

**Ю. В. Хомутинін, В. О. Кашпаров**

*Український НДІ сільськогосподарської радіології НУБіП України, Київ*

### **ОПТИМІЗАЦІЯ ВІДБОРУ ПРОБ РИБИ ДЛЯ ОЦІНКИ ПИТОМОЇ АКТИВНОСТІ $^{137}\text{Cs}$ , $^{90}\text{Sr}$ І КОЕФІЦІЄНТІВ НАКОПИЧЕННЯ**

Розглянуто завдання оптимізації відбору проб риби для оцінки медіани питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  та коефіцієнтів накопичення для популяцій різних видів риб, які мешкають у водоймі. Отримано оцінки геометричного стандартного відхилення питомої активності цих радіонуклідів (1,2 - 1,9) і коефіцієнтів накопичення

(1,8 - 2,3) для різних риб. Визначено мінімально необхідне число проб для оцінки медіани питомої активності та відповідних коефіцієнтів накопичення  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  з необхідною відносною похибкою. Для набуття медіанного значення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  на момент вилову з відносною похибкою  $\delta = 20\%$  при довірчій імовірності  $p = 0,95$  необхідно відібрати для вимірювання активності 16 - 20 зразків щуки, окуня, судака, краснопірки і білого амура; 10 - 13 зразків сома, ляща, лина, карася, чехоні; 8-9 зразків плоскирки, плітки, коропа (сазана), товстолобика; 5 зразків голованя.

*Ключові слова:*  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , риба, питома активність, коефіцієнти накопичення, Чорнобильська аварія.

**Ю. В. Хомутинин, В. А. Кашпаров**

*Украинский НИИ сельскохозяйственной радиологии*

*Национального университета биоресурсов и природопользования (НУБиП) Украины, Киев*

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ОТБОРА ПРОБ РЫБЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ $^{137}\text{Cs}$ , $^{90}\text{Sr}$ И КОЭФФИЦИЕНТОВ НАКОПЛЕНИЯ**

Рассмотрена задача оптимизации отбора проб для оценки медианы удельной активности и коэффициентов накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  для популяций различных видов рыб, обитающих в водоеме. Получены оценки стандартного геометрического отклонения удельной активности этих радионуклидов (1,2 - 1,9) и коэффициентов накопления (1,8 - 2,3) для различных видов рыб. Определено минимально необходимое число проб для оценки медианы удельной активности и соответствующих коэффициентов накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  с требуемой относительной погрешностью. Для получения медіанного значення удельної активності  $^{137}\text{Cs}$  на момент вылова с относительной погрешностью  $\delta = 20\%$  при доверительной вероятности  $p = 0,95$  необходимо отобрать для измерений активности 16 - 20 образцов щуки, окуня, судака, красноперки и белого амура; 10 - 13 образцов сома, леща, линя, карася, чехони; 8-9 образцов густеры, плотвы, карпа (сазана), толстолобика; 5 образцов голавля.

*Ключевые слова:*  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , рыба, удельная активность, коэффициенты накопления, Чернобыльская авария

**Yu. V. Khomutinin, V. O. Kashparov**

*Ukrainian Institute of Agricultural Radiology of NUBiP of Ukraine, Kyiv*

### **OPTIMIZATION OF FISH SAMPLING PROCEDURE FOR EVALUATING THE SPECIFIC ACTIVITY OF $^{137}\text{Cs}$ , $^{90}\text{Sr}$ AND ACCUMULATION COEFFICIENTS**

Problem of optimization of sampling procedure for evaluating the median of specific activity and accumulation coefficients of the  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  for the populations of different species of fish lived in the pond was observed. Estimates of the geometric standard deviation of the specific activity (1.2 ÷ 1.9) and accumulation coefficients (1.8 ÷ 2.3) of radionuclides for different species of fish were obtained. Minimum number of samples required for evaluating the median of the specific activity and corresponding accumulation coefficients of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  with desired relative error was determined. In order to obtain the median value of the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  with relative error  $\delta = 20\%$  and confidence level of  $p = 0.95$  at the time of harvest the following numbers of fish samples should be selected for the activity measurement: 16 - 20 samples of pike, perch, sunder, rudd and grass carp; 10 - 13 samples of catfish, bream, tench, carassius, pelecus cultratus; 8-9 samples of bream, roach, carp(common carp), bighead carp; and 5 samples of chub.

*Keywords:*  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , fish, specific activity, accumulation coefficients, Chernobyl accident.

REFERENCES

1. Broberg A., Andersson E. Distribution and circulation of Cs-137 in lake ecosystem // The Chernobyl fallout in Sweden. -1991. - P. 151 - 173.
2. Ryabov I.N. Radioecology of ponds fish in the zone of the Chernobyl accident: based on field research. - Moskva: Publishing house of the Association of Scientific Knowledge. - 2004. - 215 p. (Rus)
3. Smith J.T., Kudelsky A.V., Ryabov I.N. et al. Uptake and elimination of radiocesium in fish and the "size effect" // Journal of Environmental Radioactivity. - 2002. - Vol. 62. - P. 145 - 164.
4. Zarubin O.L., Kostyuk V.A., Malyuk I.A., Zalisskij A.A. // Yaderna fizyka ta energetyka (Nucl. Phys. At. Energy). - 2012. - Vol. 13, No. 2. - P. 175 - 181. (Rus)
5. Zarubin O.L. // Hidrobiologicheskij zhurnal. - 2005. - Vol. 41, No. 2. - P. 58 - 72. (Rus)
6. Zarubin O.L., Zalisskij A.A., Kostyuk V.A. et al. // Yaderna fizyka ta energetyka (Nucl. Phys. At. Energy). - 2010. - Vol. 11, No. 2. - P. 191 - 194. (Rus)
7. Kryshev I.I., Sazykina T.G., Ryabov I.N. et al. Model testing using Chernobyl data: II. Assessment of the consequences of the radioactive contamination of the Chernobyl nuclear power plant cooling pond // Health Physics. - 1996. - Vol. 70(1). - P. 13 - 17.
8. Smith J.T., Sasina N.V., Kryshev A.I. et al. A review and blind test of predictive models for the bioaccumulation of radiostrontium in fish // Journal of Environmental Radioactivity. - 2009. - Vol. 100. - P. 950 - 954.
9. Håkanson L. A compilation of empirical data and variations in data concerning radiocesium in water, sediments and fish in European lakes after Chernobyl // Journal of Environmental Radioactivity. - 1999. - Vol. 44. - P. 21 - 42.
10. Oleksyk T.K., Gashchak S.P., Glenn T.C. et al. Frequency distributions of <sup>137</sup>Cs in fish and mammal populations // Journal of Environmental Radioactivity. - 2002. - Vol. 61. - P. 55 - 74.
11. Khomutinin Yu.V., Kashparov V. A., Kuz'menko A.V., Pavlyuchenko V.V. // Radiatsionnaya byologiya. Radioekologiya. - 2013. - Vol. 53, No. 4. - P. 411 - 427. (Rus)
12. Khomutinin Yu.V. // Yaderna fizyka ta energetyka. - 2014. - Vol. 15, No. 4. - P. 389 - 401. (Ukr)
13. Khomutinin Yu.V., Kashparov V.A., Kuzmenko A.V. // Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya. - 2011. - Vol. 51, No. 3. - P. 374 - 384. (Rus)
14. Kendall M., Stuart A. Statistical inference and communication. - Moskva: Nauka, 1973 - 899 p. (Rus)
15. Afifi A. Statistical analysis. The approach of using a computer. - Moskva: Mir, 1992. - 488 p. (Rus)
16. Wentzel E.S., Ovcharov L.A. The theory of random processes and its engineering applications. - Moskva: Nauka, 1991 - 384 p. (Rus)
17. Technogenic radionuclides in freshwater ecosystems / Ed. V. D. Romanenko. - Kyiv: Naukova dumka, 2010. - 263 p. (Ukr)
18. Zarubin O.L., Zalis'kyi O.O. // Chornobyl's'kyi naukovyi visnyk. Byuleten' ekologichnogo stanu zony vidchuzhennya ta zony bezumovnogo (obov'yazkovogo) vidseleennya, - 2010. - No. 2(36). - P. 29 - 34. (Ukr)
19. Radiological consequences of the Chornobyl accident. Project No. 2 // France-German Black and Chornobyl Initiative: Final report. - Kyiv, 2002. (Rus)
20. Belova N.V., Emel'yanova N.G., Makeeva A.P., Ryabov I.N. // Voprosy ikhtiologii. - 2001. - Vol. 41, No. 3. - P. 358 - 367. (Rus)
21. Zarubin O.L., Zalisskij A.A., Belyaev V.V. et al. // Hidrobiologicheskij zhurnal. - 2011. - Vol. 47, No. 5. - P. 97 - 105. (Rus)
22. Kuzmenko M.I., Romanenko V.D., Derevets V.V. et al. Radionuclides in aquatic ecosystems of Ukraine. The impact of radioactive contamination on hidrobiosy of exclusion zone. - Kyiv: Chornobylinterinform, 2001. - 318 p. (Ukr)
23. Belyaev V.V., Volkova E.N., Skiba V.V. // Hidrobiologicheskij zhurnal. - 2011. - Vol. 47, No. 4. - P. 113 - 119. (Rus)
24. Romanenko V.D., Kuzmenko M.I., Yevtushenko N.Y. et al. Radioactive and chemical contamination of the Dnieper river and its reservoirs after the Chornobyl accident. - Kyiv: Nauk. dumka, 1992. - 196 p. (Rus)
25. Zarubin O.L. // Hidrobiologicheskij zhurnal. - 2008. - Vol. 44, No. 1. - P. 91 - 104. (Rus)
26. Gudkov D.I., Kaglyan A.E., Kireev S.I. et al. // Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya. - 2008. - Vol. 48, No. 1. - P. 48 - 58. (Rus)
27. Zarubin O.L. // Hidrobiologicheskij zhurnal. - 2010. - Vol. 46, No. 2. - P. 95 - 107. (Rus)
28. Zibold G., Klemt E. Ecological half-times of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in forest and freshwater ecosystems // Radioprotection. - 2005. - Vol. 40. - P. 497 - 502.
29. Kryshev A.I., Ryabov I.N. // Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya. - 2005. - Vol. 45, No. 3. - P. 338 - 345. (Rus)
30. Iliencko A.I., Krapivko T.P. Animal ecology in the radiation biogeocoenoses. - Moskva: Nauka, 1989 - 224 p. (Rus)
31. Trapeznikova V.N., Trapeznikov A.V. // Voprosy radiatsionnoj bezopasnosti. - 2006. - No. 1. - P. 35 - 57. (Rus)
32. Koulikov A. O., Meili M. Modelling the dynamics of fish contamination by Chernobyl radiocesium: an analytical solution based on potassium mass balance // Journal of Environmental Radioactivity. - 2003. - Vol. 66. - P. 309 - 326.
33. Kryshev A.I. Model reconstruction of <sup>90</sup>Sr concentrations in fish from 16 Ural lakes contaminated by the Kyshtym accident of 1957 // Journal of Environmental Radioactivity. - 2003. - Vol. 64. - P. 67 - 84.