

УДК 504.064.2(045)

В.П. Петрусенко, асп.
Ю.О. Кутлахмедов, д-р біол. наук, проф.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНТРЗАХОДІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЕКОСИСТЕМ НА СХИЛОВИХ ЛАНДШАФТАХ МЕТОДОМ КАМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ

НАУ, кафедра екології
E-mail: feb@nau.edu.ua

Для аналізу ефективності контрзаходів для захисту екосистем від радіоактивного забруднення створено блок-схему схилової екосистеми. Проведено моделювання процесів міграції радіонуклідів у схилових екосистемах методом камерних моделей із використанням контрзаходів. Результати моделювання дозволяють оцінити та обрати оптимальний алгоритм вибору контрзаходів.

For the analysis of efficiency of counter-measures on defence of ecosystems from radioactive contamination is created block-scheme of slope's ecosystem. The design of processes of migration of radionuclides in slope's ecosystems is conducted by the method of box models with the use of counter-measures. The results of design allow to estimate and choose the optimum algorithm of choice of counter-measures.

Вступ

Одна з головних проблем радіоекології – міграція радіонуклідів в екосистемах – стала особливо гострою після аварії на Чорнобильській АЕС. І хоча минуло вже двадцять років після жахливої трагедії, наслідки її будемо відчувати не один десяток років. Ця проблема набула глобального масштабу, а її соціальні, економічні, правові й моральні аспекти стали предметом самого широкого та гострого обговорення на всіх рівнях сучасного суспільства.

Тому важливо правильно оцінити і спрогнозувати дози від викидів радіоактивних речовин.

При оцінюванні радіоекологічної небезпеки основним (але не єдиним) критерієм є доза для населення, за якою можна прогнозувати ризик наслідків опромінення. В умовах існування можливості радіонуклідних викидів і скидань від ядерних підприємств та установок необхідно розробляти і вживати спеціальні контрзаходи для захисту населення і довкілля від потрапляння радіонуклідів і впливу радіонуклідного забруднення. Контрзаходи можуть бути локального (в місці забруднення) і загального характеру, що впливають на всю забруднену радіонуклідами територію. В усіх випадках розроблення, планування та реалізації контрзаходів оцінюють і прогнозують їх ефективність. Критерій оцінки ефективності контрзаходів – ступінь зменшення середньої індивідуальної дози для персоналу і (або) зменшення колективної дози опромінення.

Аналіз досліджень і публікацій

Певні контрзаходи застосовували в деяких населених пунктах Рівненської області. Результати досліджень свідчать про нагальну потребу в постійному контролі за радіологічною ситуацією в регіоні та корекцію заходів щодо зменшення дозового навантаження для його населення.

Поєднаний вплив економічних та екологічних чинників на формування дозових навантажень для населення регіону може різко загострити радіоекологічну та радіологічну ситуацію в ньому. Тому без контролю й оперативного вжиття контрзаходів можна очікувати погіршення, а не поліпшення радіологічної ситуації.

Найефективнішими контрзаходами в сільськогосподарському регіоні автори праці [1] вважають:

- забезпечення дітей шкільного і дошкільного віку екологічно чистими продуктами харчування;
- залуження і культивування пасовищ і сіножатей.

Головний контрзахід – забезпечення дітей шкільного і дошкільного віку екологічно чистими продуктами харчування – дозволить знизити очікувану паспортну дозу іонізуючого випромінювання для дітей у три – чотири рази. Завдяки цьому контрзаходу дозове навантаження для населення регіону зменшиться в середньому на 50%.

Другий за значенням контрзахід – це залуження і культивування пасовищ і сіножатей – дає змогу створити «чисті» пасовища і сіножаті й заготовляти «чисте» сіно на зиму. Завдяки цьому контрзаходу рівень забруднення сіна і трави знижується в два – три рази. Цикл досліджень застосування контрзаходів був проведений у тридцятикілометровій зоні Чорнобильської АЕС [2].

Найбільш ефективними за широтою застосування і можливостями зменшення не тільки індивідуальних, але і колективних доз є методи:

- механічного зняття дернини (turf-cutter) 0–5 см ґрунту для ґрунтів, що не оралися після аварії;
- фітодезактивації для виораних земель.

Залежно від конкретної ситуації можна створити оптимальний алгоритм і стратегію застосування різних методів деконтамінації забруднених територій тридцятикілометрової зони Чорнобильської АЕС.

Накопичення радіонуклідів у камерах

Показник	Камера							
	Узлісся	Луг	Тераса	Заплава	Вода	Біота	Донні відкладення	Людина
Підпірна стінка між узліссям та лугом								
Максимальна активність радіонуклідів, %	1,5 (12)	7 (6)	1,8 (1,4)	1,1 (0,82)	0,42 (0,32)	1,6 (1,16)	3,2 (2,3)	14 (10)
Час, рік	12 (12)	19 (20)	24 (20)	24 (24)	26 (30)	32 (44)	50 (48)	50 (50)
Підпірна стінка між лугом і терасою								
Максимальна активність радіонуклідів, %	12 (12)	8 (6)	1,1 (1,4)	0,64 (0,82)	0,25 (0,32)	1 (1,16)	1,8 (2,3)	8 (10)
Час, рік	12 (12)	24 (20)	24 (20)	28 (24)	40 (30)	44 (44)	50 (48)	50 (50)
Підпірна стінка між терасою та заплавою								
Максимальна активність радіонуклідів, %	12 (12)	6 (6)	1,6 (1,4)	0,6 (0,82)	0,24 (0,32)	0,8 (1,16)	1,45 (2,3)	11 (10)
Час, рік	16 (12)	20 (20)	20 (20)	25 (24)	36 (30)	44 (44)	44 (48)	44 (50)
Дорога між узліссям та лугом								
Максимальна активність радіонуклідів, %	17 (12)	2 (6)	0,45 (1,4)	0,27 (0,82)	0,12 (0,32)	0,5 (1,16)	1 (2,3)	4 (10)
Час, рік	16 (12)	36 (20)	40 (20)	40 (24)	52 (30)	36 (44)	64 (48)	64 (50)
Дорога між лугом і терасою								
Максимальна активність радіонуклідів, %	12 (12)	10 (6)	1,4 (1,4)	0,8 (0,82)	0,35 (0,32)	1,2 (1,16)	2,5 (2,3)	11 (10)
Час, рік	14 (12)	26 (20)	24 (20)	25 (24)	40 (30)	48 (44)	52 (48)	52 (50)
Дорога між терасою та заплавою								
Максимальна активність радіонуклідів, %	12 (12)	6 (6)	5,1 (1,4)	1,8 (0,82)	0,8 (0,32)	2,51 (1,16)	5,1 (2,3)	40 (10)
Час, рік	12 (12)	20 (20)	23 (20)	30 (24)	40 (30)	48 (44)	52 (48)	50 (50)
Підпірна стінка та дорога між узліссям та лугом								
Максимальна активність радіонуклідів, %	15 (12)	0,8 (6)	0,17 (1,4)	0,1 (0,82)	0,05 (0,32)	0,17 (1,16)	0,34 (2,3)	1,5 (10)
Час, рік	14 (12)	36 (20)	36 (20)	40 (24)	52 (30)	60 (44)	68 (48)	62 (50)
Підпірна стінка та дорога між лугом і терасою								
Максимальна активність радіонуклідів, %	12 (12)	8 (6)	0,68 (1,4)	0,4 (0,82)	0,16 (0,32)	0,6 (1,16)	1,12 (2,3)	5,1 (10)
Час, рік	12 (12)	21 (20)	24 (20)	26 (24)	34 (30)	44 (44)	48 (48)	46 (50)
Підпірна стінка та дорога між терасою та заплавою								
Максимальна активність радіонуклідів, %	12 (12)	6 (6)	1,6 (1,4)	0,35 (0,82)	0,14 (0,32)	0,46 (1,16)	0,85 (2,3)	10,8 (10)
Час, рік	12 (12)	18 (20)	21 (20)	24 (24)	32 (30)	41 (44)	44 (48)	41 (50)

Примітка. У дужках для порівняння наведено дані з праці [4, табл. 2].

Необхідність комплексного підходу до проблеми дезактивації спонукали авторів праці [3] розглядати умови радіоактивних забруднень як передумови дезактивації, ізоляцію місцевості та інших поверхонь, очистку повітря та водного середовища, а також ряд інших питань, без яких уявлення про дезактивацію були б односторонніми.

Постановка завдання

Історія аварій на ядерних підприємствах знає чимало контрзаходів, які з різною ефективністю можуть застосовуватися для ліквідації наслідків аварій. Велика кількість контрзаходів (більше ніж 200) була реалізована під час аварії на Чорнобильській АЕС та ліквідації її наслідків.

Основна задача вибору контрзаходів і захисних дій – дезактивація, зниження індивідуальних доз для персоналу і населення та зменшення колективних доз опромінення населення.

Для дослідження міграції Cs^{137} була обрана типова схилова екосистема з дев'яти камер [4] та запропоновані такі контрзаходи: побудова підпірних стінок між камерами, побудова між камерами доріг, комбінований метод «підпірна стінка та дорога».

Аналіз ефективності контрзаходів

У роботі був використаний метод камерних моделей переходу радіонуклідів із камери в камеру. Взаємодія між камерами задається за допомогою коефіцієнтів переходу радіонуклідів із камери в камеру за одиницю часу в одну годину: a_{12}, a_{23}, a_{34} [4, рис. 1, табл. 1].

Припустимо, що викид радіонукліду ^{137}Cs відбувся у лісі. Проведемо розрахунок за ситуації, коли забруднення спостерігається на вершині пагорбу в лісі. Розрахуємо цю ситуацію методом камерних моделей, вибравши середні значення швидкостей переходу радіонуклідів. Результати досліджень моделювання показують наявність помітних доз для людини, якщо не застосовувати контрзаходи [4, табл. 2]. Для того щоб зменшити дозові навантаження впливу радіації на людину, потрібно вжити певних контрзаходів, щоб уникнути максимально можливого опромінення. Однією з таких мір може бути побудова підпірної стінки для зменшення стоку радіонуклідів між камерами: узлісся та луг; луг та тераса; тераса та заплава.

У першому випадку підпірна стінка побудована між узліссям та лугом – накопичення радіонуклідів для людини збільшилося на 4% (див. таблицю).

У другому випадку підпірна стінка побудована між лугом і терасою – накопичення радіонуклідів для людини зменшилося на 2%.

У третьому випадку підпірна стінка побудована між терасою та заплавою – накопичення радіонуклідів для людини збільшилося на 1%.

Таким чином, ефективним контрзаходом буде побудова підпірної стінки між лугом і терасою. Але зменшення дозового навантаження для людини на 2%, зазвичай, є несуттєвим та економічно не вигідним при створенні підпірної стінки. Ще одним контрзаходом для зменшення дозового навантаження радіонуклідів може бути побудова дороги між узліссям та лугом, лугом та терасою, терасою та заплавою. У цьому разі дорогу розглядаємо як певну камеру. Проведені дослідження моделювання показали такі результати (див. таблицю): якщо дорога буде збудована між узліссям та лугом, то накопичення радіонуклідів для людини зменшиться на 6% (майже у 2,5 рази); якщо дорога буде збудована між лугом і терасою, то ситуація майже не зміниться; якщо дорога збудована між терасою і заплавою, то ситуація значно погіршиться. Результати дослідження моделювання комбінованого методу – підпірна стінка плюс дорога між камерами (узлісся та луг; луг та тераса; тераса та заплава) наведено в таблиці. Оптимальним варіантом із цих випадків є випадок, коли підпірна стінка та дорога збудовані між узліссям та лугом, оскільки тоді дозове навантаження для людини зменшиться на 8,5%. У третьому випадку, коли підпірна стінка та дорога – між терасою та заплавою, ситуація значно не зміниться.

Висновки

1. Метод камерних моделей на прикладі ландшафтів дозволяє проводити вибір та оцінювання ефективності контрзаходів.
2. Моделювання радіоекологічних процесів у схилових екосистемах дозволяє вибрати оптимальну систему контрзаходів для захисту екосистем щодо формування дозових навантажень на людину.
3. Оптимальним контрзаходом для захисту екосистеми є комбінація підпірної стінки та дороги, що проведені поперек схилу між камерами узлісся та луг. Це дозволяє зменшити дозове навантаження не менше ніж на 8–10%.
4. Запропонований підхід дозволяє для реальних ландшафтів вибрати оптимальний алгоритм та стратегію для різних контрзаходів.

Література

1. Кутлахмедов Ю.О., Корогодін В.І., Кольтовер В.К. Основи радіоекології. – К.: Вища шк., 2003. – 319 с.
2. Зотов В.П., Кутлахмедов Ю.А. Методология систематизации и адаптации моделирующей прогнозно-аналитической системы для создания мер по снижению негативных эффектов для экосистем и населения. – К.: «МЕД ЭКОА МНИЦ БИО-ЭКОС», 2001. – 218 с.
3. Зимон А.Д., Пикалов В.К. Дезактивация. – М.: ИздАТ, 1994. – 336 с.
4. Петрусенко В.П., Кутлахмедов Ю.О. Оцінка і прогноз розподілу радіонуклідів і дози в типовій екосистемі схилів для ландшафтів України // Вісн. НАУ. – 2006. – № 2. – С. 134–136.