

ФІТОДЕЗАКТИВАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВОДОЙМ АЕС У СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АЕС

*На підставі результатів радіоекологічних досліджень у технологічних водоймах ПУ АЕС обґрунтовано використання вищих водних рослин (*Cladophora fracta*, *Potamogeton natans*) в управлінні радіоемністю технологічних водойм АЕС.*

Ключові слова: цезій-137, водні рослини, радіоемність, ставок-охолоджувач АЕС.

*На основании результатов радиозкологических исследований в технологических водоемах ЮУ АЭС обосновано использование высших водных растений (*Cladophora fracta*, *Potamogeton natans*) в управлении радиоемкостью технологических водоемов АЭС.*

Ключевые слова: цезий-137, водные растения, радиоемкость, пруд-охладитель АЭС.

*The ^{137}Cs coefficients accumulations by water plants (*Cladophora of fracta*, *Potamogeton of natans*) and ground sedimentations of pond-cooler of South Ukraine (SU) Electric power station (SU AEPS) are certain. The radiocapacity of SU AEPS pond-cooler is certain. The changes of radiocapacity are set depending on the change of chemical composition of SU AEPS pond-cooler. The use of higher aquatic plants is reasonable in the management of AEPS technological reservoirs a radiocapacity.*

Key words: caesium-137, water plants, radiocapacity, pond-cooler of AEPS.

Біологічні методи очищення скидних вод атомних електростанцій від радіоактивних та хімічних речовин і сполук завдяки використанню ставків-біоочищення (біоставків) давно використовуються, бо біохімічне і фізіологічне самоочищення водоймищ у природних умовах за допомогою сукупності живих організмів, що населяють водоймище, є ефективним і економічно виправданим.

Очищення стоків в біоставках – це завершуючий етап після первинного механічного і фізико-хімічного очищення, який остаточно формує якість води, що скидається в природні водні об'єкти або на рельєф. Роль біоставків в очищенні скидних вод АЕС є ще більш вагомою, бо саме за їхньою допомогою скидні води можна піддати повній або частковій дезактивації. Тому здатність біоти ставків-біоочищення АЕС до накопичення і утримання радіонуклідів відіграє важливу роль у підтриманні радіоекологічної безпеки прилеглої до АЕС водної системи [3; 4].

Інтегральною характеристикою здатності водойми міцно утримувати радіонукліди є її радіоемність [2, 3], як максимальна кількість радіонуклідів, що може міститися у певній екосистемі, не порушуючи її основних трофічних властивостей. *Метою роботи* є дослідження радіоемності ставка-охолоджувачу Южноукраїнської АЕС, його водних компонент задля встановлення можливості дезактивації таких водойм за допомогою біоти.

Матеріали та методи дослідження

Матеріалами досліджень слугували результати багаторічних радіоекологічних і гідробіологічних досліджень у поверхневих водоймах району Южноукраїнської АЕС (ЮУ АЕС), виконаних авторами [1], та матеріали інших установ, основні результати яких опубліковані у роботах [5]. Радіоемність водоймища A (Бк) за певним радіонуклідом визначали за формулою [3]: $A = C \cdot S \cdot (H + k \cdot h + P \cdot K \cdot H)$, де C – об'ємна активність радіонукліду у воді, Бк/л; S – площа поверхні (днища) водоймища, м^2 ; H – глибина водоймища, м; k – коефіцієнт накопичення радіонуклідів верхнім шаром донних відкладень; H – товщина шару відкладень, м; P – активність біоти в одиниці об'єму води, $\text{кг}/\text{м}^3$; K – середній коефіцієнт накопичення радіонуклідів.

Дослідження радіоемності ставка-охолоджувачу здійснено за ^{137}Cs , як хімічного аналогу мікроелементу калію, поглинання якого відображує якість мінерального живлення рослин, які є основним накопичувачем та транспортером радіонуклідів у донні відкладення – основного депо їхнього захоронення і одного з головних компонент водоймища, що відповідають за радіоемність останнього.

Результати та їх обговорення

Схему гідрологічного зв'язку водоймищ району ЮУ АЕС наведено на рис. 1. Формування радіаційного стану ставка-охолоджувача АЕС відбувається:

через надходження радіонуклідів при підживленні водою з Південного Бугу; за рахунок радіонуклідів, які присутні у воді промислово-дошової каналізації і в рідких скидах з очисних споруд господарсько-

фекальної каналізації (ГФК) АЕС; а також у воді, що повертається після охолодження конденсаторів турбін, та в дошовій і талій воді, яка надходить з прилеглої території.

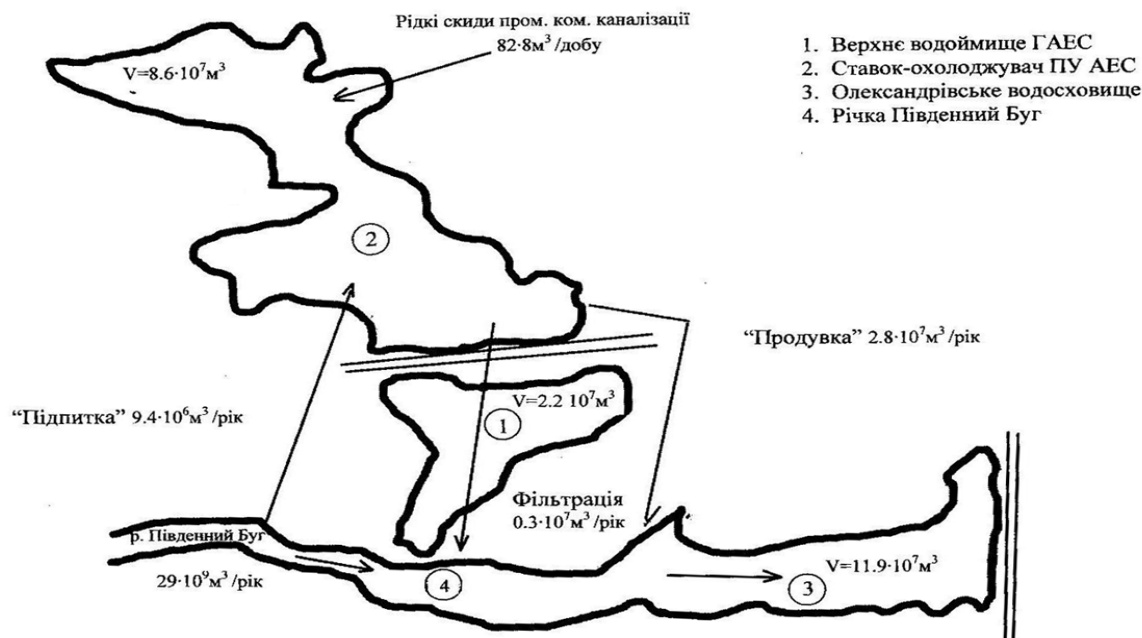


Рис. 1. Схема гідрологічного зв'язку водоймищ району ЮУ АЕС

Аналіз хімічного складу ставка-охолоджувачу ЮУ АЕС за середньомісячними даними досліджень у районі плотини, глибинного водозабору, відвідних каналів, зони перемішування вод ставка-охолоджувача, верхів'я водосховища свідчив, що водневий показник (pH) у середньому складав $8,65 \pm 2,46$ од. Вода ставка-охолоджувачу відноситься до високо-мінералізованих жорстких вод середньої окислюваності, сульфатного класу, натрієво-калієвої групи. Загальна жорсткість води складала $8,76 \pm 2,14$ мг-екв/дм³. За роки досліджень відмічено зниження концентрацій солей натрію і калію, сульфатів, хлоридів, кальцію і, як наслідок, мінералізації за сухим залишком від 1116 мг/дм³ до 1082 мг/дм³ у 2009 р.

За результатами досліджень вмісту ^{137}Cs у мулах ставка-охолоджувача ЮУ АЕС до 1997 р. особливої різниці між вмістом ^{137}Cs у мулах на глибині 15-20 м та у прибережній частині (0,3-0,5 м) ставка-охолоджувача відмічено не було, і питома активність ^{137}Cs в них складала 10-15 Бк/кг. Пізніше вміст ^{137}Cs на глибині водоймища став у 3-4 рази вищим, ніж у прибережній частині. Однією з причин цього явища було підвищення в цей період мінералізації води у ставку (від 1300 до 2000 мг/л), отже – підвищення вмісту калію, який і став виштовхувати радіоцезій з нестійких сорбційних сполук у донних відкладеннях. В результаті висока солоність води ставка-охолоджувача не сприяла тривалому затриманню ^{137}Cs в ньому, і призводила до винесення останнього до Південного Бугу з «продувними» водами.

Біота ставка-охолоджувача представлена водними рослинами: нитчастими водоростями (*Cladophora fracta*) і рдестом плаваючим (*Potamogeton natans*). Зміни активності радіонуклідів у водоростях і рдесті відповідала змінам активності у воді. Наприкінці 1986 р. активність ^{137}Cs почала зростати; у 1988-91 роках вміст ^{137}Cs досяг рівня 18-120 Бк/кг. З 1995 року до 2004 року, як і в донних відкладеннях, вміст ^{137}Cs зменшився до 25-50 Бк/кг. Динаміку вмісту ^{137}Cs у цих водяних рослинах, відібраних з прибережної частини ставка поблизу греблі, за період 1985-2004 рр. наведено на рис. 2, 3.

Як видно з рисунків, за період 1985-2004 рр. відбулися певні зміни у кількості нагромадження радіоцезію водними рослинами ставка-охолоджувача ЮУ АЕС. Так, перші відчутні зміни стосувалися періоду 1986-87 рр., пізніше також періодично спостерігали коливання у рівнях накопичення ^{137}Cs водними рослинами. Вважаємо, що причина цього явища пов'язана з постійними змінами у хімічному складі водоймища.

Розраховані коефіцієнти накопичення радіонуклідів компонентами ставка-охолоджувача АЕС для кожного року спостережень були, в середньому, на рівні: для донних відкладень $657 \pm 84 \frac{\text{Бк/кг}_2}{\text{Бк/л}}$, для водоростей (*Cladophora fracta*) – $260 \pm 50 \frac{\text{Бк/кг}_2}{\text{Бк/л}}$.

Результати визначення радіоємності ставка-охолоджувача ЮУ АЕС за ^{137}Cs впродовж 1986-2004 рр. наведено на графіку (рис. 2).

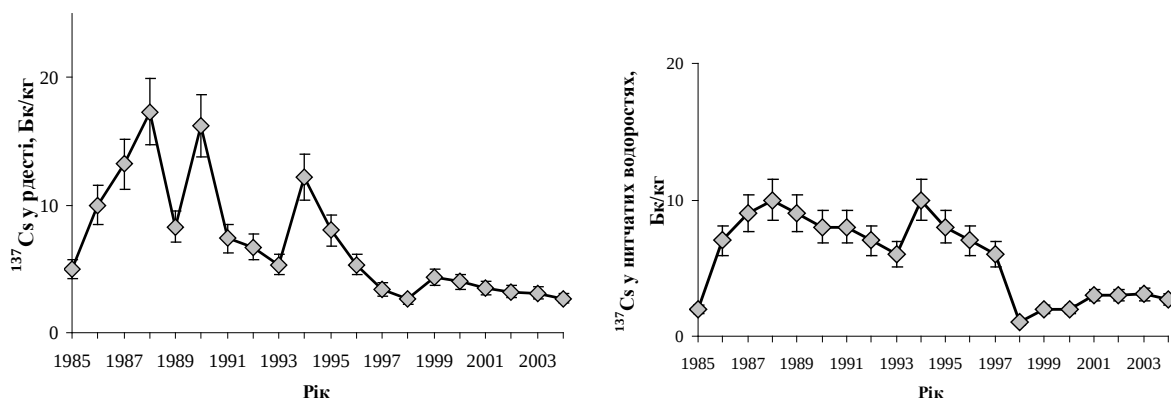


Рис. 2. Динаміка вмісту ^{137}Cs у рдесті *Potamogeton natans* (А), у нитчатих водоростях *Cladophora fracta* (Б) зі ставка-охолоджувача ЮУ АЕС

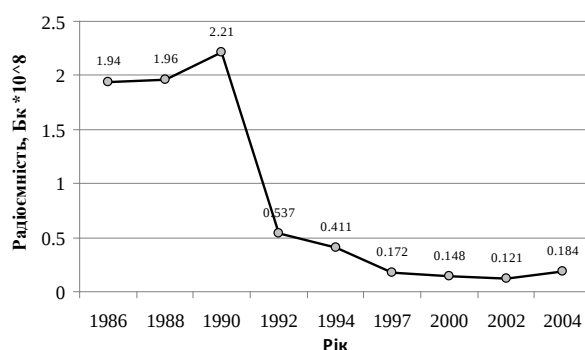


Рис. 2. Радіоемність ставка-охолоджувача ЮУ АЕС у динаміці (за ^{137}Cs)

Як видно з рисунку, за період 1986-2004 рр. відбулися чималі зміни у величинах максимальної активності ^{137}Cs , яку спроможний утримувати ставок-охолоджувач без шкоди для себе. Якщо у 1986-90 рр. радіоемність за ^{137}Cs дорівнювала $(2,04 \pm 0,1) \cdot 10^8$ Бк, то у 1991-92 рр. відбулося різке зниження цього показника до $0,54 \cdot 10^8$ Бк; далі до 1997 р. відбувалося продовження зниження радіоемності до $0,17 \cdot 10^8$ Бк; і цей рівень продовжував підтримуватися до останніх років дослідження. Початок зниження радіоемності співпадає у часі з перенесенням скиду каналізаційних вод АЕС у ставок-охолоджувач, що призвело до зміни фізико-хімічних умов водоймища, сприяло зниженню накопичувальної здатності водяних рослин і відповідним чином відобразилося на радіоемності водоймища. Це є показовим прикладом того, що радіоемність водоймища є надзвичай чутливим фактором до різного роду агентів, які потрапляють у водоймище.

Також це є підтвердженням того, що можна управляти радіоемністю водоймища за допомогою водяних рослин, що сприяє вирішенню важливої проблеми безпеки ставків-охолоджувачів АЕС. Як відомо, радіонукліди у водоймищах перебувають переважно у вигляді розчинів солей, тому забезпечення і підтримання достатньої здатності ставків-охолоджувачів АЕС щодо утримання ними радіо-

нуклідів виступає важливою задачею не лише радіаційної, а і технологічної безпеки АЕС.

Через те, що водорості у водоймищах виконують подвійну роль: з одного боку, є активними агентами самоочищення, з іншого – беруть участь в процесах біологічного забруднення водойми. Тому у технології біоочищення ставків-охолоджувачів за допомогою макрофітів потрібно передбачити чіткий режим і умови вирощування водоростей (температура, хімічний склад води, мінералізація і т. ін.). Потрібно також шукати можливість утилізації вирощуваних водоростей для отримання біогазу.

Висновки

1. Радіоемність водоймища є чутливим фактором до зміни хімічного складу водоймища. Через зміни у хімічному складі радіоемність ставка-охолоджувача ЮУ АЕС за період з початку 90-х років зменшилася у 10 разів: від $2 \cdot 10^8$ Бк до $0,2 \cdot 10^8$ Бк.

2. Поширені у ставку-охолоджувачі ЮУ АЕС водяні рослини: нитчасті водорості (*Cladophora fracta*) і рдест плаваючий (*Potamogeton natans*) характеризуються високими коефіцієнтами накопичення ^{137}Cs : від 100 до $1400 \frac{\text{Бк}}{\text{кг}} / \frac{\text{Бк}}{\text{л}}$.

3. Управління радіоемністю водоймища за допомогою водяних рослин сприяє вирішенню важливої проблеми радіаційної та технологічної безпеки АЕС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Использование водорослей для очистки пруда-охладителя Южноукраинской АЭС от радиоактивных веществ // Отчет по НИР Института биофизики МЗ СССР. – 1991. – № 08-7348. – М., 1991. – С. 92.

2. Кутлахмедов Ю. А., Поликарпов Г. Г., Кутлахмедова-Вишнякова В. Ю. Оценка параметров радиоемкости, как показатель устойчивости и надежности экосистем // Парадигмы сучасної радіобіології: Матеріали наук. конференції (вересень 2004). – К., 2004. – С. 98-100.
3. Кутлахмедов Ю. О., Корогодін В. У., Кольтовер В. К. Основы радиоекологии: Навч. посіб. – К.: Вища школа, 2003. – 344с.
4. Лазоренко Г. Е., Егоров В. Н. Роль донных отложений в извлечении радиоцезия из водной среды // Радиоэкология: успехи и перспективы: Материалы науч. семинара (июнь 1994). – Севастополь, 1994. – С. 117
5. Томілін Ю. А. Радіонукліди у водних екосистемах південного регіону України: міграція, розподіл, накопичення, дозове навантаження на людину і контрзаходи. / Ю. Томілін, Л. Григор'єва. – Миколаїв: Видавничий центр МДГУ ім. Петра Могили, 2008. – 270 с.

Рецензенти: Гудков І. М., д.б.н., професор;
Кутлахмедов Ю. О., д.б.н., професор

© Томілін Ю. А., Григор'єва Л. І., 2011

Стаття надійшла до редколегії 08.06.2011 р.