

4. Петренко Л. Радіонукліди в біосфері. Одеса: Астропринт, 2018. 180 с.

5. Smith J. Nuclear Safety and War Risks. London: Springer, 2022. 210 p.

УДК [577.34:597](285.2/3)

**РАДІОНУКЛІДНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ТА ДОЗИ
ОПРОМІНЕННЯ ПРЕДСТАВНИКІВ ІХТІОФАУНИ
ВОДОЙМ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ НА
СУЧАСНОМУ ЕТАПІ**

**Каглян О. Є.¹, Гудков Д. І.¹, Беляєв В. В.¹, Кіреєв С. І.²,
Пришляк С. П.¹, Юрчук Л. П.¹, Поморцева Н. А.¹,
Гупало О. О.¹**

¹Інститут гідробіології НАН України, Київ, Україна

²ДСП «Екоцентр» ДАЗВ України, Чорнобиль, Україна

E-mail: alex_kt983@ukr.net

Дослідження, які включають аналіз рівнів радіонуклідного забруднення і оцінку потужності поглиненої дози опромінення представників іхтіофауни у водоймах, що зазнали впливу аварії на Чорнобильській АЕС (ЧАЕС) є важливою складовою стратегії збереження риб, як одного з найбільш радіочутливих компонентів водних екосистем, та забезпечення безпеки для здоров'я людини при споживанні забрудненої радіонуклідами риби. Внаслідок аварії у 1986 р. значні території України зазнали радіонуклідного забруднення, серед яких найбільше – територія Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ), де продовжують зберігатись високі рівні дозового навантаження на природні екосистеми. При проведенні радіоекологічних досліджень водойм значний інтерес викликають риби, які займають верхні трофічні рівні у прісноводних екосистемах і є об'єктами харчування людини. Міністерством охорони здоров'я України були затверджені Державні гігієнічні нормативи, згідно яких допустима питома активність ^{90}Sr і ^{137}Cs в рибі була встановлена, відповідно, на рівні 35 і 150 Бк/кг. Крім того, Науковим комітетом з дії атомної радіації ООН (UNSCEAR) та незалежною неурядовою організацією Міжнародною комісією з

радіоекологічного захисту (ICRP) в якості безпечного рівня радіаційного впливу на біоту пропонується використовувати значення потужності поглиненої дози (ППД) в межах 40–400 мкГр/год, але при цьому безпечним пороговим рівнем для хребетних тварин прийнята величина дозового навантаження 40 мкГр/год. Водночас у рамках проекту Європейської комісії PROTECT (Protection of the Environment from Ionising Radiation in a Regulatory Context) величина нижньої межі безпечного хронічного опромінення біоти становить 10 мкГр/год., а в якості скрінінгової ППД для хребетних тварин була рекомендована величина 2 мкГр/год [1]. Отже, якщо ППД для риб не перевищує скрінінгового рівня в 2 мкГр/год, то радіаційна ситуація є безпечною і не потребує подальшого розгляду. Особливий інтерес для наших досліджень становлять представники іхтіофауни найбільш забруднених ^{90}Sr та ^{137}Cs водойм ЧЗВ – озера Вершина і Азбучин, а також гідравлічно-пов'язана з останнім водойма-охолоджувач (ВО) ЧАЕС, на місці якої після пониження рівня води з 2014 р. утворилися окремі водойми, зокрема найбільш досліджена нами північно-західна частина (ПЗЧ). Серед представників іхтіофауни були обрані найбільш поширені у водоймах ЧЗВ види: фітофаг – краснопірка звичайна *Scardinius erythrophthalmus* L. (2–9 років), бентофаги – плітка звичайна *Rutilus rutilus* L. (2–9 років), карась сріблястий *Carassius gibelio* Bloch. (2–12 років), зоопланктофаг – верховодка звичайна *Alburnus alburnus* L. (2–4 роки), планктофаг – верховка звичайна *Leucaspis delineates* Heckel (1–3 роки), а також представники двох хижих видів – окунь звичайний *Perca fluviatilis* L. (2–9 років) і щука звичайна *Esox lucius* L. (2–9 років). Середня кількість риб в річний вибірці для кожного виду у водоймі становила 10–15 екземплярів. Вимірювання питомої активності ^{137}Cs у воді, донних відкладах і рибі виконували на базі γ -спектрометричного комплексу у складі напівпровідникового коаксіального детектора GC4018-DET. Визначення вмісту ^{90}Sr виконували радіохімічним методом із застосуванням оксалатної методики з вимірюванням дочірнього продукту ^{90}Y з використанням установки малого фону (УМФ-2000), а також на спектрометрі енергії бета-випромінювання (СБ-01-70). Базові розрахунки потужності поглиненої дози для риб

виконували з допомогою програмного забезпечення ERICA Assessment Tool 2.0 [2]. Аналіз результатів досліджень свідчить, що найвищими значеннями питомої активності ^{90}Sr та ^{137}Cs характеризуються риби непроточних водойм, що розташовані на території західного та південно-західного слідів аварійних викидів ЧАЕС, а саме оз. Вершина, що розташоване в межах одамбованої ділянки Красненської заплави, в якому зареєстровані найвищі рівні питомої активності ^{90}Sr (36530–213300 Бк/кг) та ^{137}Cs (1470 – 6230 Бк/кг) у риб серед досліджених нами водойм. Дещо меншими рівнями забруднення ^{90}Sr (9230–33400 Бк/кг) та подібними значеннями середніх величин забруднення ^{137}Cs (1430–11015) характеризуються риби оз. Азбучин, що знаходиться на правому березі р. Прип'ять поруч з ЧАЕС. Далі за ступенем радіонуклідного забруднення ^{90}Sr і ^{137}Cs риб слідує ПЗЧ ВО, відповідно, 330–2500 і 230–1600 Бк/кг. Межа величини співвідношення питомої активності $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ в рибі досліджуваних водойм була найбільшою для представників «мирних видів» і становила 4,1–72,8, а для риб-хижаків – 1,4–23,6. Найменші значення були відмічені у ПЗЧ ВО – відповідно 0,5–6,4 та 0,5–1,6. Слід зазначити, що досить низькі значення величин співвідношення активності $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ у рибах з ПЗЧ можна пояснити тим, що до 2014 р. (до пониження рівня води) це співвідношення у всіх представниках іхтіофауни водойми було у межах 0,03–0,08.

Отже слід зробити висновок, що вміст радіонуклідів в рибі озер Азбучин і Вершина впродовж 2020–2025 рр. у всіх випадках багаторазово перевищувала допустимі рівні, згідно прийнятих в Україні нормативів для рибної продукції – в 196–6094 разів для ^{90}Sr і в 7–73 разів для ^{137}Cs . Найвищі значення питомої активності ^{90}Sr відмічені для краснопірки і карася оз. Вершина, відповідно, 105800–213300 і 83000–139290 Бк/кг.

Дозове навантаження на представників іхтіофауни формується за рахунок зовнішнього (від радіонуклідів, що містяться переважно у донних відкладах та воді) та внутрішнього опромінення (від радіонуклідів, інкорпорованих у тканинах). Як показали наші розрахунки, зовнішня ППД для риб за рахунок ^{90}Sr у воді та донних відкладах досліджених водойм становить 0,18–4,28, а за рахунок ^{137}Cs – 2,19–26,73 мкГр/год.

Таким чином, внесок ^{137}Cs у зовнішню дозу опромінення для риб становив 63–97%, а ^{90}Sr – 3–37%. Отже, основним радіонуклідом, що обумовлює зовнішнє опромінення представників іхтіофауни у водоймах ЧЗВ упродовж 2020–2025 рр. був ^{137}Cs . Проте внесок інкорпорованого ^{90}Sr у величину ППД внутрішньої опромінення для досліджуваних риб становив 72–99%. Загальна ППД для риб на протязі періоду досліджень була у межах 3,2–92,7 мкГр/год.

Таким чином, сучасні рівні потужності поглиненої дози для риб озер Вершина та Азбучин багаторазово перевищують безпечні порогові 10 мкГр/год, а для риб ПЗЧ скрінгові рівні у 2 мкГр/год для хребетних тварин, які запропоновані в рамках проекту Європейської комісії PROTECT.

Роботу виконано за підтримки Національного фонду досліджень України (проект № 2023.03/0156), Національної академії наук України, а також у співробітництві з державними спеціалізованими підприємствами «Екоцентр», «Чорнобильська АЕС» Державного агентства України з управління зоною відчуження, а також Чорнобильським радіаційно-екологічним біосферним заповідником.

Список літератури:

1. Andersson P. et al. Protection of the environment from ionising radiation in a regulatory context (PROTECT): proposed numerical benchmark values. *Journal of Environmental Radioactivity* 100 (2009) 1100.
2. ERICA Assessment Tool 2.0. The integrated approach seeks to combine exposure/dose/effect assessment with risk characterization and managerial considerations (<http://www.ERICA-tool.com>).