

5. Tim Hutchings and Katya Linden. Tourists at Chernobyl: Existential meaning and digital media. In: Mattias Frihammar and Helaine Silverman (Eds.). *Heritage of Death: Landscapes of Emotion, Memory and Practice*. – Routledge, 2018. – Pp. 209-221.

6. Сергей Мирный. Чернобыль как инфо-травма. [*Chernobyl as info-trauma*] //Травма: пункты. /под ред. Ушакин С., Трубина Е. – Москва: Новое лит. обозрение, 2009. – С. 209-246.

7. Мирный С.В. Туризм чернобыльский трансграничный UA-BY: потенциал, проблемы, перспективы. [*Transboundary UA-BY Chernobyl tourism: potential, problems, perspectives*] //Проблемы и перспективы развития территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, на современном этапе. Материалы Международной научно-практической конференции (г. Хойники, 26-27.07.2018). Под общей ред. М.В. Кудина. ГПНИУ «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник». Минск: ИВЦ Минфина, 2018. С. 225-231.

8. Chernobyl AIR TOUR. [http://chernobyl-tour.com/chornobyl\\_air\\_tour\\_en.html](http://chernobyl-tour.com/chornobyl_air_tour_en.html)

9. Chernobyl RIVER TOUR. [http://chernobyl-tour.com/pryriat\\_chornobyl\\_river\\_tour.html](http://chernobyl-tour.com/pryriat_chornobyl_river_tour.html)

## **ВИКОРИСТАННЯ ВИЩИХ ВОДНИХ РОСЛИН ЯК БІОМАРКЕРІВ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ**

*Мишкевич Є.О., Шевцова Л.В.*

Національний університет «Києво-Могилянська академія», Київ

*Шевцова Н.Л.*

Інститут гідробіології НАН України, Київ

*Myshkevych Ye.O., Shevtsova L.V., Shevtsova N.L. HIGHER WATER PLANTS AS AN INDICATORS OF RADIOACTIVE CONTAMINATIONS. The paper describes the monitoring data on the the current state of the water environment of the affected area. Higher aquatic plants were used as a biomarkers of radionuclide contamination of aquatic ecosystems and relevance, features and efficiency of such approach is discussed.*

Розширення масштабів використання ядерних технологій в різних сферах людської діяльності неминує пов'язане з ризиком потрапляння в біосферу радіоактивних речовин та опромінення живих організмів іонізуючою радіацією. Безсумнівно, ступінь цього ризику з удосконаленням ядерної техніки зменшується, проте ми вже маємо чимало прикладів аварій та витоку радіонуклідів на атомних електростанціях, випадіння радіоактивних речовин, які супроводжують випробування атомної зброї.

Дія іонізуючого випромінювання на органічні речовини, з яких утворені живі, істоти полягає в тому, що енергія фотонів гамма- чи рентгенівського випромінення або бета-, альфа-часток високої енергії настільки перевищує значення енергії зв'язку атомів в молекулах, що в ході їх взаємодії з електромагнітними полями молекул чи електронами в атомі можуть порушувати хімічні зв'язки. Внаслідок дії іонізуючої радіації на молекули органічних речовин, що входять до складу живих клітин, формуються специфічні наслідки опромінення – хромосомні аберації та інші пошкодження хромосомного апарату клітини, порушення регуляторних процесів, загибель клітин та відмирання тканин. Реакції організму на опромінення носять фундаментальний характер, визначаючи долю окремо клітини, організму в цілому і навіть майбутнє виду в ценозі.

У роботі було проаналізовано сучасний стан даних радіоекологічного моніторингу водного середовища за допомогою вищих водних рослин та перевірена ефективність використання вищих водних рослин (ВВР) в якості біомаркерів радіонуклідного забруднення водних екосистем.

Сучасний рівень і склад радіонуклідного забруднення водних екосистем зони відчуження Чорнобильської АЕС (ЧЗВ) зумовлені насамперед кількістю радіоактивних речовин, що потрапили в навколишнє середовище в перші тижні після аварії у квітні 1986 р., інтенсивністю їх подальшого надходження з територій водозбору і гідродинамічними процесами транспортування радіонуклідів за межі водойм [1].

Протягом останніх десяти років в ґрунтах і донних відкладах водойм ЧЗВ відзначається тенденцію до збільшення виходу рухливих форм радіонуклідів, які з поверхневим стоком надходять у гідрологічну мережу або локалізуються в безстічних замкнених водних системах, де швидко включаються в біотичний колообіг [1, 2]. Додатковим фактором є те, що в міру того, як збільшуються та ущільнюються зарості макрофітів, погіршується кисневий режим, нагромаджується значна кількість органічних речовин і біогенних елементів та знижується рН водного середовища. При зменшенні рН підсилюється десорбція радіонуклідів, насамперед Sr-90, та перехід їх у розчинний стан [1].

Співробітниками відділу водної радіоекології Інституту гідробіології НАН України з перших днів аварії на ЧАЕС і дотепер проводиться моніторинг вмісту радіонуклідів у ВВР [5].

Дані, представлені на рис. 1, вказують на те, що динаміка вмісту основних радіонуклідів у тканинах ВВР річкових екосистем ЧЗВ за період 1990-2007 рр. характеризувалася зниженням питомої активності  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  (рис. 1а), в той час, як у замкнених водоймах Красненської заплави лівобережжя р. Прип'яті за період 1993-2007 рр.

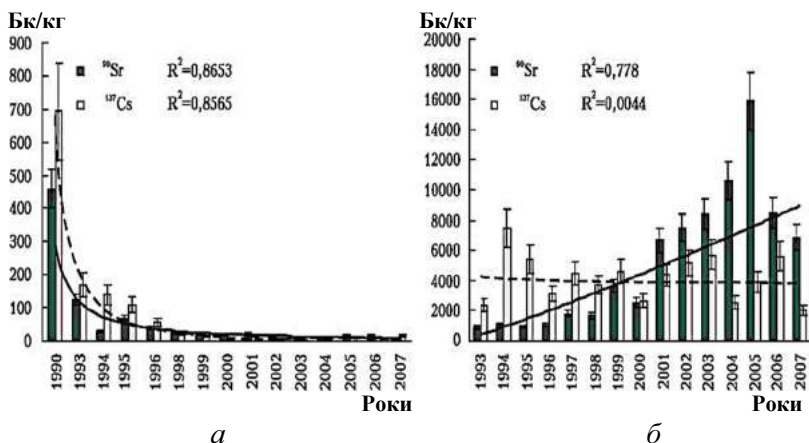


Рис. 1. Динаміка вмісту радіонуклідів у вищих водних рослин зони відчуження:

а - рогіз бузьколистий (р. Прип'ять);

б - водяний різак алоеподібний (оз. Глибоке) [2]

Було зроблено припущення що до того, що ступінь ураження очерету звичайного галоутворюючими членистоногими, зокрема кліщами *Steneotarsonemus phragmitidis*, залежить від ступеня забруднення водойми радіонуклідами [3]. Найвищий відсоток уражених рослин спостерігається в оз. Далекому-1 - до 100 %, що розташоване на території лівобережної заплави р. Прип'ять [3]. Для цієї території ЧЗВ характерна дуже висока щільність радіонуклідного забруднення.

Питома активність радіонуклідів у тканинах очерету (при природній вологості) у досліджуваній період сягала майже 10000 Бк/кг для  $^{137}\text{Cs}$  і 2000 Бк/кг для  $^{90}\text{Sr}$  [1, 2]. Максимальна

потужність поглиненої дози, зумовленої зовнішнім гамма-випромінюванням і радіонуклідами, які інкорпоровані в тканинах рослин дорівнювала 3,4 Гр/рік [5, 6].

Згідно з результатами цитогенетичних досліджень, частота хромосомних аберацій у клітинах меристематичних тканин очерету звичайного *Phragmites australis* у оз.Глибоке-1 сягала у 2006 р. 17 % і є максимальним значенням у рослин серед досліджених водойм ЧЗВ [6].

У водоймах зони відчуження слід відзначити також високий ступінь ураження очерету звичайного грибами-паразитами *Claviceps purpurea* (ріжками). Особливо високий відсоток склероціїв ріжків у волотях очерету спостерігали в озерах Красненської заплави р. Прип'яті з найбільшими рівнями радіонуклідного забруднення — Глибокому і Далекому-1. Таке істотне ураження волотей очерету грибами-паразитами в цих озерах спостерігається на тлі найнижчих загальних показників насінневої продуктивності рослин у водоймах ЧЗВ [3, 4].

Проведений дослідниками статистичний та кореляційний аналіз довів достовірність залежності виявлених порушень від радіаційного фактору [5].

Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки:

для очерету звичайного у водоймах ближньої зони відчуження (з високою вмістом радіонуклідів у абіотичних та біотичних складових водних екосистем) характерний високий рівень ураження грибами-паразитами *Claviceps purpurea*;

для очерету звичайного у водоймах ближньої зони відчуження (з високою вмістом радіонуклідів у абіотичних та біотичних складових водних екосистем) характерний високий рівень ураження галоутворюючими членистоногими;

цитогенетичні дослідження макрофітів у водоймах ближньої зони відчуження свідчать про високий рівень аберацій хромосом в кореневих меристемах вищих водних рослин (очерет звичайний);

встановлено, що саме потужність поглиненої дози іонізуючого опромінення рослин стала причиною усіх, приведених вище, змін.

Отже, метод використання вищих водних рослин як біомаркерів радіаційного забруднення є ефективним і перспективним. Він може бути використаний як на територіях, що піддалися одноразовому значному забрудненню радіонуклідами, так і на територіях,

екосистеми яких піддаються постійній дії невисоких доз іонізуючого випромінення. Цей метод може бути вдосконалений шляхом збільшення кількості видів модельних організмів та шляхом збільшення кількості показників тих видів, що вже використовуються.

### Література

1. Гудков Д.И. и др. Макрофиты зоны отчуждения Чернобыльской АЭС: формирование растительных сообществ и особенности радионуклидного загрязнения в условиях левобережной поймы р. Припять // Гидробиол. журн. – 2001. - Т.37. - № 6. – С. 64 – 80.
2. Гудков Д.І. та інш. Радіоекологічні проблеми водних екосистем зони відчуження Чорнобильської АЕС // Вісн. НАН України. – 2008. - № 4 – С. 44-55.
3. Gudkov D.I. et al. Lesion in common reed by gall-producing arthropods in water bodies of the Chernobyl NPP exclusion zone // Hydrobiological J. – 2006. - V.42. - №.2. - P.82-88
4. Gudkov D.I. et al. Radioecological problems of aquatic ecosystems of the Chernobyl exclusion zone // Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya. – 2009. - Vol. 49. - No. 2. - P. 192–202.
5. Gudkov D., Shevtsova N., Pomortseva N. Aquatic Plants and Animals in the Chernobyl Exclusion Zone: Effects of Long-Term Radiation Exposure on Different Levels of Biological Organization. In: Genetics, Evolution and Radiation, Springer, 2016. P. 287-302.
6. Shevtsova N., Gudkov D. Cytogenetic damages in the common reed *Phragmites australis* in the water bodies of the Chornobyl exclusion zone - Hydrobiological J. - 2013. - V.49. - № 2. - P. 85-98.

### **ЗНЯТТЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЧАЕС. ПРОБЛЕМНІ АСПЕКТИ ДЕМОНТАЖУ/ПІДСИЛЕННЯ ВИСТУПАЮЧИХ ЧАСТИН МЗ І ДЕ**

*Морозов Ю.В., Егоров В.В., Павловський Л.І., Холодюк А.О.*

Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, м. Чорнобиль

yuvmorozov27@gmail.com

vigor@ukr.net

l\_pavlovsk@ukr.net

kholodyuk.andriy@gmail.com

Перетворення об'єкта Укриття (ОУ) на екологічно безпечну систему (ЕБС) є одним з етапів зняття Чорнобильської атомної електростанції (ЧАЕС) з експлуатації.