

2. Важливим етапом на шляху до запровадження збалансованого природокористування в умовах ринкового механізму є впровадження організаційно-економічного механізму державного та регіонального управління.
3. Економічні інтереси природокористувачів слід погодити з раціональним використанням природних ресурсів, що відповідає вимогам сталого розвитку.
4. Слід вважати, що збалансоване та екологічно-безпечне природокористування є вирішальним фактором збереження життя і здоров'я кожної людини. Окрім того, воно сприяє забезпеченню національної безпеки країни.
5. Використання відходів, переробка їх в сировину і енергію може стати каталізатором економічних перетворень в Україні.

Література

1. Патон, Б.Є. Збалансований розвиток України – шлях до здоров'я і добробуту нації [Текст] / Б.Є. Патон // Екологічний вісник. – 2007. – №5 (45) – С. 2-4.
2. Чистик, О.В. Екологія [Текст] / Чистик О.В. – Минск: Новое знание, 2001. – 247 с.
3. Коваленко, А.М. Методология обращения с отходами в контексте устойчивого развития: [монограф.] / Коваленко А.М. – Харьков: «Підручник» НТУ «ХПІ», 2010. – 207 с.
4. Коваленко, О.М. Ресурсо- та енергозбереження в контексті сталого розвитку України [Текст] / О.М. Коваленко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – 2011. – № 10'2011. – С.112-119.
5. Meadows, Donella H., Meadows, Dennis L.; Reanders, Jorgen; William W. The Limits to growth. A report for the Club of Rome's project on the predicament for mankind. Universe Books. New York, NY, USA. 1972. – 205 p.
6. Donella, H. Meadows, Jorgen Randers, and Dennis L. Meadows: Limits to Growth: The 30-Year Update. Chelsea Green Publishing, 2004.
7. Donella, H. Meadows, Dennis. L. Meadows, and Jorgen Randers Beyond the Limits (post Mills, VT: Chelsea Green Publishing Company, 1992).
8. Zgurovsky, M. The Sustainable Development Global Simulation: Quality of Life and Security of the World Population [Text] / M.Z. Zgurovsky. – К.: Publishing House, "Polytechnica", 2007. – 218 p.
9. Categorizing tools for sustainability assessment [Text] / B. Ness, E. Urbel7 Piirsalu, S. Anderberg, L. Olsson // Ecological economics. – 2007. – Vol. 60. – Iss. 3. – P. 4987508.
10. Коваленко, О.М. Природоохоронний рух в контексті проблеми відходів [Текст] / О.М. Коваленко // Восточно-Европейский журнал передових технологий. - 2012. - №3/6 (57). - С. 61-64.

Виконано дослідження і моделювання процесу міграції радіонуклідів у системі біологічних ставків на прикладі Чорнобильської атомної електростанції за допомогою методу камерних моделей. Розраховано динамічну модель міграції радіонуклідів з метою оцінити та спрогнозувати розподіл і накопичення концентрації радіонуклідів у системі біологічних ставків атомної електростанції

Ключові слова: атомна електростанція, біологічний ставок, водойма охолоджувач, екосистема, метод камерних моделей

Выполнены исследования и моделирование процесса миграции радионуклидов в системе биологических прудов на примере Чернобыльской атомной электростанции с помощью метода камерных моделей. Рассчитана динамическая модель миграции радионуклидов с целью оценить и спрогнозировать распределение и накопление концентрации радионуклидов в системе биологических прудов атомной электростанции

Ключевые слова: атомная электростанция, биологический пруд, пруд-охладитель, экосистема, метод камерных моделей

УДК 504.54(045)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ БІОСТАВКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС

М. С. Михальова*

E-mail: masha-mikhalyova@yandex.ru

Ю. О. Безносик

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: yu_beznosyk@ukr.net

*Кафедра кібернетики

хіміко-технологічних процесів

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

1. Вступ

Україна належить до країн з пріоритетним розвитком використання атомної енергії. Аварія на Чорнобильській АЕС стала найдраматичнішим прикладом можливих наслідків впровадження ядерної енергетики. Вже чверть століття у світі спостерігається сплеск соціального інтересу до проблеми можливих наслідків впливу ядерних виробництв і радіоактивності на водні ресурси.

Гідросфера – це найбільше депо надходження і захоронення радіонуклідів. У водойми надходять радіонукліди як з атмосфери, так і з поверхневим рідким та твердим стоком. Особливо важливу роль у надходженні і переході радіонуклідів у прісноводні екосистеми відіграють водоймища охолоджувачі АЕС, що першими беруть на себе нормальні і аварійні скиди і потім здатні внаслідок водообміну і дренажу передавати частину радіонуклідів в основні русла рік [1].

2. Постановка проблеми

Водоохолоджувач Чорнобильської АЕС є одночасно технологічним водоймищем і водоймищем природоохоронного значення, який потребує спеціальних запобіжних заходів у зв'язку з наявністю в ньому донних відкладів високого вмісту радіонуклідів аварійного походження. Тому управління якістю водних об'єктів, які знаходяться під впливом атомних електростанцій, залишається актуальною задачею.

3. Аналіз досліджень і публікацій

Аналіз підходів до досліджень процесів перенесення і міграції радіонуклідів в екологічних системах показує, що найчастіше для їх опису використовують камерні математичні моделі.

Моделювання міграції радіонуклідів має в своєму арсеналі цілий ряд розробок які створюють математичну основу для моделювання процесів міграції радіонуклідів за трофічними ланцюгами [1 – 8, 11] та використовуючи метод камерних моделей для моделювання міграції радіонуклідів у біоставках на прикладі Південно-Української АЕС [1].

Різниця між камерними моделями переносу радіонуклідів за екологічними та трофічними ланцюгами полягає у вмісті, який вкладається у блоки (камери), значеннях коефіцієнтів переносу та законах їх зміни.

Метод камерних моделей має мінімально можливу складність і є універсальним [1, 12].

4. Мета роботи

Змоделювати процес міграції радіонуклідів у системі біологічних ставків Чорнобильської АЕС за допомогою камерних моделей.

5. Модель міграції радіонуклідів у біологічних ставках

У даній роботі представлена динамічна модель переносу радіонуклідів у біологічних ставках АЕС з

постійним скидом. Модель основана на концептуальній блок-схемі переносу радіонуклідів по екологічних ланцюгах, яка складається з трьох камер: вода, біота та донні відклади (рис 1).

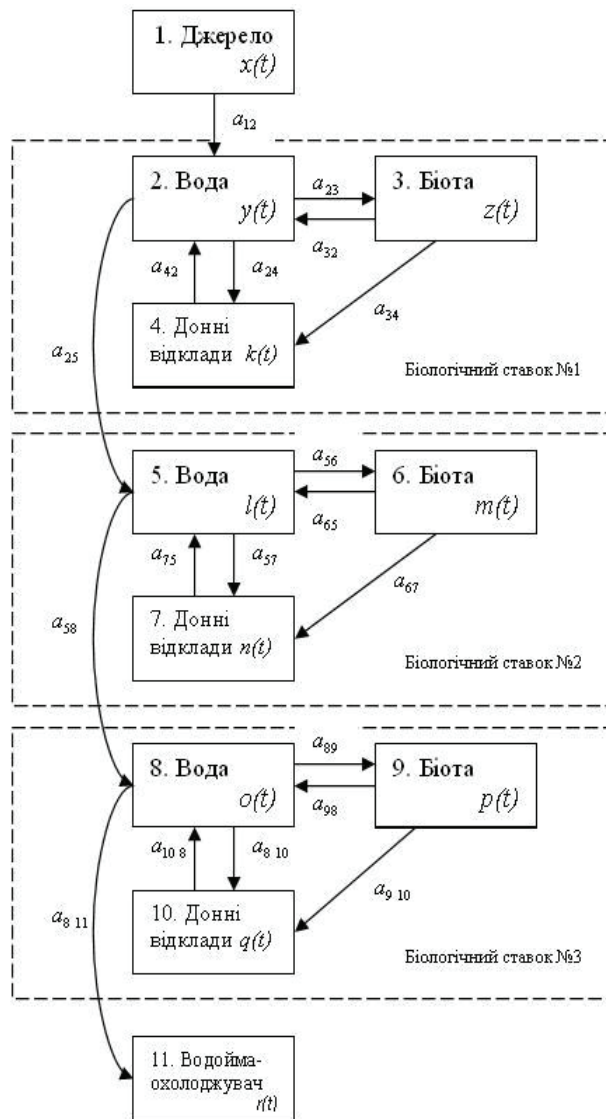


Рис 1. Блок-схема переносу радіонуклідів по екологічних ланцюгах

Взаємодія між камерами задається за допомогою коефіцієнтів переходу α_{ij} із однієї камери в іншу, які представлені в табл. 1. Значення коефіцієнтів отримані на основі розрахунків, даних з моніторингових спостережень приведених в «Радіаційно-екологічному паспорті водоймища-охолоджувача ЧАЕС» та літературних даних [2].

Модель (1) складається з одинадцяти диференціальних рівнянь зі змінними динамічними активностями радіонуклідів $x, y, z, k, l, m, n, o, p, q, r$ у відповідних камерах та часом t . У всіх камерах розрахунки здійснюються в одиницях густини активності Бк/л. Початкові умови $x(0)$ камери джерело приймаються за 1, а для інших камер – нульовими. [1].

$$\begin{aligned}
 \frac{dx(t)}{dt} &= -a_{12}x(t); \\
 \frac{dy(t)}{dt} &= a_{12}x(t) + a_{42}k(t) + a_{32}z(t) - a_{24}y(t) - a_{23}y(t) - a_{25}y(t); \\
 \frac{dz(t)}{dt} &= a_{23}y(t) - a_{32}z(t) - a_{34}z(t); \\
 \frac{dk(t)}{dt} &= a_{24}y(t) + a_{34}z(t) - a_{42}k(t); \\
 \frac{dl(t)}{dt} &= a_{25}y(t) + a_{75}n(t) + a_{65}m(t) - a_{57}l(t) - a_{56}l(t) - a_{58}l(t); \\
 \frac{dm(t)}{dt} &= a_{56}l(t) - a_{65}m(t) - a_{67}m(t); \\
 \frac{dn(t)}{dt} &= a_{57}l(t) + a_{67}m(t) - a_{75}n(t); \\
 \frac{do(t)}{dt} &= a_{58}l(t) + a_{98}p(t) + a_{10_8}q(t) - a_{89}o(t) - a_{8_10}o(t) - a_{8_11}o(t); \\
 \frac{dp(t)}{dt} &= a_{89}o(t) - a_{98}p(t) - a_{9_10}p(t); \\
 \frac{dq(t)}{dt} &= a_{8_10}o(t) + a_{9_10}p(t) - a_{10_8}q(t); \\
 \frac{dr(t)}{dt} &= a_{8_11}o(t).
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів переносу радіонуклідів

Камери		a_{ij}	Значення
Джерело – Вода 1		a_{12}	0,5
Біопруд 1	Вода – Біота	a_{23}	0,4
	Біота – Вода	a_{32}	0,01
	Біота – Донні відклади	a_{34}	0,01
	Вода – Донні відклади	a_{24}	0,2
	Донні відкладення – Вода	a_{42}	0,03
Вода 1 – Вода 2		a_{25}	0,4
Біопруд 2	Вода – Біота	a_{56}	0,1
	Біота – Вода	a_{65}	0,01
	Біота – Донні відклади	a_{67}	0,01
	Вода – Донні відклади	a_{57}	0,15
	Донні відкладення – Вода	a_{75}	0,03
Вода 2 – Вода 3		a_{58}	0,4
Біопруд 3	Вода – Біота	a_{89}	0,1
	Біота – Вода	a_{98}	0,01
	Біота – Донні відклади	a_{9_10}	0,01
	Вода – Донні відклади	a_{8_10}	0,15
	Донні відкладення – Вода	a_{10_8}	0,03
Вода 3 – Водойма - охолоджувач		a_{8_11}	0,4

Рішення систем диференціальних рівнянь здійснювалося в системі MATHCAD 14 використовуючи вбудований числовий метод Рунге-Кутта. Були отримані графіки накопичення та переносу радіонуклідів для біологічних ставків Чорнобильської АЕС, які представлені на рис. 2, 3.

Графік накопичення радіонукліда для камери джерело $x(t)$ свідчить, що активність радіонуклідів, які надходять до біоставка 1 буде стрімко знижуватися й через 15 місяців досягне нульового значення.

Проаналізувавши рис. 3 бачимо, що накопичення радіонуклідів у воді може стрімко зростати поки не досягне 0,11 одиниць, потім стрімко спадатиме, але через рік спад дуже сповільниться. Накопичення радіонуклідів у біоті першого ставка стрімко досягне максимуму – 0,09 одиниці на сьомий місяць, а потім ми спостерігатимемо більш повільне зниження активності радіонуклідів у біологічних організмах водойми. Третій графік підтверджує те, що донні відкладення поглинають найбільшу частку радіонуклідів. Аналіз розрахунків показав, що вода у водойміщі відіграє лише роль сполучної ланки в ланцюзі міграції радіонуклідів у донні відклади та біомасу. А донні відклади являють собою депо, в якому концентруються радіонукліди.

Так, накопичення радіонуклідів донними відкладеннями буде спостерігатися впродовж шести років і досягне 0,11 від заданої одиниці.

Розрахунки показують, що при такому скиді перший біоставок затримує всі радіонукліди й до другого та третього біоставків вони майже не потрапляють.

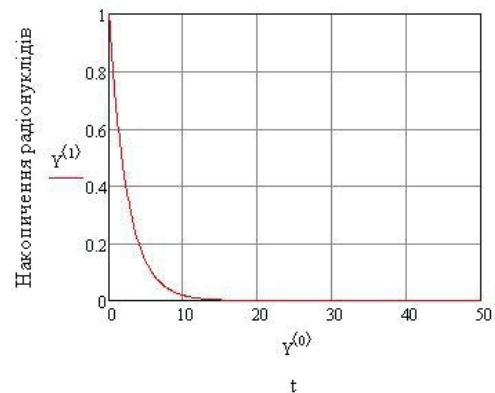


Рис. 2. Графік для камери джерело $x(t)$

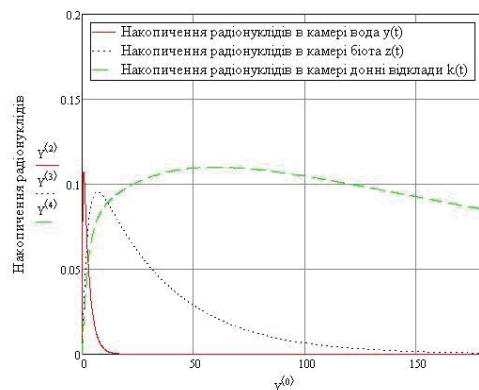


Рис. 3. Графік накопичення радіонуклідів у біоставку 1

Відомо, що водоймище-охолоджувач працюватиме необмежено довго, якщо активність скинутих до нього радіонуклідів не буде перевищувати таку, що розпадається протягом доби – критичне значення ($S_k=3,7 \cdot 10^4$ Бк/л, або 10^{-6} Кі/л)

Аналіз розрахунків показав, що вода у водоймищі відіграє лише роль сполучної ланки в ланцюзі міграції радіонуклідів у донні відклади та біомасу. А донні відклади являють собою депо, в якому концентруються радіонукліди.

6. Висновки

Розрахунки методом камерних моделей показали, що при існуючому скиді перший біоставок затримує

всі радіонукліди й до другого та третього біоставків вони не потрапляють. Вода у водоймищі відіграє роль сполучної ланки в ланцюзі міграції радіонуклідів у донні відклади та біомасу. Висока поглинальна здатність мулу зумовлена великою кількістю органічних речовин, що містяться в ньому і перебувають у високо дисперсійному колоїдному стані. Завдяки цьому саме донні відклади відіграють у водоймищі роль депо, в якому концентруються радіонукліди.

Використання методу камерних моделей дозволило змодельовати параметри радіоекологічної ємності системи біоставків та водойми охолоджувача Чорнобильської АЕС. Модель дозволяє за обмеженими даними з моніторингу екосистем прогнозувати динаміку забруднення водойм радіонуклідами.

Література

1. Кутлахмедов, Ю. О. Основи радіоекології: Навч. посіб. [Текст] / Ю. О. Кутлахмедов, В. І. Корогодін, В. К. Кольтовер // за ред. В. П. Зотова. – К.: Вища шк., 2003. – 319 с. – ISBN 966-642-137-2.
2. Апплби Л. Дж. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиоэкология после Чернобыля / Л. Дж. Апплби, Л. Довели, Ю. К. Мирша / пер. с англ. под ред. Ф. Уорнера и Р. Харрисона. – М.: Мир, 1999. – 512 с.
3. Сердюцкая Л. Ф. Техногенная экология: Математико-картографическое моделирование / Л. Ф. Сердюцкая, А. В. Яцишин. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 232 с.
4. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М.З. Згуровский, В.В. Скопецкий, В.К. Хрущ и др. – К.: Наук. думка, 1997. – 368 с.
5. Методи та засоби математичного моделювання міграції радіонуклідів у природних екосистемах. Т.1. Від аналізу до математичної моделі / В.М. Ярчук, М.М. Колодницький, А. М. Ковальчук та ін. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 142 с.
6. Пирнач Л.С. Радиоактивное загрязнение донных отложений водоема-охладителя ЧАЭС: 1. Водно-физические свойства, химический состав и радиоактивное загрязнение поровых вод // Ядерна фізика та енергетика. – 2011. – Т. 12, №1. – С. 86 – 93.
7. Канивец В.В., Войцеховский О.В. Радиоактивное загрязнение донных обложений водоема-охладителя Чернобыльской АЭС, Тр. УкрНИГМИ. – 2000. – Вып. 248. – С. 154 – 171.
8. Weiss D., Larue P.-J., Bogorinski P. et al. Collection and analysis of data related to the contamination of the Chernobyl cooling pond. Final Report / CEC Contract No: B7-5350/99/62/42/MAR/C2. Final report. GRS, 2000.
9. Горев, Л. М. Радиоактивность природных вод [Текст] / Л. М. Горев, В. І. Мелешенко, В. К. Хільчевський – К.: Вища шк., 2003. – 124 с.
10. Радіаційно-екологічний паспорт водойми-охолоджувача ДСП «Чорнобильська АЕС», 2010
11. Radio-Ecological Study of the Chernobyl Cooling POND and options for remediation (RESPOND) INTAS-2001-0556 Final Report by Ukrainian Hydrometeorological Institute, Kiev, 2005. – 36 p.
12. Amiro B. D. Radiological Conversion Factors for Generic Nonhuman Biota. Used for Screening Potential Ecological Impacts / J. Environ. Radioactivity. 1992. – V. 35. – № 1. – P. 37 – 51.