

МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИНАХ ПІД ВПЛИВОМ ЗРОШЕННЯ В УМОВАХ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

В.Г.Ільїна, к.геогр.н, **З.В. Наконечна**, ст.викл.
Одеський державний екологічний університет

Виконано моделювання швидкості накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими рослинами, які культивуються в умовах Одеської області, з урахуванням режиму зрошення. Моделювання переносу радіонуклідів у сільськогосподарських екосистемах виконувалося на основі модифікованої математичної моделі, розробленої для оцінки забруднення сільськогосподарських продуктів в умовах використання радіоактивно забруднених джерел води для поливного землеробства.

Концентрація радіонукліда в рослинах, утворена кореневим надходженням, розраховується з використанням концентрації радіонукліда в ґрунті і коефіцієнтів накопичення. Для визначення впливу режиму зрошення на ріст та розвиток сільськогосподарських рослин були використані дані про вміст одного з основних радіонуклідів (цезію-137) у ґрунтах сільськогосподарського призначення Одеської області.

Крім фактичної концентрації радіонуклідів у моделі використовуються показники, які характеризують швидкість надходження радіонуклідів у сільськогосподарські рослини, які визначалися з урахуванням виду рослини, особливостей зрошення та типів ґрунтів. Розраховані коефіцієнти накопичення ґрунт-рослини і розпад в системі «ґрунт-вода», переходу радіонуклідів з поливних вод у сільськогосподарські рослини та переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини. Для коефіцієнту розподілу 0,001 при ^{137}Cs та 0,01 при ^{90}Sr мінімальне значення припадає на овочі-коренеплоди, плодіві овочі та картоплю, максимальні значення по всім показникам припадає на траву.

Основними складовими режиму зрошення є спосіб та норма поливу, тому виконано оцінку впливу способу поливу на накопичення радіонуклідів. За способом поливу по бороздах максимальне значення припадає на люцерну та зелену масу, а мінімальне значення на кукурудзу на зерно. Що стосується способу поливу дощуванням максимальне значення припадає також на люцерну та зелену масу та озиму пшеницю, а мінімальне значення на кукурудзу на зерно та огірки.

Максимальна концентрація радіонуклідів у воді відзначається на початку зрошувального сезону, а у його середині вона зменшується у 5 разів та більше, зростаючи наприкінці поливу. В цілому, отримана за допомогою математичного моделювання оцінка, добре узгоджується з фактичними даними про надходження радіонуклідів до сільськогосподарської продукції, що дає можливість зробити висновок про можливість використання апарату математичного моделювання для оцінки стану агроценозів.

Ключові слова: радіонукліди, режим зрошення, сільськогосподарські рослини, коефіцієнти накопичення, ґрунтові умови, моделювання.

Вступ. На сучасному етапі розвитку науки все більше уваги приділяється оцінці стану навколишнього середовища, який в значній мірі визначається інтенсивністю антропогенного пливу. Одеська область належить до найбільш навантажених з точки зору використання земельних ресурсів, тому проблема її екологічного стану є досить актуальною.

Проблема. Сучасним методом оцінки впливу на агроєкосистеми інтенсифікації сільськогосподарського виробництва є використання математичних моделей. Одеська область відноситься до зони з недостатніми та нестійкими умовами зволоження, тому для отримання високих та стійких врожаїв необхідно використання зрошення. Необхідність у створенні математичних моделей транспорту радіонуклідів в агросфері в значній мірі зв'язана із широким спектром впливу режиму зрошення на якісні та кількісні характеристики врожаю сільськогосподарських культур[1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У моделях вертикальної міграції радіонуклідів звичайно враховується два механізми, що визначають швидкість протікання цього процесу, - конвективний і квазідифузійний [2]. Ґрунт у цьому випадку розглядається як середовище, що складається з трьох фаз: твердої (ґрунтові частки), рідкої (ґрунтова волога) і газоподібної (ґрунтове повітря). Однак усе різноманіття процесів, від яких залежить переміщення радіонуклідів у профілі ґрунтів, зводиться до двох їх результуючих, які описуються узагальненими параметрами, що відносяться до усіх фаз одночасно. Це дозволяє розглядати процес міграції аналогічно руху мікродомішки в колонці з адсорбентом і застосувати для його опису тарілкову теорію динаміки сорбції. Уперше це було зроблено в роботах С.В. Торнтуейта із співавторами.

Особливе значення в моделюванні міграції радіонуклідів у профілі ґрунтів мають роботи радянських учених В.М. Прохорова, Л.В. Кириченко, В.Л. Анохіна, І.Є. Константинова, Ю.М. Свірежева, якими були узагальнені теоретичні й експериментальні дослідження в цій області. У припущенні про наявність стану динамічної рівноваги між радіонуклідами, що знаходяться у твердій і рідкій фазах ґрунту, в роботах цих авторів було запропоноване й обґрунтоване використання при описі міграції радіонуклідів рівняння конвективної дифузії[3].

Мета досліджень. Метою дослідження є за допомогою математичної моделі оцінити вплив зрошення на поглинання сільськогосподарськими рослинами радіонуклідів в умовах Одеської області.

Результати досліджень. Моделювання переносу радіонуклідів у сільськогосподарських екосистемах виконувалося на основі модифікованої математичної моделі, розробленої для оцінки забруднення сільськогосподарських продуктів в умовах використання радіоактивно забруднених джерел води для поливного землеробства[4].

Накопичення радіонуклідів у рослинах на зрошуваних землях відбувається внаслідок кореневого надходження радіонуклідів, що

знаходяться в ґрунті у наслідок безпосереднього надходження радіонуклідів з поливної води в листя.

Сумарна активність, яка утримується наземною частиною рослин при поливі, може бути представлена як :

$$A_i = f_{w,i} A_w, \quad (1)$$

де A_i – сумарна питома активність рослини; $f_{w,i}$ – фракція утримання; A_w – питома поверхнева активність при поливі.

Частка, утримуванa рослинною, радіонуклідів визначається як :

$$f_{w,i} = \frac{LAI_i S_i}{R} \left[1 - \exp\left(\frac{-\ln 2}{3 \cdot S_i} \cdot R\right) \right], \quad (2)$$

де S_i – ефективне утримання води для рослини; LAI_i - поверхня листової частини рослин; R – питомий об'єм поливу .

У таблиці 1 представлені середні зрошувальні норми для сільськогосподарських рослин в умовах Одеської області, які використовувалися у подальших розрахунках.

Таблиця 1 – Середні зрошувальні норми для сільськогосподарських культур в умовах Одеської області (тис.м³/га за період розвитку)

Рослина	Зрошувальна норма	Рослина	Зрошувальна норма
Трава	0,6-1,5	Кукурудза	1-1,5
Озима пшениця	0,5-1	Буряк	0,6-2
Яра пшениця	0,5-1	Картопля	0,6-1
Озимий ячмінь	0,5-1	Листкові овочі	2-3
Ярий ячмінь	0,5-1	Плодові овочі	1-1,5
Овес	0,5-1	Овочі-коренеплоди	1,6-2
Жито	0,5-1		

Надходження радіонуклідів через листя може бути виражено як :

$$C_{i,l}(\Delta t) = \frac{A_i}{Y_i} \exp[-(\lambda_w + \lambda_r)\Delta t], \quad (3)$$

де $C_{i,l}(\Delta t)$ – концентрація активності в рослині; A_i – загальна питома активність на рослині; Y_i – врожайність рослин; λ_w – швидкість втрати активності за рахунок впливу погодних факторів; λ_r – константа радіоактивного розпаду; Δt – час, що пройшов з моменту поливу до збору врожаю.

Концентрація радіонукліда в рослинах, утворена кореневим надходженням, розраховується з використанням концентрації радіонукліда в ґрунті і коефіцієнтів накопичення TF_i , які виражають співвідношення концентрацій активності в рослині (жива вага) і ґрунту (суха вага) (4):

$$C_{i,r}(t) = TF_i C_s(t), \quad (4)$$

де $C_{i,r}(t)$ – концентрація радіонукліда у рослині від кореневого надходження; TF_i , - коефіцієнт накопичення; $C_s(t)$ – концентрація радіонукліда у прикореневій області ґрунту .

Якщо надходження в ґрунт відбувається в період росту рослини, то для кореневого надходження використовується коригувальний коефіцієнт, що зменшує кореневе надходження. Цей коефіцієнт являє собою відношення проміжку часу від поливу до збору врожаю до тривалості вегетації. Концентрація в прикореновому шарі ґрунту розраховується по формулі (4):

$$C_s(t) = \frac{A_s}{L\delta} \exp[-(\lambda_s + \lambda_f + \lambda_r)t], \quad (4)$$

де A_s – загальна питома активність на ґрунті; L – глибина прикореневого шару; δ - щільність ґрунту; λ_s – швидкість зменшення активності; λ_f - швидкість фіксації радіонуклідів у ґрунті.

Для визначення впливу режиму зрошення на ріст та розвиток сільськогосподарських рослин були використані дані про вміст одного з основних радіонуклідів (цезію-137) у ґрунтах сільськогосподарського призначення Одеської області, які представлені на рисунку 1.

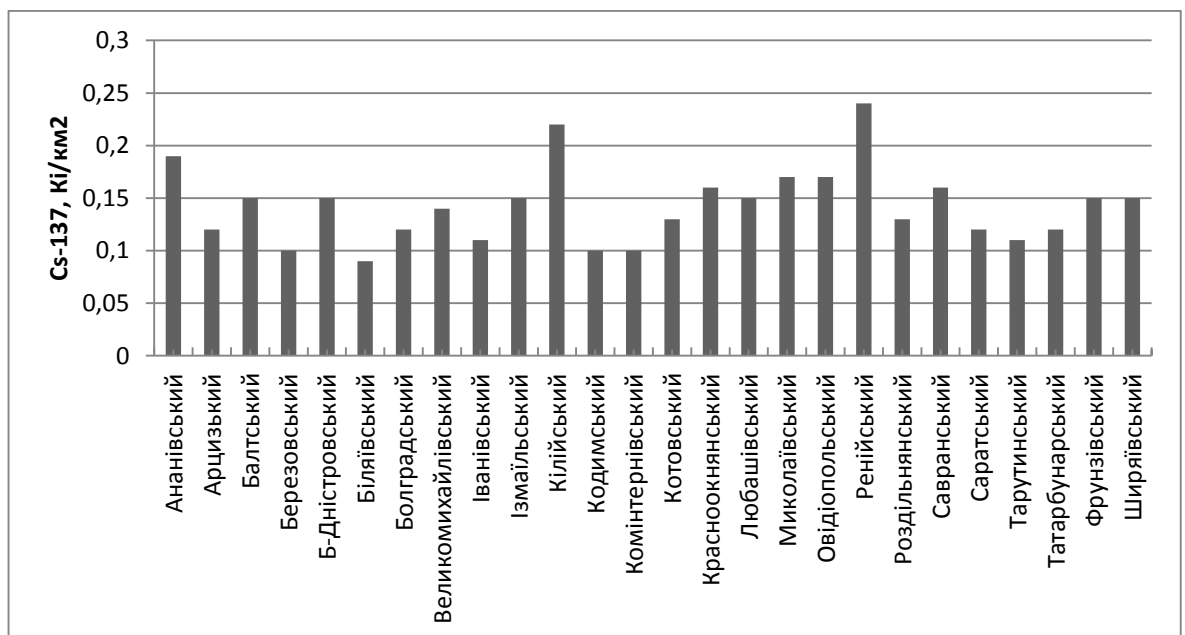


Рисунок 1- Динаміка вмісту цезію-137 в ґрунтового покриві Одеської області

З рисунку видно, що найбільші значення спостерігаються у Ананівському, Кілійському та Ренійському районах. Саме у цих районах виникає значна потреба у зрошенні, тому що вони відносяться до найбільш посушливих районів, де необхідно застосування зрошення. Найменші значення відзначаються у Біляївському, Кодимському та Комінтернівському районах області.

Крім фактичної концентрації радіонуклідів у моделі використовуються показники, які характеризують швидкість надходження радіонуклідів у сільськогосподарські рослини, які визначалися з урахуванням виду рослини, особливостей зрошення та типів ґрунтів.

У таблицях 2 – 4 представлені коефіцієнти накопичення ґрунт-рослини і розпад в системі «ґрунт-вода», переходу радіонуклідів з поливних вод у сільськогосподарські рослини та переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини.

Таблиця 2 - Коефіцієнти накопичення ґрунт-рослини TF_i (Бк/кг)/(Бк/кг) і коефіцієнти розподілу K_d (см³/г) у системі "ґрунт-вода"

Рослина	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Трава	0,05	0,5
Картопля	0,01	0,02
Злаки	0,02	0,03
Листкові овочі	0,02	0,03
Овочі-коренеплоди	0,01	0,02
Плодові овочі	0,01	0,02
Коефіцієнт розподілу	0,001	0,01

З таблиці 4 видно, що для коефіцієнту розподілу 0,001 при ¹³⁷Cs та 0,01 при ⁹⁰Sr мінімальне значення припадає на овочі-коренеплоди, плодові овочі та картопля, максимальні значення по всім показникам припадає на траву.

Основними складовими режиму зрошення є спосіб та норма поливу, тому у таблиці 3 виконано оцінку впливу способу поливу на накопичення радіонуклідів.

Таблиця 3 – Середні коефіцієнти переходу радіонуклідів з поливних вод у сільськогосподарські рослини 10⁻³.

Елемент	Спосіб поливу	Озима пшениця, зерно	Люцерна, зелена маса	Кукурудза, зерно	Буряк, коренеплід	Томати, плоди	Огірки, плоди	Капуста, качан
Cs	По бороздах	1,0	2,5	0,3	0,5	0,3	0,4	0,5
Cs	Дощування	2,0	5,0	0,5	0,7	0,6	0,6	0,8
Sr	По бороздах	3,0	5,0	0,06	0,6	0,5	0,3	0,7
Sr	Дощування	4,0	7,0	0,13	0,8	1,0	0,4	1,0

ня							
----	--	--	--	--	--	--	--

З таблиці видно, що за способом поливу по бороздах максимальне значення припадає на люцерну та зелену масу, а мінімальне значення на кукурудзу на зерно. Що стосується способу поливу дощуванням максимальне значення припадає також на люцерну та зелену масу та озиму пшеницю, а мінімальне значення на кукурудзу на зерно та огірки.

За допомогою вище наведеної математичної моделі були розраховані коефіцієнтів переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини для основних сільськогосподарських культур, які культивуються в умовах Одеської області. Виходячи з даних таблиці видно, що найбільші значення коефіцієнтів отримані для багатолітніх трав, які вирощуються на чорноземі звичайному.

Таблиця 4 – Середнє значення коефіцієнтів переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини $10^{-3}(\text{Бк/кг})/(\text{Бк/м}^2)$ угідь.

Рослини	Чорнозем звичайний		Чорнозем південний	
	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs
Зерно злакових	0,13	0,062	0,056	0,042
Коренеплоди	0,12	0,02	0,055	0,01
Картопля	0,09	0,03	0,04	0,02
Вегетативна маса кукурудзи	0,40	0,10	0,18	0,07
Багатолітні трави	11,7	1,1	7,5	0,68

Максимальна концентрація радіонуклідів у воді відзначається на початку зрошувального сезону, а у його середині вона зменшується у 5 разів та більше, зростаючи наприкінці поливу. В цілому, отримана за допомогою математичного моделювання оцінка, добре узгоджується з фактичними даними про надходження радіонуклідів до сільськогосподарської продукції, що дає можливість зробити висновок про можливість використання апарату математичного моделювання для оцінки стану агроценозів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Прохоров В.М. Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. Физико – химические механизмы и моделирование. / Под ред Р.М. Алексахина. – М. : Энергоиздат, 1981. – 98с.
2. Прохоров В. М. Математическая модель поглощения элементов растениями из почвы. //Агрохимия. – 1970, № 7. С. 126–135.
3. Сельскохозяйственная радиоэкология. / Под ред. Р.М. Алексахина и Н.А. Корнеева. – М.: Экология, 1991. – 297с.

4. Полевой А.Н. Моделирование процесса формирования продуктивности зерновых культур в условиях радиоактивного загрязнения агроэкосистем. – Метеорология и гидрология, 1983, п.12, с.97-105.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ НАКОПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В СЕЛЬСЬКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОРОШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ

В.Г.Ильина, к.геогр.н, **З.В. Наконечная**, ст.преп.
Одесский государственный экологический университет

Выполнено моделирование скорости накопления радионуклидов сельскохозяйственными растениями, которые культивируются в условиях Одесской области, с учетом режима орошения.

МОДЕЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ НАКОПИЧЕННЯ РАДИОНУКЛІДІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИНАХ ПІД ВПЛИВОМ ЗРОШЕННЯ В УМОВАХ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

В.Г.Ільїна, к.геогр.н, **З.В. Наконечна**, ст.викл.
Одеський державний екологічний університет

На сучасному етапі розвитку науки все більше уваги приділяється оцінці стану навколишнього середовища, який в значній мірі визначається інтенсивністю антропогенного впливу. Одеська область належить до найбільш навантажених з точки зору використання земельних ресурсів, тому проблема її екологічного стану є досить актуальною.

Сучасним методом оцінки впливу на агроекосистеми інтенсифікації сільськогосподарського виробництва є використання математичних моделей. Моделювання переносу радіонуклідів у сільськогосподарських екосистемах виконувалося на основі модифікованої математичної моделі, розробленої для оцінки забруднення сільськогосподарських продуктів в умовах використання радіоактивно забруднених джерел води для поливного землеробства. Накопичення радіонуклідів у рослинах на зрошуваних землях відбувається внаслідок кореневого надходження радіонуклідів, що знаходяться в ґрунті у наслідок безпосереднього надходження радіонуклідів з поливної води в листя.

Виконано моделювання швидкості накопичення радіонуклідів сільськогосподарськими рослинами, які культивуються в умовах Одеської області, з урахуванням режиму зрошення.

Концентрація радіонукліда в рослинах, утворена корневим надходженням, розраховується з використанням концентрації радіонукліда в ґрунті і коефіцієнтів накопичення. Для визначення впливу режиму зрошення на ріст та розвиток сільськогосподарських рослин були використані дані про

вміст одного з основних радіонуклідів (цезію-137) у ґрунтах сільськогосподарського призначення Одеської області.

Крім фактичної концентрації радіонуклідів у моделі використовуються показники, які характеризують швидкість надходження радіонуклідів у сільськогосподарські рослини, які визначалися з урахуванням виду рослини, особливостей зрошення та типів ґрунтів. Розраховані коефіцієнти накопичення ґрунт-рослини і розпад в системі «ґрунт-вода», переходу радіонуклідів з поливних вод у сільськогосподарські рослини та переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини. Для коефіцієнту розподілу 0,001 при ^{137}Cs та 0,01 при ^{90}Sr мінімальне значення припадає на овочі-коренеплоди, плодіві овочі та картоплю, максимальні значення по всім показникам припадає на траву.

За допомогою вище наведеної математичної моделі були розраховані коефіцієнтів переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини для основних сільськогосподарських культур, які культивуються в умовах Одеської області

Найбільші значення коефіцієнтів отримані для багатолітніх трав, які вирощуються на чорноземі звичайному.

Максимальна концентрація радіонуклідів у воді відзначається на початку зрошувального сезону, а у його середині вона зменшується у 5 разів та більше, зростаючи наприкінці поливу.

Основними складовими режиму зрошення є спосіб та норма поливу, тому виконано оцінку впливу способу поливу на накопичення радіонуклідів. За способом поливу по бороздах максимальне значення припадає на люцерну та зелену масу, а мінімальне значення на кукурудзу на зерно. Що стосується способу поливу дощуванням максимальне значення припадає також на люцерну та зелену масу та озиму пшеницю, а мінімальне значення на кукурудзу на зерно та огірки.

В цілому, отримана за допомогою математичного моделювання оцінка, добре узгоджується з фактичними даними про надходження радіонуклідів до сільськогосподарської продукції, що дає можливість зробити висновок про можливість використання апарату математичного моделювання для оцінки стану агроценозів.