

УДК 504.054:616-001.28.001.57(045)

Т.М. Галяткіна

О.М. Тихенко

В.М. Криворотько, канд. техн. наук

Ю.О. Кутлахмедов, д-р біол. наук

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ КАМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ АВАРІЯХ НА РАДІАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛАХ

НАУ, кафедра екології, e-mail: fod@nau.edu.ua

Розглянуто проблеми, пов'язані з оцінкою екологічної безпеки територій, забруднених радіонуклідами. Для моделювання використано метод стаціонарних камерних моделей. Наведено результати математичних розрахунків.

Вступ

Проблема радіаційної безпеки населення й охорони навколишнього середовища від забруднення радіоактивними речовинами є ключовою при використанні джерел іонізуючого випромінювання. Її актуальність стала особливо відчутною після аварії на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС), коли проблема радіонуклідного забруднення територій набула глобального масштабу, а її соціальні, економічні та екологічні аспекти стали предметом широкого і гострого обговорення на всіх рівнях сучасного суспільства.

На сьогодні тільки в Києві загальна активність джерел іонізуючого випромінювання становить близько 50 МКі, що дорівнює кількості радіонуклідів, викинутих під час аварії на ЧАЕС. Це означає, що, окрім моніторингу, можливі та реальні аварії на зазначених джерелах потребують широкого застосування методів математичного моделювання, без яких неможливо робити прогнози та оцінки довгострокового впливу радіаційних аварій на довкілля, оцінити радіаційний ризик наслідків опромінення.

Постановка завдання

Мета роботи – визначення можливості застосування методу камерних моделей для оцінки екологічної безпеки території при аваріях на радіаційних джерелах на прикладі типового села Волинської області. Метод камерних моделей широко використовують в екології під час моделювання забруднення радіонуклідами та іншими поллютантами об'єктів навколишнього середовища [1; 2]. В основі методу лежить опис екологічної системи, що подано спрощеною блок-схемою у вигляді багатьох камер. При цьому кількість постульованих камер повинна бути достатньою для повноцінного уявлення про екологічну систему. Потоки поллютантів між камерами задаються через постійні числові параметри – швидкості обміну поллютантами між різними камерами екологічної системи.

Такий підхід дає змогу застосувати для математичного опису даної камерної моделі систему звичайних диференціальних рівнянь, вирішення якої дозволяє описати поведінку та динаміку кількості радіонуклідів у кожній з камер моделі. При цьому важливим є визначення коефіцієнтів диференціальних рівнянь, які мають розмірність швидкості обміну поллютантами між камерами моделі або частку радіонуклідів, що переходить з однієї камери до іншої за одиницю часу.

Для наземних екологічних систем це, як правило, становить один рік.

Метод камерних моделей

Метод камерних моделей оцінки екологічної безпеки на радіоактивно забруднених територіях було використано для опису конкретного села із зони впливу аварії на ЧАЕС. Вибір села Серхіва Маневицького району Волинської області зумовлений наявністю досить детальних даних його експедиційних досліджень [3], які необхідні для побудови камерної моделі.

Для моделювання було вибрано надходження радіонуклідного забруднення (основний досліджуваний радіонуклід – Cs-137) до типової агросистеми села внаслідок чорнобильської аварії, для якої характерне плямисте неоднорідне забруднення агросистем.

Потоки поллютантів між камерами екологічних систем задаються через постійні числові параметри – швидкості обміну поллютантами між різними камерами (рис. 1).

Математично камерна модель зображена у вигляді системи звичайних диференціальних рівнянь.

Кількість рівнянь дорівнює кількості камер у вибраній моделі.

Авторами змодельоване явище переносу радіонуклідів до населення села тільки від однієї камери – перше поле, яке має початкову активність забруднення у $1,8 \text{ Ки/км}^2$.

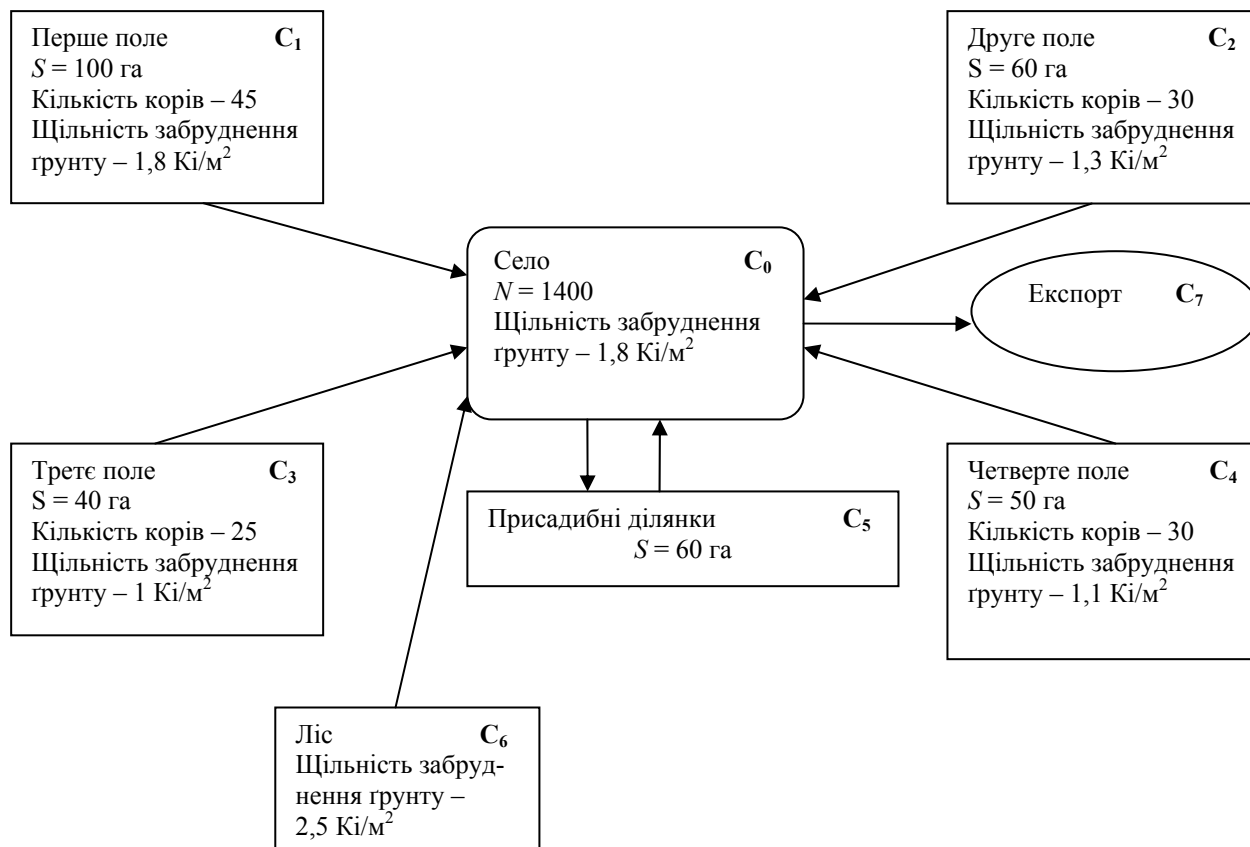


Рис. 1. Камерна модель потоків радіонуклідів екосистеми

Для інших камер – другого, третього, четвертого полів, лісу, присадибних ділянок – можна побудувати аналогічні моделі:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= -a_{11}C_{11} \text{ (грунт);} \\ \frac{dY}{dt} &= a_{11}C_{11} - a_{12}C_{12} \text{ (трава);} \\ \frac{dZ}{dt} &= a_{12}C_{12} - (a_{14} + a_{15} + a_{16})C_{13} \text{ (корова);} \\ \frac{dK}{dt} &= a_{14}C_{13} \text{ (молоко корів);} \\ \frac{dL}{dt} &= a_{15}C_{13} \text{ (м'ясо корів);} \\ \frac{dM}{dt} &= a_{16}C_{13} \text{ (експорт продукції).} \end{aligned} \right.$$

На підставі даних експедиційного дослідження [3] було проведено оцінювання параметрів швидкостей перенесення радіонуклідів між камерами цієї екологічної системи (див. таблицю). Для розрахунків вибрано середні значення параметрів. Як показано на рис. 2, залежно від коефіцієнтів накопичення радіонуклідів кормовими рослинами, характерних для різних джерел забруднення довкілля, може бути сформований той чи інший рівень екологічної безпеки для населення, яке проживає на території, що потрапили в зону аварії.

Шляхом математичного моделювання за допомогою програмного продукту Maple-7 були отримані результати, які дозволили оцінити динаміку поведінки та міграції потоків радіонуклідів у типовій агро-системі та одержати модель екологічних процесів. Результати моделювання показано на рис. 2.

Дані моделювання свідчать, що радіонукліди з ґрунту (крива 1) поступово переходять до інших камер.

Максимум забруднення трави (крива 4) припадає на восьмий рік після викиду і загалом становить близько 0,3 Кі від первинного запасу на полі в 1,8 Кі. Цим пояснюється, чому село було віднесено до третьої зони лише у 1993 р.

Натурні оцінки значень параметрів швидкостей перенесення радіонуклідів між камерами

Параметр	Значення, %		
	мінімальне	середнє	максимальне
<i>a</i> 11	0,02	0,05	0,08
<i>a</i> 12	0,12	0,18	0,24
<i>a</i> 14	0,05	0,1	0,15
<i>a</i> 15	0,2	0,4	0,6
<i>a</i> 16	0,3	0,5	0,7

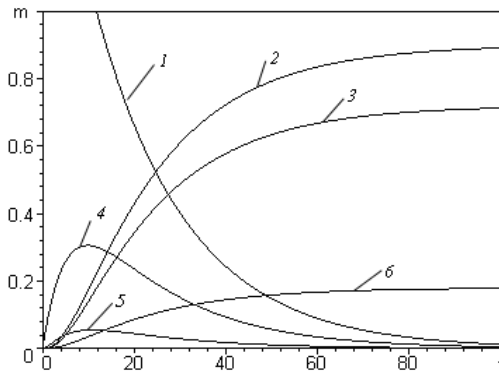


Рис. 2. Дані розрахунків рівнів забруднення різних складових екосистеми за камерною моделлю:

m – активність; t – роки після аварії на ЧАЕС;
 1 – ґрунт; 2 – експорт продукції; 3 – м'ясо; 4 – трава;
 5 – корова; 6 – молоко

До організму корів (крива 5) надходить загалом близько 0,06 Кі радіонуклідів, і пік цього надходження припадає на восьмий–дев'ятий роки після викиду.

Загальне забруднення молока (крива 6) постійно збільшується і сягає на двадцятий рік після викиду до 0,1 Кі, а в подальшому може досягти 0,2 Кі.

Забруднення м'яса корів приблизно у чотири рази вище, ніж забруднення молока, тому крива 3 іде вище і сягає значень понад 0,6 Кі від загального запасу в 1,8 Кі на першому полі. Але за рахунок того, що велика кількість молока і практично все м'ясо вивозиться з села на продаж, найбільше збільшення виносу радіонуклідів за моделлю прогнозується до камери «експорту» радіонуклідів і відповідно радіаційних забруднень (крива 2). Отже, із села вивозиться до 0,9 Кі, тобто практично половина всіх радіаційних забруднень, що може бути реалізована у цьому селі.

Отримані результати розрахунків рівнів забруднення складових такої камерної моделі збігаються з даними експедиційних досліджень, проведених у період з 1994 по 1998 рр. [3].

Висновок

За результатами моделювання та за даними натурних досліджень встановлено, що дозові навантаження у населення можуть бути досить значними за рахунок вживання забрудненого молока та м'яса від корів, яких випасають на забруднених пасовищах, навіть при відносно невеликих рівнях забруднення територій (0,5–1,5 Кі/км²).

Отримані результати свідчать про необхідність продовження досліджень і моделювання процесів міграції радіонуклідів на територіях, які піддалися забрудненню внаслідок чорнобильської катастрофи або дії інших радіаційних джерел, з метою своєчасного прийняття необхідних заходів для забезпечення достатнього рівня екологічної безпеки людей та екологічних систем.

Література

1. *Беляев С.Т.* Радиоактивные выбросы в биосфере. – М.: Атомиздат, 1991. – 256 с.
2. *Кутлахмедов Ю.О., Корогодін В.І., Кольтовер В.К.* Основи радіоекології: Учбовий посіб. – К.: Вища шк., 2003. – 420 с.
3. *Методология систематизации и адаптации моделирующей прогнозно-аналитической системы для создания мер по снижению негативных эффектов для экосистем и населения / Под общ. ред. акад. Укр. АИН и Нью-Йоркской АН, д-ра биол. наук, проф. В.П. Зотова, д-ра биол. наук, проф. Ю.А. Кутлахмедова.* – К.: Медэкол-МНИЦ Био-Экосистем, 2003. – 216 с.

Стаття надійшла до редакції 13.10.05.

Т.Н. Галяткина, О.Н. Тихенко, В.М. Криворотько, Ю.А. Кутлахмедов

Применение метода камерных моделей оценки экологической безопасности при авариях на радиационных источниках

Рассмотрены проблемы, связанные с оценкой экологической безопасности территорий, загрязненных радионуклидами. Для моделирования использован метод стационарных камерных моделей. Приведены результаты математических расчетов.

T.N. Galjatkina, O.N. Tikhenko, V.M. Krivorotko, Y.A. Kutlakhmedov

Using of the method of models for ecologic safety estimation during an accidents on the radioactive sources

Problems related to estimation of ecology safety of the territory which is polluted by radionuclide are concerned. Method of the stationary box models for modeling was proposed. The result of mathematical calculations were applied, and corresponding conclusions were made.