

5. Yaskovets' I.I., Prokopenko L.A., Raychuk L.A. (2009). *Prohnozuvannya povedinky ^{137}Cs u lisovykh ekosystemakh za dopomohoyu matematychnoho modelyuvannya* [Predicting the behavior of ^{137}Cs in forest ecosystems using mathematical modeling]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu biorekursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy* [Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine]. Kyiv, iss. 134, part. 1, pp. 214–222 (in Ukrainian).
6. Zubets M.V., Prister B.S., Aleksakhin R.M. (2011). *Aktualnye problemy i zadachi nauchnogo soprovozhdeniya proizvodstva sel'skokhozyaystvennoy produktsii v zone radioaktivnogo zagrязneniya ChAES* [Current problems and challenges of scientific support of agricultural production in the area of radioactive contamination Chernobyl nuclear power plant]. *Agroekologichnyy zhurnal* [Agroecological journal]. No. 1, pp. 5–20 (in Russian).
7. Hiriу V.A., Zayitov V.P., Onyshchuk V.A., Yaskovets' I.I. (1999). *Ekomodel': dynamichna model' dlya radioekolohichnoyi sytuatsiyi* [Eco model: dynamic model for Radiological situation]. *Ahroekolohiya y biotekhnolohiya* [Agroecology and biotechnology]. Iss. 3, pp. 25–34 (in Ukrainian).
8. Harher Ye.K., Hiriу V.A., Yaskovets' I.I. (1998). *Volyns'kyу fenomen: fakty, analiz, prychny* [Volyn phenomenon: facts, analysis, reason]. Proceedings of the Nauka. *Chornobyl'-97: Zb. dop. nauk.-prakt. konf.* (11.02.1998). Kyiv, pp. 129–137 (in Ukrainian).
9. Furdychko O.I., Kuchma M.D. (2008). *Reabilitatsiya – stratehichnyy napryam upravlinnya radioaktyvno zabrudnenyamy terytoriyamy* [Rehabilitation – strategic management direction contaminated areas]. *Ahroekolohichnyy zhurnal* [Agroecological journal]. No. 1, pp. 5–12 (in Ukrainian).

УДК 54-78/06

РАДІОЕКОЛОГІЧНА ТА ТОКСИКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДИ РІЧКИ УЖ

І.В. Шумигай

Інститут агроекології і природокористування НААН

Гідросфера є одним із основних резервуарів, куди в кінцевому результаті надходять штучні радіонукліди, що утворюються під час ядерних вибухів та у процесі експлуатації атомних електростанцій. Радіоактивні елементи потрапляють у поверхневі водоймища внаслідок скидання у їх води радіоактивних відходів, поховання відходів на дни тощо. Внаслідок аварій на атомних електростанціях, зокрема на ЧАЕС, значний внесок у формування радіоактивності викидів здійснюють «довгоживучі» радіонукліди — ^{90}Sr і ^{137}Cs . Визначено концентрацію цих штучних радіонуклідів у водах р. Уж на території Київської обл. та їх небезпеку для іхтіофауни. Встановлено, що ^{137}Cs та ^{90}Sr містяться у воді здебільшого в розчиненому вигляді. Також переважна кількість радіонуклідів у екосистемі концентрується в донних відкладах. Виявлено, що для процесів очищення вод від радіонуклідів значну роль відіграють ями-настки забрудненого мулу.

Ключові слова: *Чорнобильська катастрофа, радіоактивне забруднення, радіонукліди, поверхневі води, іхтіофауна, очищення.*

У другій половині ХХ ст. на фоні постійно зростаючого антропогенного навантаження на довкілля спостерігається загроза нового чинника забруднення навколишнього природного середовища — виходу з-під контролю людини продуктів радіоактивного розпаду.

В останнє півстоліття кожен житель планети зазнав опромінення від радіоак-

тивних опадів, що утворилися внаслідок ядерних вибухів. За всю історію існування людства аварія на Чорнобильській АЕС, що сталася 26 квітня 1986 р., спричинила радіоактивне забруднення великих територій як Східної, так і значної частини Західної Європи. Масштаби наслідків цієї катастрофи для України, Республіки Білорусь та Російської Федерації — 145 тис. км² забрудненої території.

Звісно, трагедія Чорнобильської аварії не зводиться тільки до просторового розподілу зон радіоактивного забруднення. Радіоактивні речовини дедалі більше розповсюджуються ланцюгом: «грунт – рослина – тварина – людина». Також одним із чинників розповсюдження радіонуклідів є ерозія ґрунту під впливом вітру, лісові пожежі, а також сільськогосподарське використання земель і міграція радіонуклідів у річкових водах [1–3].

Водна оболонка біосфери є найважливішим депо надходження і захоронення природних і штучних радіонуклідів. Під час осідання радіонуклідів з атмосфери значна їх частина потрапляє на дзеркало води.

Так, найбільшого радіонуклідного забруднення зазнали водні об'єкти басейну Дніпра, оскільки у перші дні після аварії радіонукліди потрапляли у водостоки внаслідок прямих скидів забруднених радіонуклідами водних мас атомної електростанції або з атмосферними опадами із радіоактивних хмар. А згодом надходження радіонуклідів у водотоки басейну Дніпра продовжилося внаслідок танення снігу та його змиву з водозбірних площ.

Як відомо, вміст у воді навіть незначних концентрацій радіонуклідів спричиняє її радіоактивне забруднення, що становить небезпеку для довкілля. Найбільш небезпечними є радіонукліди з тривалим періодом розпаду, що мають підвищену здатність до переміщення у воді, зокрема ^{90}Sr , ^{235}U , ^{226}Rd та ^{137}Cs .

Нині виявлено тенденцію до зниження радіоактивного забруднення водних екосистем унаслідок розпаду «короткоживучих» радіонуклідів та переходу значної їхньої кількості у донні відклади [4–7].

Тому метою роботи було вивчити динаміку, встановити закономірності та особливості накопичення ^{90}Sr , ^{137}Cs у воді та гідробіонтах, зокрема промислових видах риб малих річок. Адже під час вивчення радіоекологічної ситуації у 30-км зоні ЧАЕС, упродовж усього післяаварійного періоду, дослідженню малих річок уваги приділялося мало через масштабність трагедії. Це стосується і р. Уж — однієї з південно-схід-

них приток р. Прип'ять, яку було обрано для модельного водозбору.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження абіотичних компонентів р. Уж у межах радіаційної зони Київської обл. були проведені у різні сезони впродовж 2015 р.

Визначення питомої радіоактивності води здійснювали загальноприйнятими гамма-спектрометричними та радіохімічними методами.

Дозиметр «Прип'ять» має найширшу сферу використання, оскільки під час проведення радіоекологічного контролю надає одночасну можливість вимірювати як γ - та β -випромінювання, так і рівень радіоактивного забруднення довкілля. Саме тому з використанням цього дозиметра був проведений радіоекологічний контроль досліджуваної річки [8].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Радіоактивність води річок — величина непостійна, яка залежить від сезонних змін режиму стоку і характеру живлення. У період весняної повені радіоактивність води знижується, але з першою талою водою, до якої потрапляють усі радіоактивні речовини, що випали на поверхню ґрунту взимку, а також із дощовою водою в річку надходить значна кількість ^{90}Sr та ^{137}Cs , що спричиняє різке короткочасне підвищення радіоактивності її вод.

Можемо констатувати, що за досліджуваний період концентрація ^{90}Sr та ^{137}Cs у воді р. Уж мала в середньому незначні зміни (таблиця).

Результати численних експериментальних досліджень [9, 10] свідчать, що у післяаварійний період скидів рідких радіоактивних відходів (РРВ) у р. Уж заболочені ділянки берегів інтенсивно затримували (сорбували) їх активність, виконуючи роль своєрідного природного фільтра. У подальшому заболочена заплава була основним джерелом вторинного забруднення води річки внаслідок процесів десорбції (для ^{90}Sr) і водної ерозії (для ^{137}Cs). Так, у проконтрольованих створах вод р. Уж

Результати радіологічного моніторингу р. Уж на вміст радіонуклідів

Об'єкт дослідження	Період дослідження	^{137}Cs (Бк/л)		^{90}Sr (Бк/л)	
		ДР-2006	фактично	ДР-2006	фактично
р. Уж (вода)	21.02.2015 р.	2,0	0,005	4,0	0,019
	16.05.2015 р.		0,005		0,012
	22.08.2015 р.		0,006		0,008
	07.11.2015 р.		0,006		0,007
Середнє значення			0,006		0,016

(кін. ХХ – поч. ХХІ ст.) максимальний вміст радіонуклідів становив: ^{90}Sr – 0,30 Бк/дм³, ^{137}Cs – 0,11 Бк/дм³, що свідчить про збільшення забрудненості басейну радіонуклідами порівняно з минулими роками.

Упродовж 2015 р. у воді відбувалося інтенсивне зниження концентрації ^{137}Cs . Цьому сприяли процеси розбавлення вод, а також седиментації. Поряд із тим рівні концентрації ^{90}Sr дніпровської водної системи зменшуються з віддаленням від зони ЧАЕС усього вдвічі, переважно внаслідок розбавлення чистими притоками.

Загалом, концентрація у водоймах радіонуклідів визначається багатьма чинниками, але головними є фізико-хімічний стан радіонуклідних випадін та їх розчинність. Однак подальше існування радіонуклідів у водних екосистемах є доволі складним, оскільки визначається впливом значної кількості фізичних, а також біологічних чинників. Деякі з них впливають на розсіювання радіонуклідів у водоймі, інші – зумовлюють концентрацію в певних її компонентах. Так, унаслідок катастрофи на ЧАЕС значного забруднення радіонуклідами зазнали річки, що мають рибогосподарське значення. Щодо останніх, концентрація радіонуклідів спостерігається переважно у донних відкладах, рівень забруднення яких сягає 1 млн Бк/м³ мулу. Оскільки іхтіофауна у природних умовах харчується на дні водойм, то рівень її забруднення також є дуже високим.

Нами було досліджено два види іхтіофауни басейну р. Дніпро (Київська обл.), зокрема р. Уж: щуку (*Esox lucius*), що трап-

ляється як серед прибережних чагарників, так і в глибших місцях, та окуня (*Perca fluviatilis*), що уникає сильної течії.

Аналіз отриманих результатів за вмістом ^{90}Sr та ^{137}Cs у представників цих риб, виловлених з досліджуваної водойми (на території зі значним рівнем радіоактивного забруднення), свідчить, що вміст радіонуклідів у їх м'язовій тканині та скелеті перевищує чинні в Україні санітарно-гранично допустимі рівні (ДР) для іхтіофауни (^{90}Sr = 35 Бк/кг; ^{137}Cs = 150 Бк/кг). Так, вміст ^{137}Cs у м'язовій тканині щуки у середньому становить 5,1 кБк/кг, окуня – 3 кБк/кг. Щодо накопичення у скелеті щуки ^{90}Sr , то останній варіює у межах 0,4–2,8 кБк/кг, що залежить від маси та віку риби. Загалом, величини питомої активності радіонуклідів у одних і тих самих органах та тканинах риб одного виду, із однієї водойми можуть значно відрізнятися, що зумовлено мозаїчністю радіонуклідного забруднення дна водойм та різним вмістом радіонуклідів у об'єктах середовища існування риб [11, 12].

Унаслідок аерального випадіння радіонуклідів та їх змиву дощовими і талими водами з поверхні ґрунту вода деяких річок не може бути використана як питна, зрошувальна або для інших потреб без спеціального очищення. Нині відомо про значну кількість різних методів захисту (очищення) водойм, зокрема механічні, хімічні, біологічні, флоатційні.

Для зменшення перенесення радіонуклідів течією річок використовують спеціальні ями-пастки забрудненого мулу,

«донні притулки», що є поперечними канавоподібними поглибленнями на дні водойми між берегами, а також різні фільтраційні перемички, греблі, загати. Всі ці заходи сприяли недопущенню радіонуклідного забруднення води басейну р. Дніпро понад ДР упродовж усього післяаварійного періоду.

ВИСНОВКИ

Чорнобильська катастрофа зумовила на значній території України надзвичайно небезпечну для довкілля та здоров'я населення радіаційну ситуацію. Під час аварії та в післяаварійний період змінився характер променевого впливу: на ранніх фазах переважало зовнішнє та внутрішнє опромінення радіоактивного йоду (^{131}I), на пізніх — радіонуклідами тривалого періоду розпаду — ^{137}Cs та ^{90}Sr .

Радіологічний стан поверхневих вод басейну р. Дніпра, зокрема р. Уж, упродовж 2015 р. порівняно з минулими роками дещо змінився, хоча вміст радіонуклідів у

поверхневих водах був значно нижчим від встановлених нормативів.

На початку року у водах р. Уж зафіксовано підвищення рівнів умісту ^{137}Cs , що можна пояснити значним зменшенням її водності, а також підвищенням інфільтрації (вимивання) радіонукліда із ґрунтових вод радіоактивно забруднених торфоболотних басейнів річок Дніпра до їх руслової частини. Радіонуклід ^{90}Sr зберігає підвищену рухливість, не адсорбується ґрунтами, а поступово перетворюючись у розчинні форми, надходить до вод річки із забруднених територій.

Отже, після Чорнобильської катастрофи, незважаючи на вжиті заходи, рівні радіоактивного забруднення води істотно не змінилися, і радіоекологічний стан залишається доволі складним в районах дослідження. Катастрофа ХХ ст. змушує серйозно задуматися про технологічну дисципліну на атомних електростанціях, частина яких має потребу в реконструкції й модернізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічні наслідки аварії на Чорнобильській АЕС [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://xreferat.com/112/2641-2-ekolog-chn-nasl-dki-avar-na-chornobil-s-k-iy-aes.html>
2. Марголина Т.М. Радиоактивное загрязнение Черного, Карского, Баренцева и Белого морей: анализ с помощью метода спектральной реконструкции: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук: спец. 04.00.22 «Геофизика» / Т.М. Марголина. — Севастополь, 2000. — 23 с.
3. Наукові основи сталого розвитку агроєкосистем України: монограф. у 2 т. / за ред. О.І. Фурдичка. — Т. 1: Екологічна безпека агропромислового виробництва. — К.: ДІА, 2012. — 352 с.
4. Трапезников А.В. Радиоэкология пресноводных экосистем (на примере Уральского региона): автореф. дис. ... д-ра биол. наук: спец. 03.00.16. «Экология» / А.В. Трапезников. — Екатеринбург, 2001. — 48 с.
5. Тимофеева-Ресовская Е.А. Распределение радионуклидов по основным компонентам пресноводных водоемов / Е.А. Тимофеева-Ресовская // Труды УФ АН СССР. — 1963. — Вып. 30. — С. 76–78.
6. Гудков И.Н. Радиобиология с основами радиоекологии / И.Н. Гудков, А.Г. Кудяшева, А.А. Москалёв. — Сыктывкар: Изд-во СыктГУ, 2015. — 512 с.
7. Екосередовище і сучасність: монограф. у 8 т. / [С.І. Дорогунцов, М.А. Хвесик, Л.М. Горбач та ін.]. — Т. 1: Природне середовище у сучасному вимірі. — К.: Кондор, 2006. — 426 с.
8. Лаврухина А.К. Радиохимический анализ / А.К. Лаврухина, Т.В. Мальшева, Ф.И. Павлоцкая. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — 220 с.
9. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС для водных экосистем зоны отчуждения / Д.И. Гудков, М.И. Кузьменко, С.И. Киреев, А.Б. Назаров // Радиоэкологические исследования в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС (к 20-летию аварии на Чернобыльской АЭС): Труды Коми научного центра УрО РАН. — 2006. — № 180. — С. 201–223.
10. Радиоактивное и химическое загрязнение Днепра и его водохранилищ после аварии на Чернобыльской АЭС / [В.Д. Романенко, М.И. Кузьменко, Н.Ю. Евтушенко и др.]. — К.: Наукова думка, 1992. — 194 с.
11. Методичні рекомендації щодо збереження біотичного різноманіття іхтіофауни та гідрогелюфітів гірл річок Прип'ять, Уж, Тетерів (Київська область) / [В.В. Конішук, І.В. Шумигай, Д.М. Постоєнко та ін.]. — К.: ДІА, 2015. — 22 с.
12. Гулаков А.В. Содержание радионуклидов в организме пресноводных рыб / А.В. Гулаков // Радиоекология-2013. Чорнобиль — Фукусіма. Наслідки: матеріали наук.-практ. конф. в рамках міжнародного форуму «Довкілля України» (Київ, 23–27 квітня 2013 р.). — Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2013. — С. 102–104.

REFERENCES

1. *Ekolohichni naslidky avariyi na Chornobyl's'kiy AES* [The environmental impact of the Chernobyl nuclear power plant]. [Electronic resource], available at: <http://xreferat.com/112/2641-2-ekolog-chn-nasl-dki-avar-na-chornobil-s-k-iy-aes.html> (in Ukrainian).
2. Margolina T.M. (2000). *Radioaktivnoe zagryaznenie Chernogo, Karskogo, Barentseva i Belogo morey: analiz s pomoshchyu metoda spektralnoy rekonstruktsii* [Radioactive contamination of the Black Sea, the Kara, Barents and White Seas: analysis using the method of spectral reconstruction]. Abstract of Candidate of physical and mathematical sciences dissertation, Geophysics. Sevastopol, 23 p. (in Russian).
3. Furdychko O.I. (2012). *Naukovi osnovy staloho rozvytku ahroekosystem Ukrainy: monohraf. v 2 t.* [Scientific basis for sustainable agro-ecosystems of Ukraine: monograph in 2 volumes]. *Ekolohichna bezpeka ahropromyslovoho vyrobnytstva* [Environmental safety agroindustrial production]. Vol. 1, Kyiv: DIA Publ., 352 p. (in Ukrainian).
4. Trapeznikov A.V. (2001). *Radioekologiya presnovodnykh ekosistem (na primere Uralskogo regiona)* [Radioecology freshwater ecosystems (on the example of the Ural region)]. Abstract of Doctor of Biological Sciences dissertation, Ecology. Yekaterinburg, 48 p. (in Russian).
5. Timofeeva-Resovskaya Ye.A. (1963). *Raspredelenie radioizotopov po osnovnym komponentam presnovodnykh vodemov* [The distribution of radioisotopes for the major components of freshwater]. *Trudy Uralskogo filiala Akademii nauk SSSR*, iss. 30, pp. 76–78 (in Russian).
6. Gudkov I.N., Kudyasheva A.G., Moskalev A.A. (2015). *Radiobiologiya s osnovami radioekologii* [Radio Biology with the fundamentals of radioecology]. Syktyvkar: Syktyvkar'skiy Gosudarstvennyy Universitet Publ., 512 p. (in Russian).
7. Dorohuntsov S.I., Khvesyk M.A., Horbach L.M. (2006). *Ekoseredovyshe i suchasnist': monohraf. v 8 t.* [Ekoseredovyshe and Modernity: Monograph. 8 volumes]. *Pryrodne seredovyshe u suchasnomu vymiri* [The natural environment in a modern context]. Vol. 1, K.: Kondor Publ., 426 p. (in Ukrainian).
8. Lavrukhnina A.K., Malysheva T.V., Pavlotskaya F.I. (1963). *Radiokhimicheskii analiz* [Radiochemical analysis]. Moskva: Akademiya nauk SSSR Publ., 220 p. (in Russian).
9. Gudkov D.I., Kuzmenko M.I., Kireev S.I., Nazarov A.B. (2006). *Radioekologicheskie posledstviya avarii na Chornobyl's'koy AES dlya vodnykh ekosistem zony otchuzhdeniya* [Radiological consequences of the Chernobyl accident for the aquatic ecosystems of the Exclusion Zone]. *Radioekologicheskie issledovaniya v zone otchuzhdeniya Chernobyl's'koy AES (k 20-letiyu avarii na Chornobyl's'koy AES): Trudy Komi nauchnogo tsentra UrO RAN* [Radiological studies in Chernobyl exclusion zone (to the 20th anniversary of the Chernobyl accident): Proceedings of the Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences]. Syktyvkar, No. 180, pp. 201–223 (in Russian).
10. Romanenko V.D., Kuzmenko M.I., Yevtushenko N.Yu. (1992). *Radioaktivnoe i khimicheskoe zagryaznenie Dnepra i ego vodokhranilishch posle avarii na Chornobyl's'koy AES* [Radioactive and chemical contamination of the Dnieper River and its reservoirs after the Chernobyl accident]. Kiev: Naukova dumka Publ., 194 p. (in Russian).
11. Konishchuk V.V., Shumyhay I.V., Postoyenko D.M. (2015). *Metodychni rekomendatsiyi shchodo zberezheniya biotychnoho riznomanityta ikhtiofauny ta hidrohelofov hyl rikhok Pryp'yat', Uzh, Teteriv (Kyiv's'ka oblast')* [Guidelines for the conservation of biotic diversity of fish fauna and hydrohelofitiv mouths of rivers Prypiat, Uzh, a beetle (Kyiv region)]. Kyiv: DIA, 22 p. (in Ukrainian).
12. Gulakov A.V. (2013). *Soderzhanie radionuklidov v organizme presnovodnykh ryb* [The content of radionuclides in the body of freshwater fish]. Proceedings of the Dovkillya Ukraïni. Radioekologiya-2013. *Materiali nauk.-prakt. konf. v ramkakh miznarodnogo forumu. Chornobil-Fukusima. Naslidki* (23.04.2013). Zhitomir: Zhytomyr's'kyy derzhavnyy universytet imeni Ivana Franka Publ., pp. 102–104 (in Ukrainian).