

УДК [577. 34:597-11] (285. 33)  
PACS number(s): 28.41.Kw

## ЗАБРУДНЕННЯ РАДІОНУКЛІДАМИ ПРЕДСТАВНИКІВ ІХТІОФАУНИ ОЗЕРА АЗБУЧИН ТА ІНШИХ ВОДОЙМ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС

О. Каглян, Д. Гудков, В. Кленус, З. Широка, В. Беляєв

*Інститут гідробіології НАН України,  
пр. Героїв Сталінграду, 12, 04210 Київ, Україна,  
e-mail: alex\_kt983@mail.ru*

Проаналізовано результати досліджень вмісту таких біологічно небезпечних радіонуклідів, як  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  в рибах маловивчених водойм п'ятикілометрової зони відчуження ЧАЕС. Подано розподіл радіонуклідів за органами та тканинами риб.

*Ключові слова:* риба,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , водойма, зона відчуження ЧАЕС.

Озера Азбучин, Глибоке, Далеке, Красненська стариця р. Прип'ять розміщені на правому (оз. Азбучин) та лівому (оз. Глибоке, оз. Далеке, Красненська стариця) берегах р. Прип'ять у ближній п'ятикілометровій зоні відчуження Чорнобильської АЕС. Абіотичні та біотичні компоненти екосистем цих водойм зазнали інтенсивного радіонуклідного забруднення. Під час вивчення розподілу радіонуклідів по компонентах водних екосистем і їх концентрування гідробіонтами особливий інтерес викликають риби, які займають в біогідроценозах верхні трофічні рівні та входять до раціону харчування людини. Останнім часом у зоні відчуження ЧАЕС простежено суттєву зміну фізико-хімічних форм радіонуклідного забруднення природних об'єктів, збільшення біологічної доступності радіонуклідів і їх перерозподіл у компонентах водних та наземних екосистем [2, 3, 4, 6, 11]. З огляду на це важливим є вивчення радіонуклідного забруднення біоти значно забруднених територій зони відчуження.

Для досліджень були взяті представники видів риб-бентофагів та зоопланктонофагів, що домінують у цих водоймах: карась золотий (*Carassius carassius* L.), вік 6–12 років, лин (*Tinca tinca* L.), вік 5–6 років, лящ (*Abramis brama* L.), вік 4–6 років та краснопірка (*Scardinius erythrophthalmus* L.), вік 1–4 роки. Аналізували морфо-метричні показники і визначення віку риб за поширеними методиками [1, 10]. Визначали вміст радіонуклідів у рибі гамма-спектрометричним [8] і радіохімічним методами [7, 9]. Вміст (питома активність, концентрація) радіонуклідів у рибі наводять в Бк/кг сирової (природної) маси. Довірчий інтервал або похибка за всіх вимірювань дорівнювала одному середньоквадратичному відхиленню, яка охоплювала: статистичну похибку

виміру, похибку радіохімічного вимірювання (для радіохімічного визначення) та середньоквадратичне відхилення вибірки.

За нашими дослідженнями за 2006 р., середня питома активність  $^{137}\text{Cs}$  в карасі (6–12 років) оз. Азбучин становила  $5\,753 \pm 1\,150$ , в лина (5–6 років) –  $2\,659 \pm 530$  Бк/кг (табл.). А середній вміст  $^{90}\text{Sr}$  –  $9\,265 \pm 1\,850$  та  $4\,727 \pm 940$  Бк/кг, відповідно. Концентрація  $^{137}\text{Cs}$  в аналогічних видах риби оз. Глибокого становила  $4\,504 \pm 900$  і  $2\,784 \pm 550$  Бк/кг та  $^{90}\text{Sr}$ , відповідно,  $1\,5879 \pm 3\,180$  і  $8\,427 \pm 1\,686$  Бк/кг. Середній вміст  $^{137}\text{Cs}$  у краснопірці (1–3 років) оз. Далекого та Красненської стариці становить, відповідно,  $2\,302 \pm 578$  і  $1\,136 \pm 273$  Бк/кг, а  $^{90}\text{Sr}$  –  $7\,118 \pm 1\,420$  та  $2\,710 \pm 469$  Бк/кг. Співвідношення  $^{90}\text{Sr} / ^{137}\text{Cs}$  у досліджених зразках риби було в межах 1,59–3,69. Виняток становила краснопірка з оз. Глибокого (вік 4 роки), питома активність якої сягала  $35\,227 \pm 7\,000$  Бк/кг  $^{137}\text{Cs}$  та  $16\,109 \pm 3\,200$  Бк/кг  $^{90}\text{Sr}$ , а співвідношення  $^{90}\text{Sr} / ^{137}\text{Cs}$  дорівнювало 0,03. При цьому концентрація розчиненого у воді  $^{137}\text{Cs}$  досліджуваних водойм на той час була:  $1,11 \pm 0,25$  (оз. Азбучин),  $1,73 \pm 0,35$  (оз. Глибоке),  $0,40 \pm 0,10$  (оз. Далеке), а  $^{90}\text{Sr}$  –  $16,07 \pm 3,22$  (оз. Азбучин),  $24,45 \pm 4,89$  (оз. Глибоке),  $9,22 \pm 1,84$  (оз. Далеке) Бк/л. Концентрація  $^{90}\text{Sr}$  у товщі води на різних ділянках оз. Глибокого може коливатися від декількох десятків до сотні і більше Бк/л [2, 5].

Таблиця

Середня концентрація (Бк/кг) та розподіл (вміст, %)  $^{137}\text{Cs}$  в органах і тканинах карася та лина оз. Азбучин

Органи та тканини	Карась		Лин	
	Бк/кг	%	Бк/кг	%
Жовч + нирки	$3\,559 \pm 710$	0,40	$2\,570 \pm 515$	0,12
Серце	$2\,550 \pm 510$	0,01	$2\,591 \pm 518$	0,10
Ікра (гонади самки)	$3\,135 \pm 627$	3,04	–	–
Печінка + селезінка	$3\,551 \pm 711$	0,09	$2\,736 \pm 546$	0,85
Повітряний міхур	$2\,479 \pm 495$	0,44	$2\,971 \pm 585$	1,48
Кишково-шлунковий тракт	$3\,426 \pm 685$	0,51	$3\,312 \pm 660$	0,88
Голова	$3\,176 \pm 634$	10,15	$1\,750 \pm 350$	11,22
Харчовий згусток	$6\,531 \pm 1310$	1,51	$3\,094 \pm 620$	0,21
Луска	$2\,068 \pm 410$	3,20	$2\,475 \pm 495$	2,74
Шкіра	$3\,960 \pm 800$	2,69	$2\,359 \pm 470$	7,87
М'язи	$6\,967 \pm 1400$	64,48	$3\,549 \pm 710$	58,18
Плавці	$2\,794 \pm 560$	1,64	$3\,011 \pm 602$	6,06
Кістки (без голови)	$5\,152 \pm 1030$	10,59	$2\,844 \pm 568$	8,99
Зябра	$2\,370 \pm 475$	1,25	$2\,059 \pm 411$	1,30
Організм риби (загалом)	$5\,753 \pm 1150$	100%	$2\,659 \pm 530$	100%

Аналіз отриманих даних засвідчив, що величини питомої активності радіонуклідів в одних і тих же органах та тканинах риби одного виду і віку з однієї водойми можуть дуже відрізнятися, що пов'язано з мозаїчністю радіонуклідного забруднення дна водойм та різним вмістом радіонуклідів в об'єктах харчування та середовищі існування риби. Це створює певні труднощі в аналізі радіонуклідного забруднення компонентів водних екосистем досліджуваних водойм. Тому

максимальна концентрація  $^{137}\text{Cs}$ , яку простежено у м'язах риб коливалась у лина від 3 267 до 4 089 (оз. Азбучин) та від 3 309 до 4 967 (оз. Глибоке); у карася – від 4 626 до 8 067 (оз. Азбучин) та від 3 967 до 5 995 (оз. Глибоке); у краснопірки – від 49 470 до 55 974 (оз. Глибоке), від 4 325 до 5 218 (оз. Далеке) та від 859 до 3 327 (Красненська стариця) Бк/кг сирової маси. Мінімальний вміст  $^{137}\text{Cs}$  серед органів та тканин риб був у лусці (карась, оз. Азбучин, 1 861–2 275 Бк/кг), (краснопірка, Красненська стариця, 1 920–2 138 Бк/кг) та у голові (карась, оз. Глибоке, 2 496–3 239 Бк/кг), (лин, оз. Азбучин, 1 470–2 064 Бк/кг), (лин, оз. Глибоке, 1 277–1 607 Бк/кг), (краснопірка, оз. Глибоке, 13 365–22 513 Бк/кг), (краснопірка, Красненська стариця, 406–622 Бк/кг), (лящ, Красненська стариця, 292–428 Бк/кг).

Середню концентрацію (питома активність)  $^{90}\text{Sr}$  в органах та тканинах риб показано на рис.1 на прикладі карася з оз. Глибокого. Як видно з рис. 1 найбільший вміст радіонукліду стронцію припадає на луску, кістки та плавці. Це пов'язано з великим вмістом в цих органах кальцію, який є аналогом стронцію. Тому  $^{90}\text{Sr}$  накопичується найбільше у лусці, кістках, плавцях і голові. На рис. 2 показано величини середньої концентрації  $^{90}\text{Sr}$  в лусці та кістках досліджуваних риб водойм зони відчуження ЧАЕС. Мінімальний вміст радіонукліду припадає на м'язи, шкіру та внутрішні органи. На рис. 3 зображено вміст  $^{90}\text{Sr}$  у м'язах риб, яких досліджували.

Як видно з таблиці та рис. 1–3, найбільш забрудненими радіонуклідом  $^{90}\text{Sr}$  (серед "мирних" видів риб) є риби оз. Глибокого, а саме такі представники, як краснопірка (зоопланктонофаг) та карась (бентофаг). Це пов'язано зі способом живлення риби з одного боку та надзвичайним радіонуклідним забрудненими озера, з іншого боку. Менш забрудненими  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  по відношенню до риб озер Глибоке, Азбучин та Далеке є риби з Красненської стариці р. Прип'яті, яка більш проточна (рис. 2 та 3).

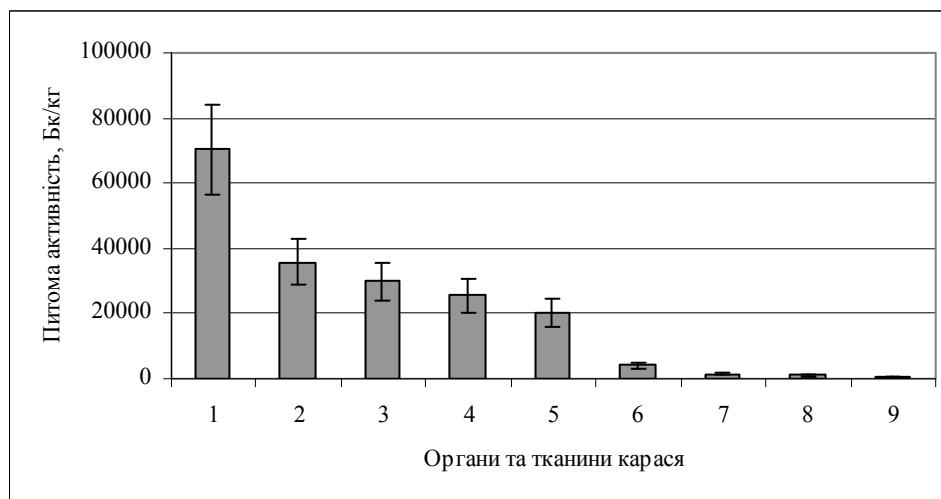


Рис. 1. Вміст (питома активність)  $^{90}\text{Sr}$  в органах та тканинах карася оз. Глибоке: 1 – луска; 2 – кістки; 3 – плавці; 4 – зябра; 5 – голова; 6 – харчовий клубок; 7 – м'язи; 8 – внутрішні органи; 9 – шкіра

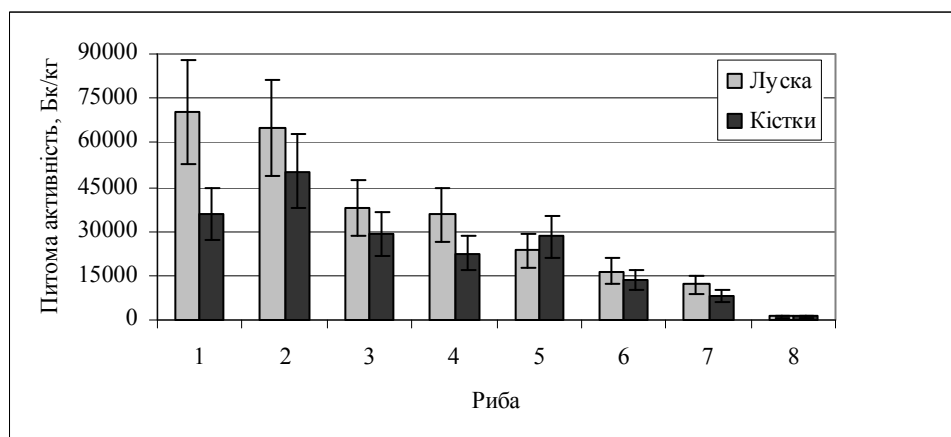


Рис. 2. Вміст (питома активність)  $^{90}\text{Sr}$  у лусці та кістках риб: 1 – карась (оз. Глибоке); 2 – краснопірка (оз. Глибоке); 3 – краснопірка (оз. Далеке); 4 – карась (оз. Азбучин); 5 – лин (оз. Глибоке); 6 – лин (оз. Азбучин); 7 – краснопірка (Красненська стариця); 8 – лящ (Красненська стариця)

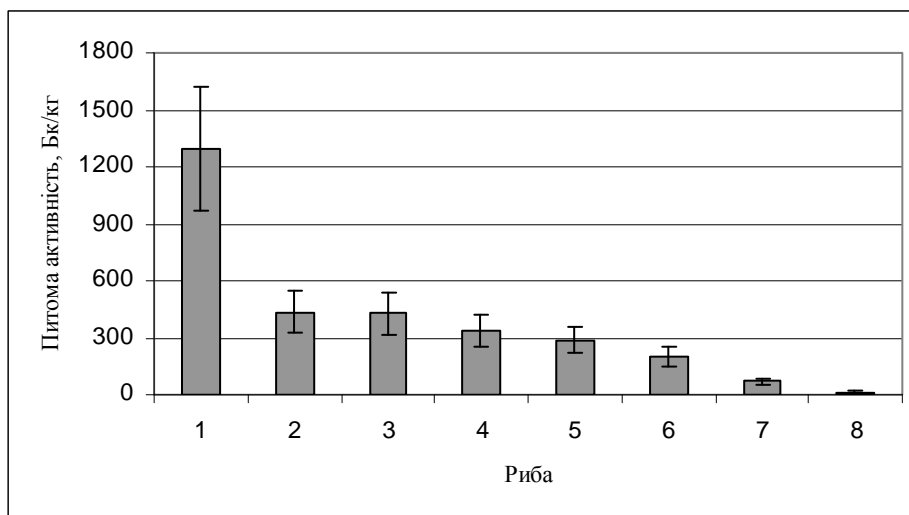


Рис. 3. Вміст (питома активність)  $^{90}\text{Sr}$  у м'язах риби: 1 – карась (оз. Глибоке); 2 – лин (оз. Глибоке); 3 – краснопірка (оз. Глибоке); 4 – лин (оз. Азбучин); 5 – краснопірка (оз. Далеке); 6 – карась (оз. Азбучин); 7 – краснопірка (Красненська стариця); 8 – лящ (Красненська стариця)

Щодо розподілу радіонуклідів в організмі риби з досліджуваних водойм то на прикладі карася та лина з оз. Азбучин (див табл.) робимо висновок, що найбільший відсоток  $^{137}\text{Cs}$  припадає на м'язи риби. Загалом відсоток  $^{137}\text{Cs}$  у м'язах для різних видів риби водойми зони відчуження знаходився в межах 44,33–64,48%.

Як видно з рис. 4, найбільша кількість  $^{90}\text{Sr}$  зосереджена в лусці, голові, кістках. На підставі аналізу результатів наших досліджень можна отримати низку зменшення відсотка  $^{90}\text{Sr}$  в органах та тканинах "мирних" видів риби: луска > кістки > голова > плавці > зябра > м'язи > внутрішні органи. В окремих випадках відсотковий вміст радіонукліду в голові перевищує його вміст у кістках.

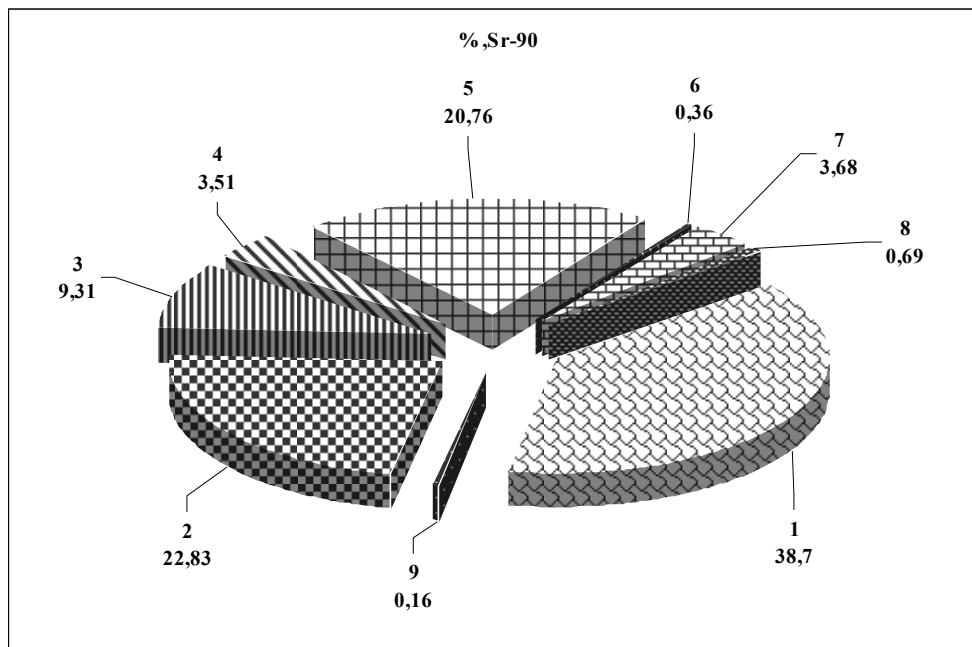


Рис. 4. Розподіл  $^{90}\text{Sr}$  в органах та тканинах карася з оз. Глибокого: 1 – луска; 2 – кістки (хребет + ребра); 3 – плавці; 4 – зябра; 5 – голова; 6 – харчовий клубок; 7 – м'язи; 8 – серце + жовчний міхур + плавальний міхур + шлунково-кишковий тракт + гонади самки (ікра) + печінка + селезінка + нирки; 9 – шкіра

Отож, на 21-му році після аварії вміст радіонуклідів в органах та тканинах риб досліджуваних водойм зони відчуження ЧАЕС є дуже високим і перевищує санітарно-гігієнічні допустимі рівні (ДР), що прийняті в Україні для риби: для  $^{90}\text{Sr}$  в 64–460 (ДР=35 Бк/кг), а для  $^{137}\text{Cs}$  – в 6–235 разів (ДР=150 Бк/кг).

Керуючись тим, що радіаційний чинник домінує у визначенні потенційної небезпеки водних об'єктів, подальше комплексне вивчення напрямів, інтенсивності процесів міграції та перерозподілу радіонуклідів залишається одним з найважливіших у гідробіологічних дослідженнях водойм зони відчуження ЧАЕС.

Автори щиро вдячні дирекції Державного спеціалізованого науково-виробничого підприємства “Екоцентр” МНС України, науковому співробітнику О.Б. Назарову та співробітникам відділу радіоекології Інституту гідробіології НАН України за допомогу в отриманні матеріалів для написання роботи.

1. Брюзгин В. Л. Методы изучения роста рыб по чешуе, костям и отолитам. К.: Наукова думка, 1969. 187 с.
2. Гудков Д. І. Радіонукліди в компонентах водних екосистем зони відчуження Чорнобильської АЕС: розподіл, міграція, дозові навантаження, біологічні ефекти. Автореф. дис... д-ра біол. наук.: 03.00.17. Київ, 2006. 34 с.

3. Гудков Д. И., Каглян А. Е., Назаров А. Б., Кленус В. Г. Рыбы зоны отчуждения Чернобыльской АЭС: динамика радионуклидного загрязнения и дозовые нагрузки // IV Міжнародна наук. конференція. Дніпропетровськ, 2007. С. 140–142.
4. Иванов Ю. О. Динаміка перерозподілу радіонуклідів в ґрунтах і рослинності // В кн.: Чернобыль – Зона відчуження / Під ред. В. Г. Бар'яхтара. К.: Наукова думка, 2001. С. 47–76.
5. Каглян О. Є. Особливості накопичення стронцію-90 і цезію-137 в гідробіонтах і абіотичних компонентах водойм зони відчуження ЧАЕС. Дис... канд. біол. наук: 03.00.17. Київ, 2003. 164 с.
6. Кашипаров В. О. Забруднення  $^{90}\text{Sr}$  території зони відчуження // Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. 1998. № 12. С. 41–43.
7. Лаврухина А. К., Мальшева Т. В., Павлоцкая Ф. И. Радиохимический анализ. М.: АН СССР, 1963. 220 с.
8. Методика массового гамма-спектрометрического анализа проб природной среды / Под ред. А.Н. Силантьевой и К.П. Махонько. Л.: Гидрометеозидат, 1984. 63 с.
9. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / Под ред. А. Н. Мареев и А. С. Зыковой. М., 1980. 336 с.
10. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
11. Соботович Э. В., Бондаренко Г. Н., Кононенко Л. В. и др. Геохимия техногенных радионуклидов. К.: Наукова думка, 2002. 332 с.

**RADIONUCLIDE CONTAMINATION OF REPRESENTATIVES OF  
ICHTHYOFAUNA AZBUCHYN LAKE AND OF OTHER CHORNOBYL' NPP  
EXCLUSION ZONE WATER BODIES**

**O. Kaglyan, D. Gudkov, V. Klenus, Z. Shyroka, V. Belyaev**

*Institute of hydrobiology of NAS of Ukraine  
av. Heroes of Stalingrad, 12, 04210 Kiev, Ukraine  
e-mail: alex\_kt983@mail.ru*

The results of researches of maintenance of such biologically dangerous radionuclides as  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  are analysed in fishes of insufficiently known Chornobyl' NPP exclusion zone water bodies. The distribution of radionuclides in organs and tissues of the fishes is given.

*Key words:* fish,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , water bodies, Chornobyl' NPP exclusion zone.

Стаття надійшла до редколегії 15.02.2008

Прийнята до друку 08.07.2008