

Н. Є. Зарубіна*

Институт ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

*Відповідальний автор: nataliia.zarubina@gmail.com

**¹³⁷Cs I ⁴⁰K У ХВОЇ І ПАГОНАХ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
НА ТЕРИТОРІЇ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ**

Дослідження змін вмісту ¹³⁷Cs та ⁴⁰K протягом року в рослинності лісових екосистем було проведено на території полігону «Паришів» (зона відчуження ЧАЕС). Як об'єкти дослідження були використані одно- і дворічні хвоя і пагони *P. sylvestris*. Зразки відбиралися з періодичністю 1 раз у 2 тижні протягом 2014 і 2015 рр. У результаті проведених досліджень було встановлено, що величина концентрацій активності ¹³⁷Cs та ⁴⁰K у хвої і пагонах *P. sylvestris* не є постійною, а стрибкоподібно змінюється протягом року. Висловлено припущення, що коливання концентрацій активності цих радіонуклідів у досліджених органах *P. sylvestris* пов'язані з кругообігом їх у ланцюзі «грунт - гриб-симбіотроф - рослина». Коефіцієнти кореляції R в межах 0,5 - 0,68 указують на існування прямого і помірного зв'язку між коливаннями концентрацій активності ⁴⁰K і ¹³⁷Cs у хвої і пагонах *P. sylvestris* протягом року. Імовірно, механізми поглинання та виведення цих радіонуклідів *P. sylvestris* є подібними. Вміст ⁴⁰K в досліджених органах вище, ніж вміст ¹³⁷Cs. Це може бути пов'язано зі здатністю грибною мікоризи утримувати радіоцезій (служити бар'єром) і з виборчою акумуляцією калію рослиною.

Ключові слова: ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, кругообіг, *P. sylvestris*, зона відчуження ЧАЕС.

Н. Е. Зарубина*

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев, Украина

*Ответственный автор: nataliia.zarubina@gmail.com

**¹³⁷Cs II ⁴⁰K В ХВОЕ И ПОБЕГАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
НА ТЕРРИТОРИИ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ**

Исследования изменений содержания ¹³⁷Cs и ⁴⁰K на протяжении года в растительности лесных экосистем были проведены на территории полигона «Парышев» (зона отчуждения ЧАЭС). В качестве объектов исследования были использованы одно- и двухлетние хвоя и побеги *P. sylvestris*. Пробы отбирались с периодичностью 1 раз в две недели на протяжении 2014 и 2015 гг. В результате проведенных исследований было установлено, что величина концентраций активности ¹³⁷Cs и ⁴⁰K в хвое и побегах *P. sylvestris* не является постоянной, а скачкообразно изменяется в течение года. Высказано предположение, что колебания концентраций активности этих радионуклидов в исследованных органах *P. sylvestris* связаны с круговоротом их в цепи «почва – гриб-симбиотроф – растение». Коэффициенты корреляции R в пределах 0,5 - 0,68 указывают на существование прямой и умеренной связи между колебаниями концентраций активности ⁴⁰K и ¹³⁷Cs в хвое и побегах *P. sylvestris* на протяжении года. Вероятно, механизмы поглощения и выведения этих радионуклидов *P. sylvestris* являются сходными. Содержание ⁴⁰K в исследованных органах выше, чем содержание ¹³⁷Cs. Это может быть связано со способностью грибной микоризы удерживать радиоцезий (служить барьером) и избирательной аккумуляцией калия растением.

Ключевые слова: ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, круговорот, *P. sylvestris*, зона отчуждения ЧАЭС.

N. E. Zarubina*

Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

*Corresponding author: nataliia.zarubina@gmail.com

**¹³⁷Cs AND ⁴⁰K IN THE NEEDLES AND BRANCHES OF SCOTCH PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
ON THE TERRITORY OF CHORNOBYL EXCLUSION ZONE**

Changes of the ¹³⁷Cs and ⁴⁰K content during a year in the plants of forest ecosystems were investigated on the territory of the "Paryshev" sampling area (the Chernobyl NPP exclusion zone). One- and two-year-old needles and branches of *P. sylvestris* were used as objects of study. Samples were selected at intervals of 1 time every two weeks during 2014 and 2015. As a result of the research, it was found that the magnitude of the specific activity of ¹³⁷Cs and ⁴⁰K in the needles and branches of *P. sylvestris* is not constant, but leaped during the year. It has been suggested that fluctuations in the concentrations of activity of these radionuclides in the studied organs of *P. sylvestris* are associated with their circulation in the chain "soil - fungus-symbiotroph - plant". The correlation coefficients R within 0.5 - 0.68

indicate the existence of direct and moderate relationship between fluctuations in the concentration of ^{40}K and ^{137}Cs activity in the needles and branches of *P. sylvestris* throughout the year. Probably, the mechanisms of absorption and escape of these radionuclides in *P. sylvestris* are similar. The content of ^{40}K in the researched organs is higher than the content of ^{137}Cs . It can be connected to the ability of the mycorrhiza to hold radiocaesium (to be a barrier) and to the selective accumulation of potassium by the plant.

Keywords: ^{137}Cs , ^{40}K , circulation, *P. sylvestris*, Chernobyl NPP exclusion zone.

REFERENCES

1. V.M. Shestopalov, V.V. Hudzenko, I.P. Onyshchenko. Study of the ratio of Chernobyl and natural radionuclides in the geological environment. In: [Scientific-Practical Conf. "Science. Chernobyl-96". Book of abstracts \(Kyiv, 1997\) p. 32. \(Ukr\)](#)
2. S. Yoshida, Y. Muramatsu. Use of stable elements for predicting radionuclide transport. In: [Contaminated Forests. Recent Developments in Risk Identification and Future Perspectives. Ed. by Igor Linkov and William R. Schell. \(Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999\) p. 41.](#)
3. C. Ronneau et al. Radiocaesium and potassium behaviour in forest trees. [J. Environ. Radioact. 14 \(1991\) 259.](#)
4. A.V. Bogachev. Migration of caesium-137 and potassium in the "soil - plant" system. In: [Facts, Patterns, Hypotheses \(Moskva, 1997\) p. 7 \(Rus\)](#)
5. D. Marčiulionienė, B. Lukšienė, O. Jefanova. Accumulation and translocation peculiarities of ^{137}Cs and ^{40}K in the soil plant system. [J. Environ. Radioact. 150 \(2015\) 86.](#)
6. P.F. Bondar, N.A. Loschilov, N.L. Svidenyuk. Accumulation of radionuclides and stable elements in crop yields. In: [Radiobiological Congress \(Kyiv, Sept. 20 - 25, 1993\). Abstracts. Part I. \(Pushchino, 1993\) p. 131. \(Rus\)](#)
7. N.G. Mitchell, P.J. Coughtrey, J.A. Kirton. Effects of calcium, potassium, rubidium and various fertilizers on radiocaesium transfers in field and experimental conditions. In: [Transfer of Radionuclides in Natural and Semi-Natural Environment. Eds. G. Desmet et al. \(London – New-York: Elsevier Applied Science, 1990\) p. 387.](#)
8. D. Jackson, A.F. Nisbet. The effect of fertilizer treatment, soil, pH and grazing on the transfer of radiocaesium to upland fell vegetation. In: [Transfer of Radionuclides in Natural and Semi-Natural Environment. Eds. G. Desmet et al. \(London – New-York: Elsevier Applied Science, 1990\) p. 395.](#)
9. P.A. Cawse. Influence of organic and inorganic fertilizer on soil to plant transfer of radioactive caesium and K-40 to ryegrass in W. Cambria (post-Chernobyl). In: [Transfer of Radionuclides in Natural and Semi-Natural Environment. Eds. G. Desmet et al. \(London – New-York: Elsevier Applied Science, 1990\) p. 411.](#)
10. K. Rosén, M. Vinichuk. Potassium fertilization and ^{137}Cs transfer from soil to grass and barley in Sweden after the Chernobyl fallout. [J. Environ. Radioact. 130 \(2014\) 22.](#)
11. M. Greger. Uptake of nuclides by plants. [Technical Report TR-04-14 \(2004\) 71 p.](#)
12. V. Gyuricza, H.D. de Boulois, S. Declerck. Effect of potassium and phosphorus on the transport of radio caesium by arbuscular mycorrhizal fungi. [J. Environ. Radioact. 101 \(2010\) 482.](#)
13. M. Vinichuk et al. Correlations between potassium, rubidium and caesium (^{133}Cs and ^{137}Cs) in sporocarps of *Suillus variegatus* in a Swedish boreal forest. [J. Environ. Radioact. 102 \(2011\) 386.](#)
14. S.S. Ismail. Distribution of Na, K, Rb, Cs, and ^{137}Cs in some Austrian higher fungi. [Biol. Trace Elem. Res. 43-45 \(1994\) 707.](#)
15. S. Yoshida, Y. Muramatsu. Concentration of alkali and alkaline earth elements in mushrooms and plants collected in a Japanese pine forest, and their relationship with ^{137}Cs . [J. Environ. Radioact. 41\(2\) \(1998\) 183.](#)
16. M. Vinichuk et al. Accumulation of potassium, rubidium and caesium (^{133}Cs and ^{137}Cs) in various fractions of soil and fungi in a Swedish forest. [Sci. Total Environ. 408 \(2010\) 2543.](#)
17. M.M. Vinichuk, K.J. Johanson. Accumulation of ^{137}Cs by fungal mycelium in forest ecosystems of Ukraine. [J. Environ. Radioact. 64 \(2003\) 27.](#)
18. A. Baeza et al. Radiocaesium and natural gamma emitters in mushrooms collected in Spain. [Sci. Total Environ. 318 \(2004\) 59.](#)
19. N.Ye. Zarubina, O.L. Zarubin. Seasonal variation in the content of ^{137}Cs in different objects of forest ecosystems in Chernobyl exclusion zone. [Yaderna Fizyka ta Energetyka \(Nucl. Phys. At. Energy\) 19\(1\) \(2018\) 48. \(Rus\)](#)
20. P.S. Pogrebnyak. *Fundamentals of Forest Typology* (Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 1955) 456 p. (Rus)
21. The project of the organization and development of forestry of the State Specialized Enterprise «PIVNICHNA PUSHCHA» (Irpın: Ukranian State Forest Project Administration, 2017) p. 119 (Ukr)
22. N.P. Anuchin. *Forest Taxation* (Moscow: Lesnaya Promyshlennost', 1982) 552 p. (Rus)
23. Trial forest management areas. Method of laying: SOU 02.02-37-476: 2006. [Effective from 2007-01-05] (Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2006) 32 p. (Ukr)
24. [Eu.P. Odum. Fundamentals of Ecology \(Philadelphia - London - Toronto, 1971\) 532 p.](#)
25. E. Libbert. *Plant Physiology* (Moscow: Mir, 1976) 580 p. (Rus)
26. P.-J. White, M.R. Broadley. Mechanisms of caesium uptake by plants. [New Phytol. 147 \(2000\) 241.](#)
27. P.D. Kramer, T.T. Kozlovsky. *Physiology of Woody Plants* (Moscow: Lesnaya Promyshlennost', 1983) 464 p. (Rus)

28. J. Dighton, G.M. Terry. Uptake and immobilization of caesium in UK grassland and forest soils by fungi, following the Chernobyl accident. In: *Fungi and Environmental Change*. Eds. J.C. Frankland, N. Magan, G.M. Gadd (Cambridge: Cambridge University Press, 1996) p. 184.
29. O. Guillitte, A. Fraiture, J. Lambinon. In: *Transfer of Radionuclides in Natural and Semi-Natural Environment*. Eds. G. Desmet et al. (London – New-York: Elsevier Applied Science, 1990) p. 468.
30. S. Yoshida, Y. Muramatsu, M. Ogawa. Radiocaesium concentrations in mushrooms collected in Japan. *J. Environ. Radioact.* 22 (1994) 141.
31. Y. Muramatsu, S. Yoshida, M. Sumjya. Concentration of radiocaesium and potassium in basidiomycetes collected in Japan. *Sci. Total Environ.* 105 (1991) 29.
32. V.N. Fedorov. Accumulation of radionuclides by fungi in areas of radioactive contamination. In: *Radioactive Contamination of the Vegetation of Belarus*. Eds. V.I. Parfenov, B.I. Yakushev (Minsk: Navuka i tekhnika, 1995) p. 190. (Rus)
33. V.V. Trukhonovets, V.I. Fomina, A.N. Perevolotsky. The content of Cs-137 in the fruit bodies of some wood-destroying fungi. In: Abstracts of the Int. Sci. Conf. “Fundamental and Applied Aspects of Radiobiology: Biological Effects of Low Doses and Radioactive Pollution of the Environment” (Minsk, 1998) p. 247. (Rus)
34. *Forest. Person. Chernobyl. Forest Ecosystems after the Accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant: State, Forecast, Population Response, Ways of Rehabilitation*. Ed. V.A. Ipatiev (Gomel: Forestry Institute of the National Academy of Sciences of Belarus, 1999) 452 p. (Rus)
35. K. Johanson et al. Activity Concentrations of ¹³⁷Cs in Moose and Their Forage Plants in Mid-Sweden. *J. Environ. Radioact.* 22 (1994) 251.

Надійшла 16.01.2019

Received 16.01.2019