірку (*Scardinius erythrophthalmus* L.) віком 2–8 р., плітку (*Rutilus rutilus* L.) віком 4–7 р.; планктонофагів – синця (*Abramis ballerus* L.) віком 3–5 р.; бентофагів – плоскирку (*Blicca bjoerkna* L.) віком 2–4 р., лина (*Tinca tinca* L.) віком 7–9 р. та ляща (*Abramis brama* L.) віком 2–5 р. Визначення питомої активності ¹³⁷Cs в рибі проводили гама-спектрометричним та радіохімічним методами, а ⁹⁰Sr – радіохімічним (за оксалатною методикою) з вимірюванням на установці малого фону УМФ-2000 дочірнього продукту ⁹⁰Y. Питому активність радіонуклідів в рибі розраховували в Бк/кг сирової ваги.

Результати досліджень та їх обговорення

У водній радіоекології вважається, що ¹³⁷Cs є один з основних дозоутворюючих радіонуклідів в організмі риб. В цьому винятком не були риби Київського водосховища, яке межує з ЧЗВ, а також риби інших водойм і водних артерій України (середнє співвідношення ⁹⁰Sr/¹³⁷Cs= ,2). Інша картина спостерігається в водоймах ЧЗВ таких, як оз. Глибоке, оз. Азбучин, оз. Далеке, Красненська стариця, де з кінця 1990-х років спостерігається тенденція збільшення питомої активності ⁹⁰Sr як у «мирних» видах риб, так і в хижаків. При цьому, якщо в 1999 р. співвідношення ⁹⁰Sr до ¹³⁷Cs в бентофагах становило 0,2, то в 2006–2009 рр. середній вміст ⁹⁰Sr перевищував вміст ¹³⁷Cs у 2–8 разів [1]. Аналіз отриманих даних показав, що величини питомої активності радіонуклідів органах і тканинах риб одного виду і віку з однієї водойми можуть істотно відрізнятися, що пов'язано з

мозаїчністю радіонуклідного забруднення дна водойм та різним вмістом радіонуклідів в об'єктах харчування та середовищі існування риб. Це створює певні труднощі в аналізі радіонуклідного забруднення компонентів водних екосистем водойм. Питомі активності ^{90}Sr та ^{137}Cs в рибі всіх водойм (за винятком р. Прип'ять) набагато перевищують допустимі рівні (ДР) вмісту радіонукліда в рибі, що складають в Україні відповідно 35 Бк/кг та 150 Бк/кг (табл.). При цьому, середня концентрація розчинених у воді форм ^{90}Sr досліджуваних водойм була $54,95 \pm 10,98$ (оз. Глибоке), $22,17 \pm 4,43$ (оз. Азбучин), $13,59 \pm 2,72$ (оз. Далеке), $11,71 \pm 2,34$ (Красненська стариця на ділянці до дамби), $10,06 \pm 2,01$ (Красненська стариця на ділянці після дамби), $3,30 \pm 0,65$ (Янівський затон), $0,45 \pm 0,09$ (водойма-охолоджувач ЧАЕС), $0,12 \pm 0,05$ (р. Прип'ять) Бк/л, а ^{137}Cs набагато меншою (при допустимому рівні ^{90}Sr і ^{137}Cs для питної води 2 Бк/л). Однак у всіх випадках (за винятком питомої активності радіонуклідів у рибках водойми-охолоджувача та р. Прип'ять) вміст ^{90}Sr у представниках «мирних» видів риб набагато перевищує питому активність ^{137}Cs в організмі (табл.).

Таблиця

Величини співвідношення питомої активності $^{90}\text{Sr} / ^{137}\text{Cs}$ у риб озер ЧЗВ та верхньої ділянки Київського водосховища

Водойма	$^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$		
	іхтіофаги	бентофаги	фітофаги
оз. Азбучин	0,36–0,44	1,61–7,59	x
оз. Глибоке	0,48–1,38	3,03–8,61	1,78–3,50
оз. Далеке	0,54–0,70	2,08–5,45	1,87–3,56
Київське водосховище	0,03–0,10	0,20–0,53	0,23–0,25

Примітка. x – не визначали.

Співвідношення $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ у рибках-іхтіофагах у багатьох випадках теж було більше 1. В компонентах екосистеми р. Прип'ять набагато швидше проходять процеси самоочищення, ніж в аналогічних компонентах замкнених водойм. Постійне підпопонування чистої води з ріки до водойми-охолоджувача призводить до порівняно низького вмісту ^{90}Sr у воді та, відповідно, у риб водойми-охолоджувача. Причому це не впливає на високу питому активність ^{137}Cs у рибі водойми-охолоджувача. Отже, найвищий рівень вмісту ^{90}Sr , як видно на прикладах представників *Perca fluviatilis* та *Scardinius erythrophthalmus*, відмічено в рибі оз. Глибоке, що можна пояснити найвищою питомою активністю радіонукліду в компонентах екосистеми озера відносно інших водойм (рис. 1). Отже, вміст цього радіонукліду в представниках іхтіофауни становить такий ряд: оз. Глибоке > оз. Далеке \approx оз. Азбучин > Красненська стариця на ділянці до дамби > Янівського затону > Красненська стариця на ділянці після дамби > водойми-охолоджувач ЧАЕС > р. Прип'ять.

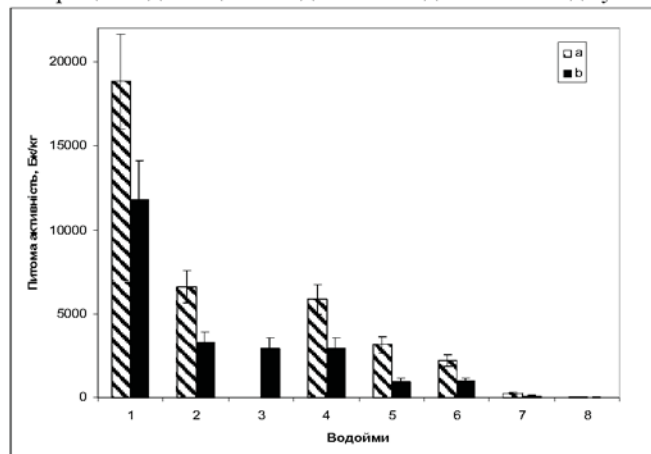


Рис. 1. Середній вміст ^{90}Sr в краснопіреці (а) та окуні (б) водойм ЧЗВ: 1 – оз. Глибоке, 2 – оз. Далеке, 3 – оз. Азбучин, 4 – Красненська стариця на ділянці до дамби, 5 – Янівський затон, 6 – Красненська стариця на ділянці після дамби, 7 – водойма-охолоджувач ЧАЕС, 8 – р. Прип'ять

Аналіз отриманих даних за 2008–2009 рр. показав, що максимальну концентрацію ^{90}Sr зафіксовано в ребрах та плавцях риб оз. Глибоке, яка, відповідно, становила від 133300 Бк/кг (лин)

до 155670 Бк/кг (краснопірка) та від 60772 Бк/кг (лин) до 89940 Бк/кг (краснопірка). Високі питомі активності спостерігали також у лусці краснопірки (оз. Глибоке) від 68450 Бк/кг до 125370 Бк/кг та у лина (оз. Глибоке) – 39400–47350 Бк/кг сирової маси. У риб-хижаків вміст ^{90}Sr у лусці коливався для щуки з оз. Глибоке від 26380 Бк/кг до 35140 Бк/кг, а в лусці представників цього виду з інших водойм – від 3920 Бк/кг (Янівський затон) до 9060 Бк/кг (Красненська стариця на ділянці після дамби). Порівняно невисокою питомою активністю ^{90}Sr відрізнялись м'язи риб – 17–27 (щука, Янівський затон), 90–117 Бк/кг (щука, Красненська стариця на ділянці після дамби), 115–140 Бк/кг (щука, оз. Глибоке), 212–296 Бк/кг (лин, оз. Глибоке) та 314–335 Бк/кг (краснопірка, оз. Глибоке). Питома активність ^{90}Sr в рибах досліджуваних водойм зони відчуження зменшується від риб-фітозоофагів до риб-бентофагів.

Найменший вміст ^{90}Sr спостерігався в представниках хижих видів риб. Отже, ^{90}Sr нині є основним дозоутворюючим радіонуклідом для риб замкнутих водойм зони відчуження (за винятком риб водойми-охолоджувача ЧАЕС та р. Прип'яті). На прикладі краснопірки (оз. Глибоке) наведена динаміка вмісту ^{90}Sr з весни 2007 р. до літа 2009 р. (рис. 2), що свідчить про збільшення питомої активності радіонукліда в тканинах риб цього виду.

Основними органами та тканинами, що накопичують ^{90}Sr в рибах, є луска, кістки, плавці та голова, тобто кальційвмісні органи. На ці органи та тканини, що становлять лише 23–37% загальної маси тіла, припадає 92–97% ^{90}Sr , який міститься в організмі риб водойм ЧЗВ.

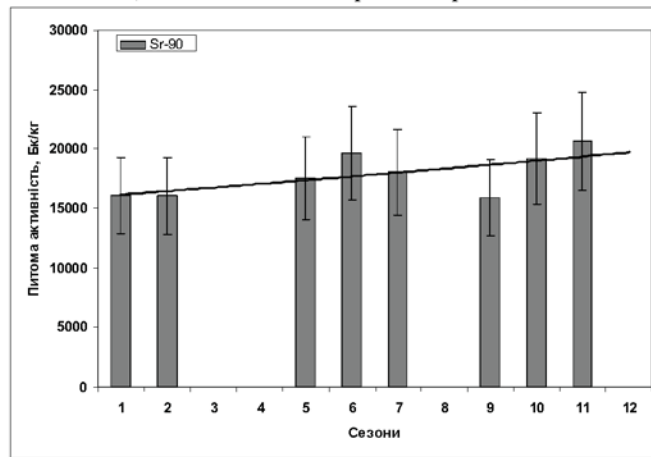


Рис. 2. Динаміка місту ^{90}Sr в краснопірці оз. Глибоке: 1 – весна 2007 р., 2 – літо 2007 р., 3 – осінь 2007 р., 4 – зима 2007 р., 5 – весна 2008 р., 6 – літо 2008 р., 7 – осінь 2008 р., 8 – зима 2008 р., 9 – весна 2009 р., 10 – літо 2009 р., 11 – осінь 2009 р.

Оскільки луска риби є одна з найбільших накопичувачів ^{90}Sr в організмі риб, нами вперше було проведено ряд експериментів з дослідженням форм знаходження радіонуклідів у цій тканині серед представників різних видів риб. Велике значення для знаходження радіонуклідів в тій чи іншій формі в лусці відіграє розмір, структура та її хімічний склад. Згідно попередніх результатів водорозчинна та сорбована форми ^{90}Sr на лусці складають від 5,2% до 27,1% загального вмісту радіонукліду в цій тканині. 72,9–94,8% ^{90}Sr , який міститься в лусці, міцно зв'язаний. Разом з тим, до 44% ^{137}Cs знаходиться в легкодоступному сорбованому та водорозчинному станах.

Висновки

У водоймах ЧЗВ питома активність ^{90}Sr у риб різних екологічних груп знаходиться на досить високому рівні. У всіх представників “мирних” видів риб замкнутих водойм питома активність ^{90}Sr в організмі набагато перевищує питому активність ^{137}Cs (за винятком риб водойми-охолоджувача та р. Прип'яті). У проаналізованих риб-іхтіофагів співвідношення $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ є більшим 1 і також зростає.

^{90}Sr нині є основним дозоутворюючим радіонуклідом для риб замкнутих водойм зони відчуження. На луску, кістки, плавці та голову риб припадає 92–97% загального вмісту ^{90}Sr в організмі.

1. *Strontium-90 in fish from the lakes of the Chernobyl Exclusion Zone / O.Ye. Kaglyan, D.I. Gudkov, V.G Klenus. [a. o.] // Radioprotection. – 2009. – Vol. 44, № 5. – P. 945–949.*

О.Е. Каглян¹, Д.И. Гудков¹, В.Г. Кленус¹, З.О. Широкая¹, В.О. Ткаченко², Н.А. Поморцева¹, Л.П. Юрчук¹, О.Б. Назаров³

¹Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

²Институт зоологии им. И.И. Шмальгаузена НАН Украины, Киев

³Государственное специализированное научно-производственное предприятие «Чернобыльский радиоэкологический центр» МЧС Украины, Чернобыль

РАДИОНУКЛИДНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ИХТИОФАУНЫ ВОДОЕМОВ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ

Приведены результаты исследований радионуклидного загрязнения органов и тканей рыб различных экологических групп водоемов Чернобыльской зоны отчуждения.

Ключевые слова: ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, водные экосистемы, Чернобыльская зона отчуждения, рыбы

О.Е. Kaglyan¹, D.I. Gudkov¹, V.G. Klenus¹, Z.O. Shiroka¹, V.O. Tkachenko², N.A. Pomortseva¹, L.P. Yurchuk¹, O.B. Nazarov³

¹ Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

² I.I. Schmalhausen Institute of Zoology of NAS of Ukraine, Kyiv

³ State Specialized Enterprise «Chornobyl radioecology center», Chornobyl, Ukraine

RADIONUCLIDE CONTAMINATION OF REPRESENTATIVES OF FISHES' OF RESERVOIRS OF CHERNOBYL AREA OF ALIENATION

The results of studies of radioactive contamination of fishes' organs and tissues of different ecological groups in water bodies within the Chornobyl exclusion zone have presented. The increase of ⁹⁰Sr specific activity in fish of closed water bodies have registered.

Key words: ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, water ecosystems, Chornobyl area of alienation, fishes

УДК (504.06:543.423.1)581.6

Л.С. КІПНІС, О.М. КОЦАР, Т.І. ЛЕКОНЦЕВА, М.В. МІРОШНІЧЕНКО,
Л.В. ПШЕГАЛІНСЬКА, Н.А. ПЕРЕТЯТЬКО

Інститут гідробіології НАН України

пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ 04210

РОЛЬ ОЧЕРЕТУ ЗВИЧАЙНОГО ТА РОГОЗУ ВУЗЬКОЛИСТОГО В УТИЛІЗАЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ПРИ ОЧИЩЕННІ СТІЧНИХ ВОД

Досліджували ефективність застосування біоплато з вищими водними рослинами для доочистки стічних вод. Показано роль очерету звичайного (*Phragmites australis*) і рогозу вузьколистого (*Typha angustifolia*) в утилізації важких металів.

Ключові слова: стічні води, біоплато, вищі водні рослини, важкі метали, коефіцієнт накопичення

В умовах урбанізації та зростання споживання питної і технічної води утворюється значна кількість стічних вод, що часто потрапляють до природних водойм без належного очищення. Ця проблема тісно пов'язана з розробленням методів покращення якості природних вод та вдосконалення існуючих технологій очистки забруднених різного походження.

Згідно даних Всесвітньої організації здоров'я друге місце за ступенем небезпеки посідають важкі метали (ВМ), поступаючи пестицидам і значно випереджаючи такі широко відомі забруднювачі, як диоксид карбону і сірки. Багато дослідників вважають, що важкі метали належать до забруднюючих речовин, спостереження за якими обов'язкові у всіх середовищах [13].

У водних екосистемах біогеохімічна міграція важких металів здійснюється за безпосередньою участю водних організмів, що суттєво впливає на їх вміст у водному середовищі [12]. Зокрема, вищі водні рослини (ВВР) в процесі життєдіяльності поглинають ВМ як з води, так і з донних відкладів. Вони мають відносно тривалий життєвий цикл, а деякі з них можуть існувати у середовищі при дуже високих концентраціях ВМ [2, 11]. Завдяки значній ролі ВВР в процесах самоочищення водних екосистем, вони також знайшли широке застосування у гідрофітних інженерних спорудах „біоплато”, які використовуються для очищення господарсько-побутових,