

**В. О. Кашпаров^{1*}, С. Є. Левчук¹, Д. М. Голяка¹, Ю. В. Хомутинін¹,
В. П. Процак¹, Д. М. Кондратюк², М. А. Журба¹**

¹ *Український науково-дослідний інститут сільськогосподарської радіології
Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна*

² *Природний заповідник «Древлянський», Народиці, Україна*

*Відповідальний автор: kashparov@nubip.edu.ua

РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ РИБИ У ЗАПЛАВНОМУ ОЗЕРІ СТАРУХА ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ

Після аварій на Чорнобильській АЕС у 1986 р. та АЕС Фукусіма-1 у 2011 р. в радіоактивно забруднених прісноводних водоймах питома активність радіонуклідів у рибі сягала сотень кБк·кг⁻¹ і перевищувала міжнародні та національні допустимі рівні. Метою даної роботи було визначення в реальних умовах вмісту радіонуклідів у різних видах риб у «напівзакритому» заплавному озері Старуха річки Прип'ять на північно-західному сліду радіоактивних випадін у чорнобильській зоні відчуження (ЧЗВ). У результаті проведених експериментальних досліджень протягом 2000 - 2018 рр. було отримано значення питомої активності ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у різних видах риб. Максимальні рівні питомої активності ¹³⁷Cs у м'язовій тканині риб 3,7 і 3,6 кБк·кг⁻¹ було зафіксовано у щуки звичайної масою 6,2 і 1,65 кг 04.10.2000 р. та 30.08.2006 р. У 2016 і 2018 рр. питома активність ¹³⁷Cs у м'язовій і ⁹⁰Sr у кістковій тканині хребта не перевищувала 800 Бк·кг⁻¹. Ефективний період напівзменшення питомої активності ¹³⁷Cs у м'язовій тканині щуки, судака і білизни звичайної становив 19 - 30 років, що в основному обумовлено радіоактивним розпадом ¹³⁷Cs. Середньгеометрична питома активність ¹³⁷Cs у м'язовій тканині щуки, судака і білизни в оз. Старуха тільки до 2043 - 2072 рр. досягне рівня гігієнічного нормативу – 150 Бк·кг⁻¹. При цьому неперевіщення питомої активності ¹³⁷Cs у м'язовій тканині окремих риб із імовірністю 95 % буде досягнуто через 50 - 100 років. Це може вказувати на потенційну небезпеку міграції риби із заплавлених озер ЧЗВ під час паводку в р. Прип'ять та Київське водосховище.

Ключові слова: ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, радіоекологія, Чорнобильська аварія, зона відчуження, радіоактивне забруднення.

**V. O. Kashparov^{1,*}, S. Ye. Levchuk¹, D. M. Holiaka¹, Yu. V. Khomutinin¹,
V. P. Protsak¹, D. M. Kondratiuk², M. A. Zhurba¹**

¹ *Ukrainian Institute of Agricultural Radiology,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

² *Drevlianskyi Nature Reserve, Narodychi, Ukraine*

*Corresponding author: kashparov@nubip.edu.ua

RADIOACTIVE CONTAMINATION OF FISH IN THE FLOODING LAKE STARUKHA IN THE CHORNOBYL EXCLUSION ZONE

After the accidents at the Chornobyl NPP in 1986 and the Fukushima-1 NPP in 2011, the activity concentration of radionuclides in fish in radioactively contaminated freshwater bodies reached hundreds of kBq kg⁻¹ and exceeded international and national permissible levels. The work aimed to determine the content of radionuclides in different fish species in “the semi-closed” flooding Starukha Lake, which is located in the north-western trace of radioactive fallout in the Chornobyl Exclusion Zone (ChEZ). The experimental studies were conducted during 2000 - 2018. The values of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr activity concentrations in different fish species were obtained. The maximum levels of ¹³⁷Cs activity concentration in fish muscle tissue of 3.7 and 3.6 kBq·kg⁻¹ were in pikes, which weighed 6.2 and 1.65 kg and were caught on 04.10.2000 and 30.08.2006, respectively. In 2016 and 2018, the activity concentration of ¹³⁷Cs in muscle tissue and ⁹⁰Sr in bone tissue did not exceed 800 Bq·kg⁻¹. The effective half-lives of ¹³⁷Cs activity concentrations in muscle tissue of pike, pike perch, and common whitefish were estimated to be in the range of 19 - 30 years. The radioactive decay of the radionuclide is the main process governing the activity decreasing. The geometric mean of ¹³⁷Cs activity concentration in the muscle tissue of pike, pike perch, and whitefish in Starukha Lake will decrease below the permissible level of 150 Bq kg⁻¹ by 2043 - 2072. At the same time, the non-exceeding activity concentration of ¹³⁷Cs in the muscle tissue of individual fish with a probability of 95 % will be achieved in 50 - 100 years. Thus, there is a potential threat that fish may migrate during flooding from “semi-closed” lakes in the ChEZ to the Pripyat River and the Kyiv Reservoir.

Keywords: ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, radioecology, Chornobyl accident, Exclusion Zone, radioactive contamination.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР-2006). Гігієнічний норматив ГН 6.6.1.1-130-2006. / Permissible levels of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in food and drinking water (DR-2006). Hygienic standard of the State Sanitary and Epidemiological Service. HS 6.6.1.1-130-2006. (Ukr)
2. Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments. Technical reports series No. 472 (Vienna, IAEA, 2010) 208 p.
3. О.Є. Каглян та ін. Динаміка питомої активності ^{90}Sr і ^{137}Cs у представників іхтіофауни водойм Чорнобильської зони відчуження. *Ядерна фізика та енергетика* 22(1) (2021) 62. / A.Ye. Kaglyan et al. Dynamics of specific activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs in representatives of ichthyofauna of Chornobyl exclusion zone. *Nucl. Phys. At. Energy* 22(1) (2021) 62. (Ukr)
4. О.Є. Каглян та ін. Потужність поглиненої дози зовнішнього опромінення представників іхтіофауни озер у Чорнобильській зоні відчуження. *Ядерна фізика та енергетика* 25(2) (2024) 141. / A.Ye. Kaglyan et al. The absorbed dose rate of external exposure to representatives of ichthyofauna of lakes in the Chornobyl exclusion zone. *Nucl. Phys. At. Energy* 25(2) (2024) 141. (Ukr)
5. H.-C. Teien et al. Seasonal changes in uptake and depuration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in silver Prussian carp (*Carassius gibelio*) and common rudd (*Scardinius erythrophthalmus*). *Sci. Total Environ.* 786 (2021) 147280.
6. М.О. Гречанюк та ін. Радіоактивне забруднення і дози внутрішнього опромінення риби в озері Глибоке Чорнобильської зони відчуження. *Наукові доповіді НУБіП України* 3(97) (2022) 1. / M. Hrechaniuk et al. Radioactive contamination and doses of internal irradiation of fish in the Deep lake of the Chornobyl exclusion zone. *Sci. Rep. Natl. Univ. Life Environ. Sci. Ukr.* 3(97) (2022) 1. (Ukr)
7. O. Kashparova et al. Clean feed as countermeasure to reduce the ^{90}Sr and ^{137}Cs levels in fish from contaminated lakes. *J. Environ. Radioact.* 258 (2023) 107091.
8. P. Pavlenko et al. Testing countermeasures to reduce ^{90}Sr content in fish products. *J. Environ. Radioact.* 271 (2024) 107316.
9. Ю.В. Хомутинин, В.А. Кашпаров, А.В. Кузьменко. Зависимость коэффициентов накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr рыбой от содержания калия и кальция в воде пресноводного водоема. *Радиационная биология. Радиоэкология* 51(3) (2011) 374. / Yu.V. Khomutinin, V.A. Kashparov, A.V. Kuz'menko. Dependences of ^{137}Cs and ^{90}Sr concentration ratios in fish on the potassium and calcium concentrations in the freshwater reservoirs. *Radiats. Biol. Radioecol.* 51(3) (2011) 374. (Rus)
10. Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience. Report of the Chernobyl Forum Expert Group 'Environment'. Radiological Assessment Reports Series (Vienna, IAEA, 2006) 180 p.
11. I.G. Travnikova et al. Lake fish as the main contributor of internal dose to lakeshore residents in the Chernobyl contaminated area. *J. Environ. Radioact.* 77(1) (2004) 63.
12. V. Kashparov et al. Spatial datasets of radionuclide contamination in the Ukrainian Chernobyl Exclusion Zone. *Earth Syst. Sci. Data* 10 (2018) 339.
13. V. Kashparov et al. Spatial radionuclide deposition data from the 60 km radial area around the Chernobyl Nuclear Power Plant: results from a sampling survey in 1987. *Earth Syst. Sci. Data* 12 (2020) 1861.
14. Ю.В. Хомутинин и др. Прогноз динамики и риска превышения допустимого содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в рыбе Киевского водохранилища на поздней фазе Чернобыльской аварии. *Радиационная биология. Радиоэкология* 53(4) (2013) 411. / Yu.V. Khomutinin et al. Forecast of the dynamics and risk of exceeding the permissible content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in fish of the Kyiv reservoir in the late phase of the Chornobyl accident. *Radiats. Biol. Radioecol.* 53(4) (2013) 411. (Rus)
15. Ю.В. Хомутинин. Оцінка радіоекологічної безпеки прісноводних водойм України на пізній стадії аварії на ЧАЕС. *Ядерна фізика та енергетика* 15(4) (2014) 389. / Yu.V. Khomutinin. Evaluation of radioecological safety of freshwater reservoirs in Ukraine during late phase of ChNPP accident. *Nucl. Phys. At. Energy* 15(4) (2014) 389. (Ukr)
16. Ю.В. Хомутинин, В.А. Кашпаров. Оптимизация отбора проб для оценки удельной активности и коэффициентов накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr рыбой. *Ядерная физика та енергетика* 17(2) (2016) 189. / Yu.V. Khomutinin, V.O. Kashparov. Optimization of fish sampling procedure for evaluating the specific activity of ^{137}Cs , ^{90}Sr and accumulation coefficients. *Nucl. Phys. At. Energy* 17(2) (2016) 189. (Rus)
17. V. Kashparov et al. Uptake from water and depuration of ^{137}Cs and ^{90}Sr by silver Prussian carp (*Carassius gibelio*). *J. Environ. Radioact.* 276 (2024) 107443.
18. Звіт про науково-дослідну роботу «Вивчення закономірностей поведінки радіонуклідів та інших важких металів у водних екосистемах на забруднених у результаті Чорнобильської катастрофи територіях». № 0106U004248 (Київ, НУБіП України 2008) 91с. / Report on the research work "Study of the patterns of behavior of radionuclides and other heavy metals in aquatic ecosystems in the territories contaminated as a result of the Chernobyl disaster", No. 0106U004248 (Kyiv, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 2008) 91 p. (Ukr)

19. Ф.И. Павлоцкая. Основные принципы радиохимического анализа объектов окружающей среды и методы определения радионуклидов стронция и трансурановых элементов. Журнал аналитической химии 52(2) (1997) 126. / F.I. Pavlotskaya. Basic principles of radiochemical analysis of environmental objects and methods for determination of strontium radionuclides and transuranic elements. J. Anal. Chem. 52(2) (1997) 126. (Rus)
20. С. Гланц. *Медико-биологическая статистика* (Москва: Практика, 1998) 459 с. / С. Glantz. *Medico-Biological Statistics* (Moscow: Praktika, 1998) 459 p. (Rus)
21. <https://fisher-club.com/news/spravka/1-0-9>
22. T.L. Yankovich et al. Whole-body to tissue concentration ratios for use in biota dose assessments for animals. *Radiat. Environ. Biophys.* 49 (2010) 549.

Надійшла / Received 18.02.2025