

УДК 504.054:616-001.28.001.57(045)

¹І.В. Матвєєва²В.Р. Зайтов³Ю.О. Кутлахмедов, д-р біол. наук⁴В.М. Ісаснко, д-р біол. наук⁵В.М. Криворотько, канд. техн. наук**МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОЕКОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕТОДОМ КАМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ НА ПРИКЛАДІ СЕЛА У ВОЛИНСЬКІЙ ОБЛАСТІ**^{1,3,4,5}Кафедра екології, НАУ, e-mail: fod@nau.edu.ua²Товариство з обмеженою відповідальністю «Інститут підтримки експлуатації АЕС»

Розглянуто результати аналізу потоків радіонуклідів Cs-137 в екосистемі села Галузія та створено камерну модель даної екосистеми. На підставі досліджень формування дозових навантажень внутрішнього опромінення різних груп населення спрогнозовано динаміку цих навантажень у подальші роки після аварії та проведена оцінка екологічної небезпеки для населення.

Аналіз досліджень і публікацій

Проведеними натурними дослідженнями на території села Галузія Маневицького району Волинської області, віднесеного до другої зони радіоактивного забруднення, було встановлено, що значні дозові навантаження у людей формуються внаслідок великих значень коефіцієнтів переходу $K_{\text{п}}$ в системі “грунт–рослина” та високих рівнів забруднення сіна, молока, м’яса, лісових продуктів – грибів та ягід [1]. Попередні оцінки показали, що для даної території є три основних потоки надходження радіонуклідів Cs-137 до людини:

- через урочища (пасовища та сіножати), рослинність яких є кормовою базою для худоби молочної і м’ясного напрямків;
- надходження радіонуклідів через лісові продукти (гриби та лісові ягоди);
- присадибна ділянка (город).

Перший потік формує в середньому до 70% усієї дози.

Другий потік становить у середньому 20% загальної дози.

Третій потік забезпечує в середньому 10% від загальної внутрішньої дози для жителів населеного пункту.

Постановка завдання

Мета роботи – встановлення параметрів та особливостей процесу міграції радіонуклідів Cs-137 по трофічному ланцюгу “грунт – кормові рослини – корова – молоко – людина” в умовах аномально високих рівнів їх накопичення у рослинності на торфово-болотних ґрунтах Волинської області на прикладі села Галузія для прогнозу динаміки дозових навантажень у подальші роки після аварії та проведення оцінки екологічної небезпеки для населення.

Село Галузія вибрано як полігон для досліджень, де формуються помітні дозові навантаження для людей.

Дані вимірювань вмісту Cs-137 на лічильниках випромінювань людини показують помітні значення доз від 0,7 до 5 мЗв/р. При цьому діючий ліміт дози для людини встановлений 1мЗв/р.

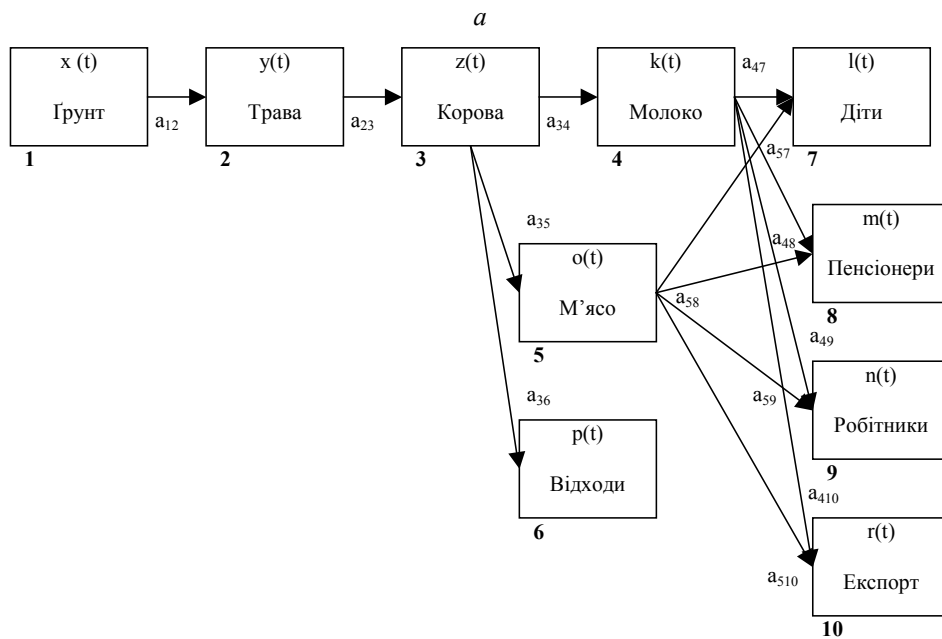
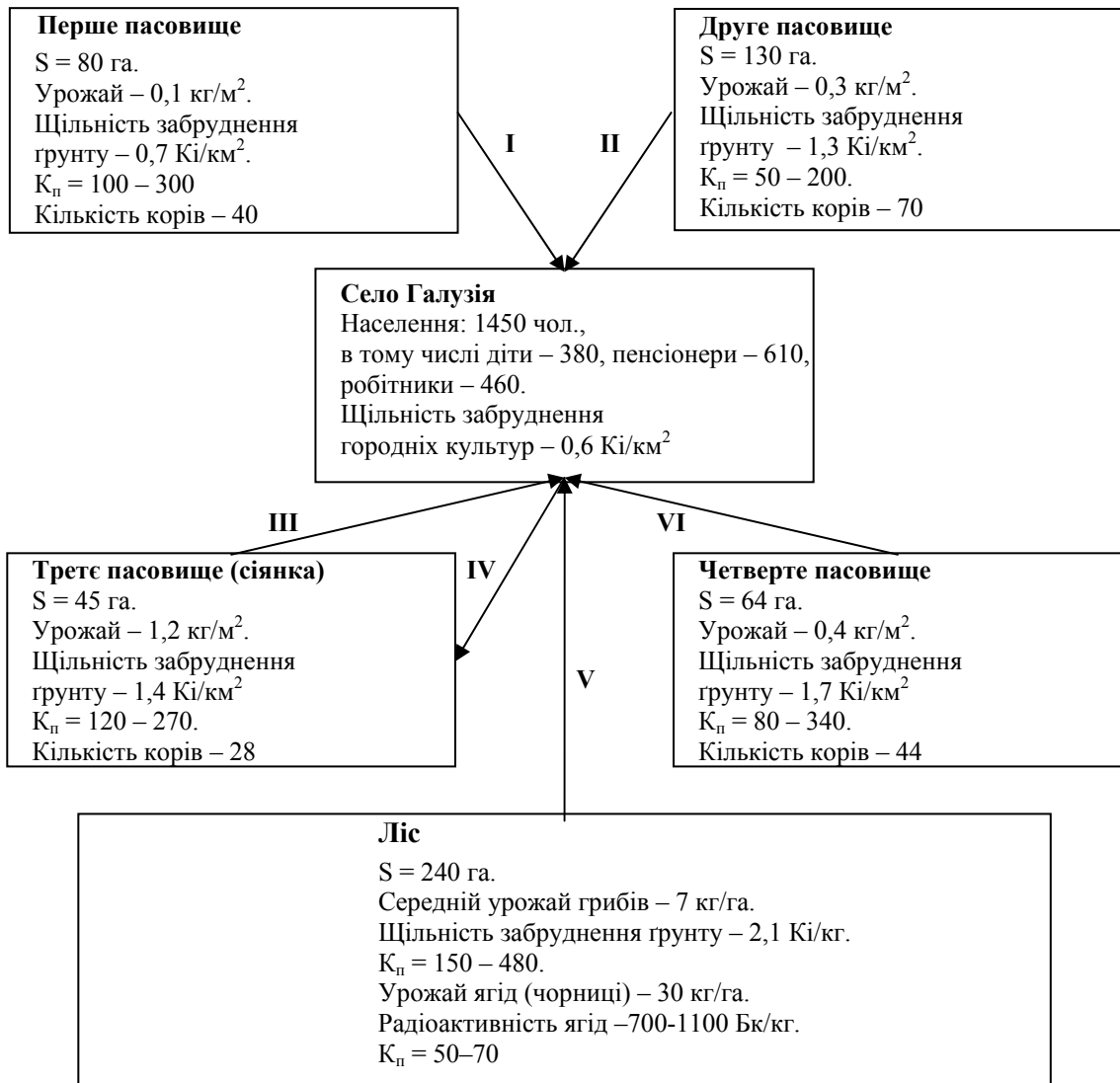
Важливо оцінювати та прогнозувати рівні забруднення кормів для худоби, забруднення молока, м’яса та лісових продуктів. Моделювання радіоекологічних процесів – це важливий етап оцінки, прогнозу та моніторингу радіоекологічних процесів, необхідних для прогнозування дозових навантажень у населення півночі України, забрудненої внаслідок аварії на ЧАЕС.

Моделювання радіоекологічних процесів в екосистемі села Галузія

Для моделювання радіоекологічних процесів на забруднених територіях нами був розроблений варіант методу камерних моделей, який дає змогу оцінювати екологічну та радіаційну безпеку для типових населених пунктів України, що постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи [2; 3]. У математичній моделі для екосистеми села Галузія враховані всі основні потоки радіонуклідів Cs-137 (інших радіонуклідів на цих територіях не виявлено), що охоплює основні ланки трофічного ланцюга:

- ґрунт;
- сіно;
- корови;
- молоко;
- лісові продукти;
- люди.

При цьому були використані дані натурних досліджень вмісту Cs-137 у ґрунті, рослинах, молоці, коровах (прижиттєво) та у людей (вимірювання на лічильниках випромінювань людини ЛВЛ), експериментальні дослідження на полігонах та в умовах Сарненської дослідної станції, радіометричні та гамма-спектрометричні вимірювання зразків (рис. 1).



б

Рис.1. Принципова (а) і структурована (б) схеми основних складових екосистеми села Галузія

Спрощена блок-схема камерної моделі потоків радіонуклідів Cs-137 від чотирьох пасовищ (на одному з них вирощують сіяні трави), лісових продуктів (грибів і лісових ягід) та городньої продукції з присадибних ділянок зображена на рис. 1, а схема розрахунку камерної моделі – на рис. 1, б.

Село Галузія характеризується досить малими рівнями радіонуклідного забруднення ґрунту – від 0,7 до 2 Кі/км².

Для моделювання були використані важливі параметри складових екосистем.

Зокрема, на схемі камерної моделі показано натурні дані (коефіцієнт проходу у системі ґрунт–рослина K_p), що характеризують інтенсивність надходження радіонуклідів із ґрунту пасовищ у кормові трави, а також кількість корів, що випаються на кожному з пасовищ.

За допомогою програмного продукту MAPLE–V нами було сформовано камерну модель даного села у вигляді системи з тридцятью диференціальними рівняннями [2; 3].

Числові коефіцієнти цих рівнянь оцінені за результатами натурних досліджень та існуючих літературних даних [1].

У результаті був проведений розрахунок з такими середніми значеннями швидкостей переходу радіонуклідів між камерами:

$x_1(t)$ – камера “ґрунт на пасовищі 1”:

коефіцієнт $a_{12} = 0,06$;

$y_1(t)$ – камера “трава на пасовищі 1”:

коефіцієнт $a_{23} = 0,38$;

$z_1(t)$ – камера “корови”:

коефіцієнт $a_{34} = 0,13$ – перехід у молоко;

коефіцієнт $a_{35} = 0,52$ – перехід у м’ясо;

коефіцієнт $a_{36} = 0,35$ – перехід до відходів життєдіяльності корів;

$k_1(t)$ – камера “молоко”:

коефіцієнт $a_{47} = 0,22$ – перехід радіонуклідів у молоко для дітей;

коефіцієнт $a_{48} = 0,15$ – перехід у молоко для пенсіонерів;

коефіцієнт $a_{49} = 0,47$ – перехід радіонуклідів з молоком до організму робітників;

коефіцієнт $a_{410} = 0,1$ – вивіз радіонуклідів з молокопродуктами на експорт;

$l(t)$ – камера “діти”;

коефіцієнт $a_{57} = 0,005$ – перехід радіонуклідів з м’ясом до дітей;

$m_1(t)$ – камера “пенсіонери”;

коефіцієнт $a_{48} = 0,15$ – перехід з молоком;

$n_1(t)$ – камера “робітники”;

коефіцієнт $a_{49} = 0,47$ – перехід з молоком;

коефіцієнт $a_{50} = 0,013$ – перехід з м’ясом;

$o_1(t)$ – камера “м’ясо корів”;

коефіцієнт $a_{35} = 0,52$ – перехід із раціону корів до м’яса;

$p(t)$ – камера “відходи життєдіяльності корів”;

коефіцієнт $a_{36} = 0,36$;

$r(t)$ – камера “експорт”:

коефіцієнт $a_{410} = 0,1$ – для молока;

коефіцієнт $a_{510} = 0,978$ – для м’яса.

Середні значення шкідливостей переходу радіонуклідів між камерами розраховані нами за даними натурних досліджень.

У цій роботі розглянуто модель для умов середнього рівня споживання продуктів на місці та їх вивозу за межі села.

Аналогічно побудовані системи рівнянь для другого–четвертого пасовищ, присадибних ділянок та лісу.

Результати моделювання дози, яку отримують з роками три групи населення – робітники, пенсіонери та діти – для камери “молоко” показано на рис. 2.

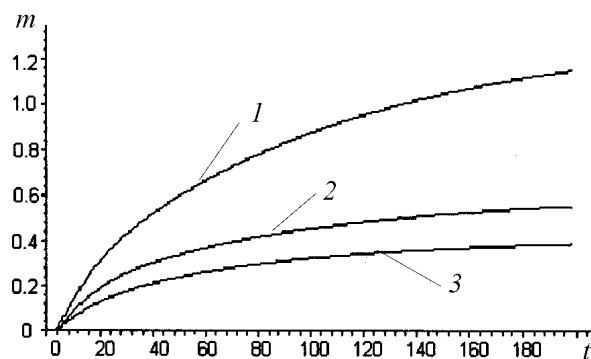


Рис. 2. Динаміка надходження радіонуклідів для трьох груп населення за рахунок вживання молока:

1 – робітники; 2 – діти; 3 – пенсіонери;

m – активність, Кі; t – роки після аварії

Таким чином побудовані графіки і для всіх інших камер даної екосистеми.

Дані, отримані за камерною моделлю, корелюють із результатами натурних досліджень.

За отриманих даних моделювання видно, що на двадцятий рік після аварії на ЧАЕС не досягнуто максимуму можливих дозових навантажень. Треба очікувати поступового накопичення дози, і тільки явище радіоактивного розпаду Cs-137 буде гальмувати цей процес.

Очевидно, що на територіях Волині необхідні контрзаходи для гальмування надходження радіонуклідів до людини.

Висновки

1. Розроблено та проаналізовано камерну модель реальної екосистеми села Галузія Маневицького району Волинської області, що попало під вплив аварії на ЧАЕС.

2. Отримано розрахункові дані щодо динаміки потоків радіонуклідів по камерах досліджуваної екосистеми.
3. Проведено оцінку та спрогнозовано очікуване забруднення радіонуклідами основних продуктів харчування – молока, м'яса, картоплі та овочів, а також дозових навантажень людей протягом певного часу після аварії на ЧАЕС.
4. Показано, що значні дозові навантаження для трьох груп населення села (діти, робітники та пенсіонери) формуються за рахунок постійного вживання молока від корів, які випасаються на пасовищах. Доза від вживання молока становить 40–60% від усїєї дози для людей.
5. Показано, що помітні рівні забруднення молока сформувалися на цій території не відразу після аварії, а тільки у 1992–1994 рр.
6. Підтверджено, що важливим компонентом дозоутворення у цьому регіоні є використання лісових продуктів – грибів та ягід.
7. Показано, що значна частина колективної дози не формується локально у даному селі, а експор-

тується на інші території через вивіз молока, м'яса і лісових продуктів.

8. Отримані результати свідчать, що екологічна безпека даної території може бути досягнута лише за умов використання цілої системи захисних контрзаходів, використання яких на сьогоднішній день є недостатнім.

Література

1. *Методология систематизации и адаптации моделирующей прогнозно-аналитической системы для создания мер по снижению негативных эффектов для экосистем и населения / Под общ. ред. акад. УкрАИИ и Нью-Йоркской Академии наук, д-ра біол. наук, проф. В.П. Зотова, д-ра біол. наук, проф. Ю.А. Кутлахмедова.* – К.: Медикол – МНИЦ Био-Экосистем, 2003. – 216 с.
2. *Беляев С.Т.* Радиоактивные выбросы в биосфере. – М.: Атомиздат, 1991. – 237 с.
3. *Кутлахмедов Ю.О., Корогодін В.І., Кольтовер В.К.* Основы радіоекології. – К.: Вища шк., 2003. – 319 с.

Стаття надійшла до редакції 03.10.05.

И.В. Матвеева, В.Р. Зайтов, Ю.А. Кутлахмедов, В.Н. Исаенко, В.М. Криворотько

Моделирование радиоэкологических процессов методом камерных моделей на примере села в Волынской области

Рассмотрены результаты анализа потоков радионуклидов Cs-137 в экосистеме села Галузия и создана камерная модель данной экосистемы. На основе исследований формирования дозовых нагрузок внутреннего облучения разных групп населения спрогнозирована динамика этих нагрузок в последующие годы после аварии и проведена оценка экологической опасности для населения.

I.V. Matveeva, V.R. Zaitov, Y.A. Kutlakhmedov, V.N. Isaenko, V.M. Krivorotko

Simulation of radioecological processes by a method box models on an example of village in Volun of area

The outcomes of flow analysis of radionuclides of Cs-137 in an ecosystem are reviewed village Galusiya and the chamber model given of ecosystem is built. It has allowed to evaluate patches of formation dose's loadings of internal irradiation of miscellaneous groups of the population - working, retirees and children, and prognosing dynamics these of doses the subsequent years after accident and to evaluate ecological danger to the population.