

УДК 504.54(045)

В.П. Петрусенко
Ю.О. Кутлахмедов, д-р біол. наук**ОЦІНКА І ПРОГНОЗ РОЗПОДІЛУ РАДІОНУКЛІДІВ І ДОЗИ
В ТИПОВІЙ ЕКОСИСТЕМІ СХИЛІВ ДЛЯ ЛАНДШАФТІВ УКРАЇНИ**НАУ, кафедра екології
E-mail: fod@nau.edu.ua

Розглянуто блок-схему екосистеми, яка створена для аналізу екологічної безпеки в типовій екосистемі схилів. З натурних даних та на підставі теоретичного аналізу вибрано параметри швидкостей переходів полютанту (Cs-137). Проведено моделювання процесів міграції та перерозподілу радіонуклідів у типовому схилі методом камерних моделей. Показано, що екосистема схилів активно і досить швидко перерозподіляє радіонукліди. У результаті моделювання можливо оцінити та спрогнозувати динаміку розподілу радіонуклідів у типовій екосистемі схилів та встановити можливі дозові навантаження на людей, що використовують частини такої екосистеми схилів.

For the analysis of ecological safety in typical of slope's ecosystem the block-scheme of ecosystem is created. From nature of data and on the basis of the theoretical analysis the parameters of speeds of transitions of pollutant (Cs-137) are chosen. On this basis modeling processes of migration and relocation of radionuclides in a typical slope by a method of box models is carried out. It is shown, that actively and quickly enough redistributes radionuclides. As a result of modeling it is possible to estimate and to prognose of dynamics of distribution radionuclides in typical of slope's ecosystem and to establish probable of dose loading on the people, which use parts such slope's ecosystem.

Вступ

Проблема радіаційної безпеки населення й охорони навколишнього середовища від забруднень радіоактивними речовинами є ключовою при реалізації програми розвитку, заснованої на використанні атомної енергії. Це стало більше очевидним після аварії на Чорнобильській АЕС. Крім того, у багатьох областях практичної діяльності людини використовують джерела іонізуючих випромінювань. Безупинно розширюється їхнє застосування в промисловості, сільському господарстві, медицині, наукових дослідженнях. Розширюється коло осіб, професійно пов'язаних з полями іонізуючих випромінювань.

В умовах широкого застосування ядерної енергії перед фахівцями всіх категорій і рангів стоїть завдання серйозної підготовки в галузі радіаційної безпеки, вивчення критеріїв оцінки радіоактивного випромінювання як шкідливого фактора впливу на людей і об'єкти навколишнього середовища, в одержанні потрібних знань з радіоекології, які дозволять у практичній діяльності організувати роботу так, щоб гарантувати безпеку, зберегти здоров'я і працездатність людини в умовах радіоактивного забруднення навколишнього середовища, сировини і продуктів харчування.

Через ці обставини дуже важливе прогнозування доз радіоактивного опромінювання для людини щодо подальшого вивчення та оцінки ризиків, пов'язаних з аваріями на радіаційно-небезпечних виробництвах.

Аналіз досліджень і публікацій

Моделювання екологічних процесів за допомогою методу камерних моделей активно розвивається в сучасній радіоекології. Цикл досліджень з моделювання розподілу радіонуклідів у трофічних ланцюгах України був виконаний у лабораторіях В.Б. Георгієвського [1], в Інституті атомної енергетики ім. Курчатова (Москва). Активне використання цього методу дозволило нам змодельовувати параметри радіоекологічної ємності різного типу екосистем [2]. Цей метод за обмеженими даними моніторингу дослідження дозволяє робити детальний прогноз величини та динаміки забруднення різних елементів екосистем та ландшафтів не тільки для радіонуклідів, але і для інших полютантів [3]. Також метод був використаний для дослідження радіоекологічних процесів одного з сіл у Волинській області [4].

Постановка завдання

Ландшафти північної частини України разом з басейнами рік Дніпра, Десни являють собою екосистеми схилів. Тому важливо оцінити й дослідити поведінку радіонуклідів у таких екосистемах, які характерні для півночі України. Використаний метод камерних моделей переходу радіонуклідів з однієї камери в іншу – найпростіший та адекватний математичний метод опису радіоекологічних процесів в екосистемах різної складності.

Розподіл активності радіонуклідів у кожній з камер вважатимемо рівномірним.

Оцінка і прогноз розподілу радіонуклідів

Для дослідження була обрана типова екосистема, що складається з дев'яти камер: ліс, узлісся, луг, тераса, заплава, вода, біота, донні відкладення, людина (рис. 1).

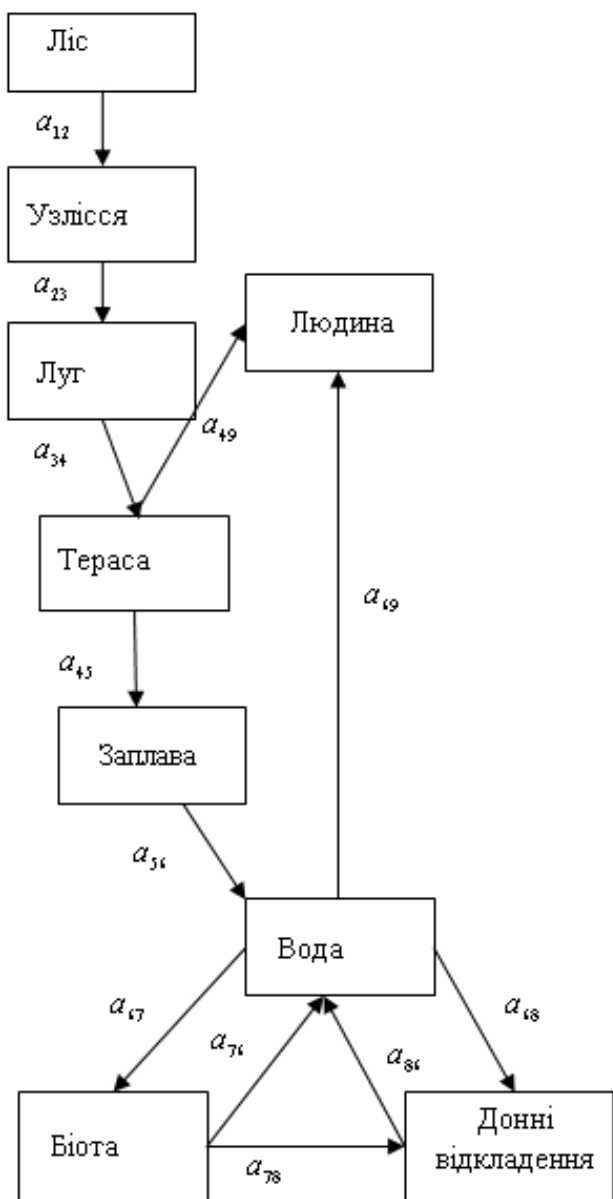


Рис. 1. Типова екосистема

Взаємодія між камерами задається за допомогою коефіцієнтів переходу радіонуклідів із однієї камери в іншу за одиницю часу в одну годину, наприклад, a_{67} – коефіцієнт переходу радіонуклідів із камери води в камеру біоти.

Дані коефіцієнти вибрані за натуральними дослідженнями та залежать від крутизни схилу, характеру покриття (ліс, трава), типу ґрунту (чорнозем, дерново-підзолистий, сірий-лісовий), об'єму стоку, температури повітря, напрямку й сили повітря та інших метеорологічних параметрів (табл. 1).

Для аналізу переходу радіонуклідів із камери в камеру були вибрані середні значення коефіцієнтів. Перенесення радіонуклідів з однієї камери до іншої відбувається за законами кінетики першого порядку. Його описують системою простих диференціальних рівнянь. Напишемо систему з дев'яти простих диференціальних рівнянь першого порядку зі сталими коефіцієнтами з урахуванням коефіцієнтів переходу радіонуклідів з поправкою на їх розпад:

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = -0,06x(t), \\ \frac{dy(t)}{dt} = 0,03x(t) - 0,13y(t), \\ \frac{dz(t)}{dt} = 0,1y(t) - 0,18z(t), \\ \frac{dk(t)}{dt} = 0,15z(t) - 0,63k(t), \\ \frac{dl(t)}{dt} = 0,2k(t) - 0,33l(t), \\ \frac{dn(t)}{dt} = 0,3l(t) + 0,05o(t) + 0,07p(t) - 1,23n(t), \\ \frac{do(t)}{dt} = 0,5n(t) - 0,13o(t), \\ \frac{dp(t)}{dt} = 0,05o(t) + 0,6n(t) - 0,1p(t), \\ \frac{dm(t)}{dt} = 0,4k(t) + 0,1n(t) + 0,03m(t), \end{cases}$$

де $x, y, z, k, l, n, o, p, m$ – змінні динамічної питомої активності радіонуклідів у камерах: ліс, узлісся, луг, тераса, заплава, вода, біота, донні відкладення та людина; t – час.

Таблиця 1

Коефіцієнти a_i переходу радіонуклідів із камери в камеру

a_i	Значення коефіцієнтів		
	Мінімальне	Середнє	Максимальне
a_{12}	0,01	0,03	0,05
a_{23}	0,05	0,1	0,15
a_{34}	0,1	0,15	0,2
a_{45}	0,1	0,2	0,3
a_{49}	0,2	0,4	0,6
a_{56}	0,2	0,3	0,4
a_{67}	0,3	0,5	0,7
a_{68}	0,4	0,6	0,8
a_{69}	0,05	0,1	0,15
a_{76}	0,03	0,05	0,07
a_{78}	0,03	0,05	0,07
a_{86}	0,04	0,07	0,1

Розв'язавши систему цих рівнянь, отримаємо розв'язки у графічному зображенні (рис. 2).

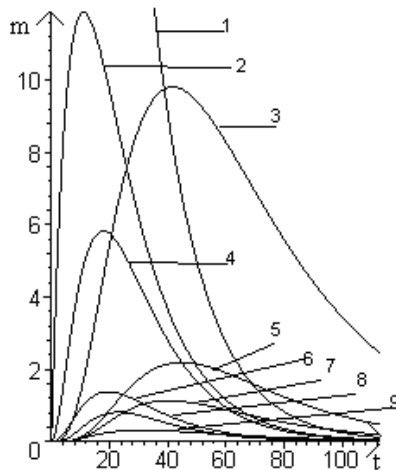


Рис. 2. Розподіл радіонуклідів для камер екосистеми схилів:

1 – ліс; 2 – узлісся; 3 – людина; 4 – луг; 5 – донні відкладення; 6 – тераса; 7 – біота; 8 – заплава; 9 – вода

Спробуємо охарактеризувати розв'язок даної системи. Для камери x – ліс характерний, і це зрозуміло, плавний викид радіонуклідів униз по схилу. Для інших камер даної моделі побудуємо табл. 2 зі значеннями максимальної питомої активності радіонуклідів у певний момент часу.

Таблиця 2

Накопичення радіонуклідів у камерах

Камера	Максимальна активність радіонуклідів, %	Час, рік
Узлісся	12	12
Луг	6	20
Тераса	1,4	20
Заплава	0,82	24
Вода	0,32	30
Біота	1,16	44
Донні відкладення	2,3	48
Людина	10	50

Найбільше накопичення концентрації радіонуклідів спостерігається у камері-лісі (12 % на 12-й рік після припустимої аварії) та у камері-людині (10 % на 50-й рік), а найменше в камері-воді (0,32 % на 30-й рік). Оскільки землекористування людини зводиться значною мірою до води та аграрної тераси, то доцільно окремо розглянути графіки рівнянь розв'язків системи саме для камер води, тераси, людини (рис. 3).

Найшвидше акумулює в собі радіонукліди людина, за нею тераса, а потім вода. І, хоча людина швидше накопичує радіонукліди, доза на 20-й рік після аварії ще дуже мала (40% від можливої), що є дуже важливим, бо пік буде спостерігатися на 50-й рік після аварії.

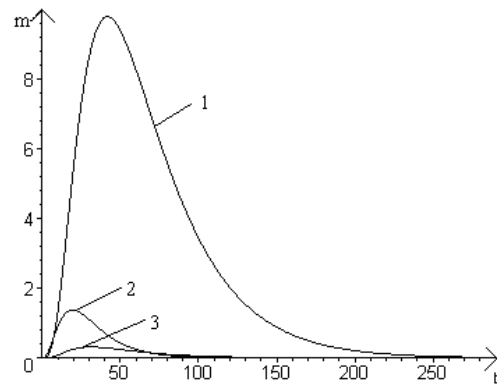


Рис. 3. Розподіл радіонуклідів для камер: 1 – людина; 2 – тераса; 3 – вода

Отже, найбільше накопичення радіонуклідів для людини буде становити 10% на 50-й рік після аварії. У той самий час приблизно на 45-й рік після аварії буде відбуватися спад активності радіонуклідів у воді. Їх найбільше значення буде 0,32% на 35-й рік. Якщо спостерігати за аграрною терасою, то спад активності її радіонуклідів відбуватиметься після 20-го року, коли максимальна активність радіонуклідів для тераси буде становити 1,4%.

Висновки

1. Запропонований метод камерних моделей ефективно застосовується під час аналізу процесів розподілу радіонуклідів у типових для України екосистемах.
2. Обґрунтований експериментально вибір значень параметрів зв'язку між камерами в екосистемі схилів дозволяє адекватно описати поведінку радіонуклідів.
3. При реальних середніх значеннях параметрів зв'язку між камерами модель дозволяє оцінити та спрогнозувати динаміку розподілу радіонуклідів і встановити значення піків забруднення та часу від можливої аварії на радіаційно-небезпечному виробництві.
4. Головним акумулятором радіонуклідів і дози опромінювання в екосистемі схилів є популяція людей, що активно користуються цією екосистемою.
5. Основною складовою дози для людей є сільськогосподарська тераса, на якій виробляється сільськогосподарська продукція, що інтенсивно використовується людиною.

Література

1. Георгієвський В.Б. Екологічні та дозові моделі при радіаційних аваріях. – К.: Наук. думка, 1994. – 235с.
2. Беляев С.Г. Радиоактивные выбросы в биосфере. – М.: Атомиздат, 1991. – 237 с.
3. Кутлахмедов Ю.О., Корогодін В.І. Основи радіоекології. – К.: Вища шк., 2003. – 319 с.
4. Моделювання радіоекологічних процесів методом камерних моделей на прикладі села у Волинській області / І.В. Матвеева, В.Р. Заїтов, Ю.О. Кутлахмедов та ін. // Вісн. НАУ. – 2005. – №3. – С. 173–176.