

**О. В. Кашпарова^{1,2,*}, С. Є. Левчук¹, Ю. В. Хомути́нін², П. М. Павленко²,
М. О. Гречанюк², В. О. Кашпаров^{1,2}**

¹ Український науково-дослідний інститут сільськогосподарської радіології
Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна
² Центр радіоактивності навколишнього середовища
Норвезького університету природничих наук, Ос, Норвегія

*Відповідальний автор: elena.kashparova@gmail.com

ШВИДКІСТЬ НАДХОДЖЕННЯ ТА ВИВЕДЕННЯ ¹³⁷Cs З ОРГАНІЗМУ КАРАСЯ СРІБЛЯСТОГО (*CARASSIUS GIBELIO*) ЗА РІЗНОЇ ГОДІВЛІ

Протягом 2016 - 2021 рр. було проведено серію експериментів з вивчення швидкості надходження та виведення ¹³⁷Cs з організму карася сріблястого (*Carassius gibelio*) в природних умовах Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ). Для підтвердження отриманих параметрів надходження та виведення ¹³⁷Cs з організму карася сріблястого було проведено лабораторні експерименти у строго контрольованих умовах за різних режимів годівлі. Швидкість виведення ¹³⁷Cs з карася сріблястого зростає зі збільшенням споживання додаткового штучного корму з 0.0068 ± 0.0003 доба⁻¹ до 0.0085 ± 0.0005 доба⁻¹ за температури води 26 °C. Завдяки збільшенню швидкості росту риб з використанням додаткового штучного «чистого» корму через біологічне розбавлення, біологічний період напіввиведення питомої активності ¹³⁷Cs з риби може бути зменшений у 2 рази. Швидкість виведення ¹³⁷Cs з карася сріблястого за різної температури води збігається з результатами отриманими в природних умовах ЧЗВ протягом 2016 - 2020 рр.

Ключові слова: ¹³⁷Cs, Чорнобиль, прісноводна риба, забруднення радіонуклідами, швидкість виведення, коефіцієнт накопичення.

**O. V. Kashparova^{1,2,*}, S. E. Levchuk², Yu. V. Khomutinin², P. M. Pavlenko²,
M. O. Hrechaniuk², V. O. Kashparov^{1,2}**

¹ Center for Environmental Radioactivity, Norwegian University of Life Sciences, Ås, Norway
² Ukrainian Institute of Agricultural Radiology,
National University of Life and Environment Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

*Corresponding author: elena.kashparova@gmail.com

THE UPTAKE AND EXCRETION RATE OF ¹³⁷Cs FROM THE SILVER PRUSSIAN CARP (*CARASSIUS GIBELIO*) AT DIFFERENT FEEDING ROUTINE

Throughout 2016 - 2021, a series of experimental studies on ¹³⁷Cs uptake and excretion rate constants for the silver Prussian carp (*Carassius gibelio*) were conducted in the Chernobyl exclusion zone (ChEZ) under natural conditions. To confirm the metabolic parameters of ¹³⁷Cs in the silver Prussian carp under strictly controlled conditions at different feed amounts real supporting laboratory experiments have been conducted. The excretion rate of the ¹³⁷Cs from the silver Prussian carp increased with increasing feed amount from 0.0068 ± 0.0003 day⁻¹ to 0.0085 ± 0.0005 day⁻¹ at water temperatures of 26 °C. The biological half-life of ¹³⁷Cs activity concentration in fish can be reduced by 2 times by increasing fish growth using clean feeding. The excretion rate of the ¹³⁷Cs from the silver Prussian carp agreed with data collected in natural conditions in the ChEZ during 2016 - 2020 at different water temperatures.

Keywords: ¹³⁷Cs, Chernobyl, freshwater fish, radioactive contamination, excretion rate, depuration rate, the concentration factor.

REFERENCES

1. *Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience. Report of the Chernobyl Forum Expert Group 'Environment' (Vienna: IAEA, 2006). 180 p.*
2. *Environmental Protection - the Concept and Use of Reference Animals and Plants. ICRP Publication 108. Ann. ICRP 38(4-6) (ICRP, 2008).*
3. D. Gudkov et al. Dynamics of the Content and Distribution of the Main Dose Forming Radionuclides in Fishes of the Exclusion Zone of the Chernobyl NPS. *Hydrobiological Journal 44(5) (2008) 87.*
4. Yu. Khomutinin, V. Kashparov, A. Kuzmenko. Dependence of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr uptake rates by fish on potassium and calcium in a freshwater reservoir. *Radiation Biology. Radioecology 51(3) (2011) 374. (Rus)*
5. A. Kaglyan et al. Radionuclides in native fish species of the Chernobyl exclusion zone. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy) 13(3) (2012) 306. (Rus)*
6. M. Balonov et al. Harmonization of standards for permissible radionuclide activity concentrations in foodstuffs in the long term after the Chernobyl accident. *Journal of Radiological Protection 38 (2018) 854.*

7. T. Wada et al. Strong contrast of caesium radioactivity between marine and freshwater fish in Fukushima. [Journal of Environmental Radioactivity 204 \(2019\) 132.](#)
8. 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*). [Science of the Total Environment 786 \(2021\) 147280.](#)
9. P. Pavlenko et al. Effect of additional “clean” feeding on ^{90}Sr and ^{137}Cs content in Prussian carp (*Carassius gibelio*) in the Chernobyl exclusion zone. [Yaderna Fizyka ta Energetyka \(Nucl. Phys. At. Energy\) 22\(3\) \(2021\) 272.](#) (Ukr)
10. O. Kashparova et al. Clean feed as countermeasure to reduce the ^{137}Cs and ^{90}Sr levels in fish from contaminated lakes. [Journal of Environmental Radioactivity \(2022\).](#) (Submitted).
11. J.T. Smith. Modelling the dispersion of radionuclides following short duration releases to rivers Part 2. Uptake by fish. [Science of the Total Environment 368 \(2006\) 502.](#)
12. J.E. Pinder et al. Caesium accumulation by fish following acute input to lakes: a comparison of experimental and Chernobyl-impacted systems. [Journal of Environmental Radioactivity 100 \(2009\) 4560.](#)
13. N.A. Beresford et al. A new approach to predicting environmental transfer of radionuclides to wildlife: A demonstration for freshwater fish and caesium. [Science of the Total Environment 463-464 \(2013\) 284.](#)
14. M.E. Haque et al. Developing a food web-based transfer factor of radiocaesium for fish, whitespotted char (*Salvelinus leucomaenis*) in headwater streams. [Journal of Environmental Radioactivity 172 \(2017\) 191.](#)
15. M. Metian, S. Pouil, S.W. Fowler. Radiocaesium accumulation in aquatic organisms: A global synthesis from an experimentalist's perspective. [Journal of Environmental Radioactivity 198 \(2019\) 147.](#)
16. O.V. Kashparova et al. Dynamics of the ^{137}Cs excretion from Prussian carp (*Carassius gibelio*) at different water temperatures. [Yaderna Fizyka ta Energetyka \(Nucl. Phys. At. Energy\) 20\(4\) \(2019\) 411.](#) (Rus)
17. O.V. Kashparova et al. Dynamics of ^{137}Cs uptake from water to Prussian carp (*Carassius gibelio*). [Yaderna Fizyka ta Energetyka \(Nucl. Phys. At. Energy\) 21\(1\) \(2020\) 64.](#) (Rus)
18. O. Kashparova et al. The excretion of ^{137}Cs from silver Prussian carp (*Carassius gibelio*) with different water temperature under nature conditions in the Chernobyl exclusion zone. [Sci. Reports of the Nat. Univ. of Life and Environ. Sci. of Ukraine 6\(88\) \(2020\) 1.](#) (Ukr)
19. O. Kashparova et al. Excretion of ^{137}Cs from silver Prussian carp (*Carassius gibelio*) at 5 °C water temperature. [Sci. Reports of the Nat. Univ. of Life and Environ. Sci. of Ukraine 4\(86\) \(2020\) 1.](#)
20. J.T. Smith et al. The “Aquascope” simplified model for predicting $^{89,90}\text{Sr}$, ^{131}I , and $^{134,137}\text{Cs}$ in surface waters after a large-scale radioactive fallout. [Health Physics 89\(6\) \(2005\) 628.](#)
21. J.T. Smith et al. Uptake and elimination of radiocaesium in fish and the “size effect.” [Journal of Environmental Radioactivity 62 \(2002\) 145.](#)
22. J.T. Smith et al. A review and test of predictive models for the bioaccumulation of radiostromium in fish. [Journal of Environmental Radioactivity 100 \(2009\) 950.](#)
23. J. Garnier-Laplace, E. Vray, J.P. Baudin. A dynamic model for radionuclide transfer from water to freshwater fish. [Water, Air, and Soil Pollution 98 \(1997\) 141.](#)
24. O. Ugedal et al. Effects of temperature and body size on radiocaesium excretion in brown trout, *Salmo trutta*. [Freshwater Biology 28\(2\) \(1992\) 165.](#)
25. T. Forseth et al. Radiocaesium elimination in fish: variation among and within species. [Journal of Applied Ecology 35 \(1998\) 847.](#)
26. O.I. Nasvit, N.I. Buyanov, M.I. Kuzmenko. Determination of kinetic parameters of the process of uptake of radionuclides by ecosystem components from the equilibrium values of the hydrobiology concentration factors. [Hydrobiological Journal 26\(1\) \(1990\).](#) (Rus)
27. A.I. Kryshev. Modelling the accumulation of ^{137}Cs by age-structured fish population. [Radioprotection - Colloques 37\(C1\) \(2002\) 627.](#)
28. M. Sundbom et al. Long-term dynamics of Chernobyl ^{137}Cs in freshwater fish: quantifying the effect of body size and trophic level. [Journal of Applied Ecology 40 \(2003\) 228.](#)
29. O.E. Kaglyan et al. Method of cleaning silver carp (*Carassius gibelio* Bloch) from ^{137}Cs radionuclide to hygienic radiation-safe levels. Patent UA No. 132603. Published on Sept. 25, 2018, bull. No. 18/2018. (Ukr)
30. K. Niizeki et al. Estimating biological half-lives of ^{137}Cs in a cyprinid fish *Tribolodon hakonensis* by a one-compartment model considering growth dilution effect. [Fisheries Science 86 \(2020\) 861.](#)
31. B. Rosseland et al. Fish Ecotoxicology. The EMERGE Fish Sampling Manual for Live Fish (European mountain lake ecosystems: regionalisation, diagnostic & socio-economic evaluation, 2001) 7 p.
32. Standard Practice for High-Resolution Gamma-Ray Spectrometry of Water. ASTM D3649-06 (American Society for Testing and Materials, 2014) 8 p.
33. T. Cresswell et al. Aquatic live animal radiotracing studies for ecotoxicological applications: Addressing fundamental methodological deficiencies. [Journal of Environmental Radioactivity 178-179 \(2017\) 453.](#)
34. T.L. Yankovich et al. Whole-body to tissue concentration ratios for use in biota dose assessments for animals. [Radiation and Environmental Biophysics 49 \(2010\) 549.](#)
35. *Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments.* Technical Reports Series No. 472 (Vienna: IAEA, 2010). 194 p.