

С. Левчук*, В. Кашпаров, В. Морозова, В. Павлюченко

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

*Відповідальний автор: levchuk.s@nubip.edu.ua

ВИКОРИСТАННЯ СТАБІЛЬНИХ Cs ТА Sr ДЛЯ ОЦІНКИ КОЕФІЦІЄНТІВ НАКОПИЧЕННЯ ЇХ РАДІОАКТИВНИХ ІЗОТОПІВ У РОСЛИННОСТІ

Коефіцієнти накопичення радіонуклідів у рослинності є основними параметрами для моделювання переносу радіонуклідів у навколишньому середовищі та для оцінки ризику для людей і живої природи. Однак для багатьох комбінацій ґрунтових умов, видів рослин (продукції) та радіонуклідів така інформація обмежена. При відсутності інформації щодо радіоактивних ізотопів досить поширеним підходом є використання коефіцієнтів накопичення їх стабільних елементів. Постає питання правомірності такого підходу. Для вирішення цього питання було проведено роботи по встановленню зв'язку між коефіцієнтами накопичення радіонуклідів (^{137}Cs і ^{90}Sr) та їх стабільних ізотопів. Дослідженням охоплено домінуючі типи ґрунтів Українського Полісся та основні культури, які на них вирощуються. Показано, що коефіцієнти накопичення стабільних цезію та стронцію, розраховані за їх валовим вмістом у ґрунті, значно нижчі відповідних коефіцієнтів для їх радіоактивних ізотопів і не можуть бути використані для оцінки відповідних коефіцієнтів накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr . Використання таких оцінок може призвести до суттєвого заниження коефіцієнтів накопичення радіонуклідів, оцінок радіоактивного забруднення продуктів харчування, а відповідно і доз опромінення людини. Установлено, що за відсутності інформації щодо біологічної доступності ^{90}Sr коефіцієнти накопичення стабільного стронцію для продуктивних органів рослин, розраховані для обмінної або кислото-розчинної фракції цього елемента в ґрунті, можуть бути використані для оцінки відповідних коефіцієнтів накопичення радіостронцію. Для консервативної оцінки рекомендується використовувати коефіцієнти накопичення обмінної фракції стабільного стронцію.

Ключові слова: коефіцієнт накопичення, рослини, цезій, стронцій.

S. Levchuk*, V. Kashparov, V. Morozova, V. Pavliuchenko

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

*Corresponding author: levchuk.s@nubip.edu.ua

THE USE OF STABLE Cs AND Sr AS PROXIES FOR THE ESTIMATION OF RADIONUCLIDE SOIL-PLANT TRANSFER FACTORS

Transfer factors are key inputs for modelling the transport of radionuclides in the environment and for assessment of risk to humans and wildlife. However, for many combinations of soil conditions, plant species (products), and radionuclides, such information is limited. The use of the transfer factors of stable elements in the absence of information on their radioactive isotopes is quite common. The question of the legality of such an approach arises. For this purpose, work was carried out to establish the relationship between the accumulation coefficients of radionuclides (^{137}Cs and ^{90}Sr) and their stable isotopes. The research covered the dominant soil types of the Ukrainian Polissia and the main crops. It is shown that the transfer factors of stable cesium and strontium, calculated from their total content in the soil, are significantly lower than the corresponding coefficients for their radioactive isotopes and cannot be used to estimate the corresponding transfer factors of radioisotopes. The use of such estimates can lead to a significant underestimation of the transfer factors of radionuclides and, accordingly, human exposure doses. In the absence of information on the bioavailability of ^{90}Sr , the transfer factors of stable strontium for productive organs of plants, calculated for the exchangeable or acid-soluble fractions of the element in soil, can be used to estimate the corresponding transfer factors of radiostrontium. For a conservative estimate, it is recommended to use the transfer factors of the exchangeable fraction of stable strontium.

Keywords: transfer factor, plants, cesium, strontium.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. I. Labunska et al. Current radiological situation in areas of Ukraine contaminated by the Chernobyl accident: Part 1. Human dietary exposure to Caesium-137 and possible mitigation measures. *Environment International* 117 (2018) 250.
2. E. Kashparova et al. A dose rate causes no fluctuating asymmetry indexes changes in silver birch (*Betula pendula* (L.) Roth.) leaves and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles in the Chernobyl Exclusion Zone. *J. Environ. Radioact.* 211 (2020) 105731.

3. IAEA-TECDOC-1616. *Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments* (Vienna: IAEA, 2009) 622 p.
4. *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.
5. *Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer to Wildlife*. Technical Reports Series No. 479 (Vienna: IAEA, 2014) 228 p.
6. H. Thørring et al. *Tjøtta – ICRP Reference Site in Norway*. Summary report for the TRAP project. StrålevernRapport 2016:9 (Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2016) 154 p.
7. J. Guillén et al. Transfer of radionuclides and stable elements to foodstuffs in Mediterranean ecosystems. *J. Environ. Radioact.* 223-224 (2020) 106379.
8. S. Uchida, K. Tagami. Soil-to-plant transfer factors of fallout ^{137}Cs and native ^{133}Cs in various crops collected in Japan. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 273 (2007) 205.
9. C.L. Barnett et al. Transfer parameters for ICRP reference animals and plants collected from a forest ecosystem. *Radiat. Environ. Biophys.* 53 (2014) 125.
10. C.L. Barnett et al. Element and radionuclide concentrations in soils and wildlife from forests in north-eastern England with a focus on species representative of the ICRP's Reference Animals and Plants. *Earth Syst. Sci. Data* 12 (2020) 3021.
11. N.A. Beresford et al. Radionuclide transfer to wildlife at a 'Reference site' in the Chernobyl Exclusion Zone and resultant radiation exposures. *J. Environ. Radioact.* 211 (2020) 105661.
12. J. Guillén et al. Can stable elements (Cs and Sr) be used as proxies for the estimation of radionuclide soil-plant transfer factors? *Environmental Pollution* 299 (2022) 118897.
13. V. Kashparov et al. Environmental behaviour of radioactive particles from Chernobyl. *J. Environ. Radioact.* 208-209 (2019) 106025.
14. Якість ґрунту. Методи відбору проб ґрунту для радіаційного контролю. СОУ 74.14-37-425:2006 (Київ: Міністерство аграрної політики України, 2006) 15 с. / Soil quality. Methods of soil sampling for radiation control. Standard of Organization of Ukraine 74.14-37-425:2006 (Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2006) 15 p. (Ukr)
15. СОУ 74.14-37-424:2006. Якість ґрунту. Визначення щільності забруднення території сільсько-господарських угідь радіонуклідами техногенного походження (Київ: Міністерство аграрної політики України, 2006) 12 с. / Standard of Organization of Ukraine 74.14-37-424:2006. Soil quality. Determination of the terrestrial density of contamination of agricultural land with technogenic radionuclides (Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2006) 12 p. (Ukr)
16. Якість продукції рослинництва. Методи відбору проб для радіаційного контролю. СОУ 01.1-37-426:2006 (Київ: Міністерство аграрної політики України, 2006) 19 с. / The quality of crop production. Sampling methods for radiation control. Standard of Organization of Ukraine 01.1-37-426:2006 (Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 2006) 19 p. (Ukr)
17. Yu. Khomutinin et al. Optimising sampling strategies for emergency response: Soil sampling. *J. Environ. Radioact.* 222 (2020) 106344.
18. Yu. Khomutinin et al. Optimising sampling strategies for emergency response: Vegetation sampling. *J. Environ. Radioact.* 233 (2021) 106605.
19. ASTM E181-10 Standard Test Methods for Detector Calibration and Analysis of Radionuclides (ASTM International, 2010) 10 p.
20. Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 5: Measurement of strontium 90. ISO 18589-5:2009 (International ISO Standard, 2009).
21. В.О. Кашпаров та ін. Зонування територій радіоактивного забруднення після Чорнобильської аварії. *Ядерна фізика та енергетика* 23(3) (2022) 182. / V.O. Kashparov et al. Zoning of radioactively contaminated territories after the Chernobyl accident. *Nucl. Phys. At. Energy* 23(3) (2022) 182. (Ukr)
22. Державні гігієнічні нормативи. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді. ГН 6.6.1.1-130-2006 (Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 2006). / State Hygiene Standards. Permissible levels of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides in food and drinking water. Hygiene Standard 6.6.1.1-130-2006 (Kyiv: Ministry of Health of Ukraine, 2006).
23. С.Є. Левчук, М.М. Лазарев, В.В. Павлюченко. Сучасний стан із забрудненням ^{137}Cs молока корів у північних регіонах України. *Ядерна фізика та енергетика* 17(1) (2016) 99. / S.E. Levchuk, M.M. Lazarev, V.V. Pavliuchenko. Current state of ^{137}Cs contamination of cow milk in the northern regions of Ukraine. *Nucl. Phys. At. Energy* 17(1) (2016) 69. (Ukr)
24. V.A. Kashparov et al. Territory contamination with the radionuclides representing the fuel component of Chernobyl fallout. *Science of the Total Environment* 317(1-3) (2003) 105.
25. I. Labunska et al. Current radiological situation in areas of Ukraine contaminated by the Chernobyl accident: Part 2. Strontium-90 transfer to culinary grains and forest woods from soils of Ivankiv district. *Environment International* 146 (2021) 106282.
26. IAEA, STI/PUB/1239. *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: International Atomic Energy Agency, 2006) 180 p.

27. Atlas. Ukraine. Radioactive contamination (Kyiv: Intelligence Systems GEO, 2014) 46 p.
28. J.T. Smith, N.A. Beresford. *Chernobyl – Catastrophe and Consequences* (Berlin, Heidelberg, Springer, 2005) 310 p.
29. A. Kabata-Pendias. *Trace Elements in Soils and Plants*. 3rd edn. (Boca Raton: CRC Press, 2000) 403 p.
30. M.L. Jackson. *Soil Chemical Analysis: Advanced Course: a Manual of Methods Useful for Instruction and Research in Soil Chemistry, Physical Chemistry of Soils, Soil Fertility, and Soil Genesis* (UW-Madison Libraries Parallel Press, 2005) 930 p.
31. V.A. Kashparov et al. Kinetics of fuel particle weathering and ^{90}Sr mobility in the Chernobyl 30-km exclusion zone. *Health Physics* 76(3) (1999) 251.
32. H. Marschner. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd edn. (London: Academic Press, 1995) 889 p.
33. В.О. Кашпаров та ін. Комплексний моніторинг забруднення сільськогосподарської продукції ^{90}Sr . Вісник аграрної науки. Спецвипуск, 2001. / V.O. Kashparov et al. Comprehensive monitoring of contamination of agricultural products with ^{90}Sr . Bulletin of Agricultural Science. Special issue, 2001. (Ukr)

Надійшла / Received 24.10.2024