

О. М. Волкова¹, В. В. Беляєв^{1*}, С. П. Пришляк¹, В. В. Скиба²

¹ Інститут гідробіології НАН України, Київ, Україна

² Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Київська обл., Україна

*Відповідальний автор: belyaev-vv@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОНУКЛІДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯНО-ВОДНИХ РОСЛИН ПРИ АВАРІЙНОМУ ЗАБРУДНЕННІ РИБОГОСПОДАРСЬКИХ ВОДОЙМ

За допомогою камерних моделей динаміки ^{90}Sr , $^{103,106}\text{Ru}$, $^{134,137}\text{Cs}$, $^{141,144}\text{Ce}$ у водних масах та рослинах оцінювали ефективність вилучення надземних органів повітряно-водних рослин після разового аварійного надходження радіоактивних випадінь до рибогосподарських водойм з різним ступенем заростання. Розрахунки виконували для п'яти моментів часу гіпотетичних випадінь, які обрали з урахуванням домінуючих механізмів надходження радіонуклідів до рослин та стадії розвитку фітомаси. Найбільш ефективним для дезактивації водойм буде вилучення надземних органів рослин упродовж 1–3 діб після випадінь (до 40 % кожного радіонукліда, що надійшли до екосистеми) за умов забруднення екосистеми з 1 липня до 1 вересня, тобто у період формування максимальної надземної фітомаси. З плином часу активність радіонуклідів, зосереджених у надземних органах, буде швидко зменшуватися, і видалення рослин через 10 діб після випадінь дасть змогу вилучити з екосистеми не більше, ніж 17 % $^{103,106}\text{Ru}$, близько 20 % ^{90}Sr і $^{134,137}\text{Cs}$ та 27 % $^{141,144}\text{Ce}$; через 30 діб – відповідно не більше, ніж 7, 10 та 24 % від загальної кількості зазначених радіонуклідів.

Ключові слова: моделювання, рибогосподарські водойми, радіонукліди, повітряно-водні рослини, фітодезактивація.

О. М. Volkova¹, V. V. Belyaev^{1*}, S. P. Pryshlyak¹, V. V. Skyba²

¹ Institute of Hydrobiology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Kyiv region, Ukraine

*Corresponding author: belyaev-vv@ukr.net

MODELING RADIONUCLIDE ACTIVITY IN HELOPHYTES DURING EMERGENCY CONTAMINATION OF FISHERY RESERVOIRS

Using chamber models of the dynamics of ^{90}Sr , $^{103,106}\text{Ru}$, $^{134,137}\text{Cs}$, $^{141,144}\text{Ce}$ in water masses and plants, the efficiency of extraction of aboveground organs of HELOPHYTES after a single emergency entry of radioactive fallout into fishery reservoirs with varying degrees of overgrowth was assessed. Calculations were performed for 5 hypothetical precipitation time points, which were selected taking into account the routes of radionuclides entering plants and the stage of phytomass development.

The most effective method for decontamination of water bodies will be the removal of aboveground plant organs within 1–3 days after the fallout (up to 40 % of each radionuclide that entered the ecosystem) under conditions of ecosystem contamination from July 1 to September 1, i.e., during the period of formation of maximum aboveground phytomass. Over time, the activity of radionuclides concentrated in aboveground organs will rapidly decrease and the removal of plants 10 days after the fallout will allow the removal from the ecosystem of no more than 17 % of $^{103,106}\text{Ru}$, about 20 % of ^{90}Sr and $^{134,137}\text{Cs}$, and 27 % of $^{141,144}\text{Ce}$, after 30 days – no more than 7, 10 and 24 % of the total amount of these radionuclides, respectively.

Keywords: modeling, fishery reservoirs, radionuclides, helophytes, phytodeactivation.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. М.В. Гринжєвський. *Аквакультура України* (Львів: Вільна Україна, 1998) 365 с. / M.V. Hrynzhhevskiy. *Aquaculture of Ukraine* (Lviv: Vilna Ukraine, 1998) 365 p. (Ukr)
2. Ю.А. Томілін, Л.І. Григор'єва. *Радіонукліди у водних екосистемах південного регіону України: міграція, розподіл, накопичення, доза опромінення людини і контрзаходи* (Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2008) 260 с. / Yu.A. Tomilin, L.I. Hryhorieva. *Radionuclides in Aquatic Ecosystems of the Southern Region of Ukraine: Migration, Distribution, Accumulation, Human Radiation Dose, and Countermeasures* (Mykolaiv: Publishing House of Petro Mohyla Mykolaiv State University, 2008) 260 p. (Ukr)
3. О.М. Міхеєв та ін. *Використання гідрофітних систем для відновлення якості забруднених вод* (Київ: Центр учбової літератури, 2018) 171 с. / O.M. Mikheiev et al. *Use of Hydrophyte Systems for Restoration of Polluted Water Quality* (Kyiv: Center of Educational Literature, 2018) 171 p. (Ukr)
4. И.М. Шерман, А.К. Чижик. *Прудовое рыбоводство*. Учеб. пособие (Симферополь: Таврия, 1985) 208 с. / I. M. Sherman, A.K. Chyzyk. *Pond Fish Farming*. A textbook (Simferopol: Tavriya, 1985) 208 p. (Rus)

5. В.Д. Романенко и др. *Радиоактивное и химическое загрязнение Днепра и его водохранилищ после аварии на Чернобыльской АЭС* (Киев: Наук. думка, 1992) 194 с. / V.D. Romanenko et al. *Radioactive and Chemical Contamination of the Dnieper River and its Reservoirs after the Accident at the Chornobyl Nuclear Power Plant* (Kyiv: Naukova Dumka, 1992) 194 p. (Rus)
6. А.В. Яцик та ін. *Малі річки України. Довідник*. За ред. А.В. Яцика (Київ: Урожай, 1991) 296 с. / A.V. Yatsyk et al. *Small Rivers of Ukraine. A handbook*. A.V. Yatsyk (Ed.) (Kyiv: Urozhay, 1991) 296 p. (Ukr)
7. И.И. Крышев, Т.Г. Сазыкина. *Математическое моделирование миграции радионуклидов в водных экосистемах* (Москва: Энергоатомиздат, 1986) 152 с. / I.I. Kryshev, T.G. Sazykina. *Mathematical Modeling of Radionuclide Migration in Aquatic Ecosystems* (Moskva: Energoatomizdat, 1986) 152 p. (Rus)
8. В.Н. Егоров. Динамические закономерности радиохимических процессов в морской среде. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук (Киев, 1987) 33 с. / V.N. Egorov. Dynamic Patterns of Radio-Chemicoecological Processes in the Marine Environment. Thesis abstract for the degree of Doctor of Sciences in Biology (Kyiv, 1987) 33 p. (Rus)
9. В.В. Беляев. Накопичення та виведення цезію-137 з організму гідробіонтів. Автореф. дис. ... канд. біол. наук (Київ, 2001) 18 с. / V.V. Belyaev. Accumulation and Elimination of Cesium-137 from the Bodies of Hydrobionts. Thesis abstract for the degree of Candidate of Sciences in Biology (Kyiv, 2001) 18 p. (Ukr)
10. О.М. Волкова. Техногенні радіонукліди у гідробіонтах водойм різного типу. Дис. ... д-ра біол. наук (Київ, 2008) 348 с. / O.M. Volkova. Technogenic Radionuclides in Hydrobionts of Water Bodies of Different Types. Thesis for the degree of Doctor of Sciences in Biology (Kyiv, 2008) 348 p. (Ukr)
11. Р.В. Беженар. Інформаційні технології моделювання забруднення водних екосистем для комп'ютерної підтримки рішень з радіаційної безпеки. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук (Київ, 2020) 40 с. / R.V. Bezhenar. Information Technologies for Modeling Pollution of Aquatic Ecosystems for Computer-Based Decision Support in Radiation Safety. Thesis abstract for the degree of Doctor of Sciences in Biology (Kyiv, 2020) 40 p. (Ukr)
12. A. Konoplev et al. (Eds.) *Behavior of Radionuclides in the Environment II. Chernobyl* (Singapore, Springer, 2020) 443 p.
13. В.В. Беляев та ін. Моделювання динаміки формування радіоактивності водних рослин. *Ядерна енергетика та довкілля* 1(5) (2015) 44. / V.V. Belyaev et al. Modeling of forming radioactivity dynamics of higher aquatic plants. *Nucl. Power Environ.* 1(5) (2015) 44. (Ukr)
14. В.В. Беляев, О.М. Волкова. Моделирование процессов самоочищения водных масс от радиоактивных веществ. *Ядерная энергетика та довкілля* 1(3) (2014) 34. / V.V. Belyaev, E.N. Volkova. Modeling of processes of water masses autoripurification from radioactive substances. *Nucl. Power Environ.* 1(3) (2014) 34. (Rus)
15. О.М. Волкова та ін. Моделювання поведінки радіонуклідів в озерних екосистемах. У кн.: *Національні природні парки – минуле, сьогодення, майбутнє*. Мат. міжнар. наук.-практ. конф. до 30-річчя створ. Шацького нац. природ. парку, Світязь, 23–25 квітня 2014 року (Київ: ЦП “КОМПРИНТ”, 2014) с. 146. / O.M. Volkova et al. *Modeling the Behavior of Radionuclides in Lake Ecosystems*. In: *National Nature Parks – Past, Present, Future*. Proc. Int. Sci.-Prac. Conf. on the 30th Anniv. of the Shatsky Nat. Nature Park, Svitiyaz, April 23–25, 2014 (Kyiv: CP “KOMPRINT”, 2014) p. 146. (Ukr)
16. V.V. Belyaev et al. Radiation dose reconstruction for higher aquatic plants and fish in Glyboke Lake during the early phase of the Chernobyl accident. *J. Environ. Radioact.* 263 (2023) 107169.
17. В.В. Беляев. Реконструкція поглиненої дози іонізуючого випромінювання повітряно-водних рослин у водоймах ближньої зони аварії на Чорнобильській АЕС. *Ядерна фізика та енергетика* 21(4) (2020) 338. / V.V. Belyaev et al. Reconstruction of the absorbed dose of ionizing radiation for helophytes in the water bodies of the near emergency zone at the Chornobyl NPP. *Nucl. Phys. At. Energy* 21(4) (2020) 338. (Ukr)
18. Е.А. Тимофеева-Ресовская *Распределение радиоизотопов по основным компонентам пресноводных водоемов* (Свердловск: УФАН СССР, 1963) 78 с. / E.A. Timofeeva-Resovskaya. *Distribution of Radioisotopes among the Main Components of Freshwater Bodies* (Sverdlovsk: UFAN USSR, 1963) 78 p. (Rus)

Надійшла / Received 18.09.2025